

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036666**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.12.07

(21) Номер заявки
201892578

(22) Дата подачи заявки
2017.05.12

(51) Int. Cl. **H04L 5/14 (2006.01)**
H04L 5/00 (2006.01)

(54) МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕ ПОДКАДРОВ С РАЗНЫМИ ШАГАМИ ПОДНЕСУЩЕЙ

(31) **15/154,212**

(32) **2016.05.13**

(33) **US**

(43) **2019.04.30**

(86) **PCT/SE2017/050487**

(87) **WO 2017/196246 2017.11.16**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ТЕЛЕФОНАКТИЕБОЛАГЕТ ЛМ
ЭРИКССОН (ПАБЛ) (SE)**

(72) Изобретатель:

**Бальдемаир Роберт, Абрахамссон
Ричард (SE), Актас Исмет (DE),
Алрикссон Петер (SE), Ансари
Джунаид, Ашраф Шехзад Али (DE),
Асплунд Хенрик, Атли Фредерик,
Аксельссон Хокан, Аксмон Йоаким,
Акснес Йохан (SE), Балачандран
Кумар (US), Барк Гуннар, Берг Ян-
Эрик, Бергстрем Андреас, Бьеркегрэн
Хокан (SE), Брахми Надиа (DE),
Капар Кагатай (TR), Карлссон
Андерс, Седергрэн Андреас, Колдри
Микаэль, Да Силва Икаро Л. Й.,
Дальман Эрик (SE), Эль Эссаили
Али (DE), Энгстрем Ульрика,
Эрикссон Мертен, Эрикссон Эрик,
Фаллгрэн Микаэль (SE), Фань Жуй
(CN), Фодор Габор, Френгер Пел,
Фриден Йонас, Фреберг Ольссон
Йонас, Фурускер Андерс, Фуруског
Йохан (SE), Гарсиа Виржил (CN),
Гаттами Атер, Гуннарссон Фредрик,
Густавссон Ульф, Хагерман Бо,
Харрюссон Фредрик, Хэ Нин, Хесслер
Мартин (SE), Хильтунен Киммо
(FI), Хонг Сонгнам (KR), Хьюн
Деннис (US), Хушке Йорг, Ирних
Тим (DE), Якобссон Свен, Йалден**

**Никлас, Йермур Симон (SE), Цзян
Чжиюань (CN), Йоханссон Мартин,
Йоханссон Никлас, Канг Ду Хо,
Карипидис Элефтериос, Карльссон
Патрик (SE), Кайраллах Али С. (US),
Килинк Канер, Кланг Йеран Н.,
Кронандер Йонас, Ландстрем Сара,
Ларссон Кристина (SE), Ли Гэнь
(CN), Линдбом Ларс, Линдгрэн
Роберт, Линдофф Бенгт, Линдквист
Фредрик (SE), Лю Цзиньхуа (CN),
Ломар Торстен (DE), Лу Цяньси (CN),
Манхольм Ларс (SE), Марик Ивана
(US), Медбо Йонас (SE), Мяо Циньгиу
(CN), Мильд Гуннар, Моосави Реза,
Мюллер Вальтер, Мюре Елена,
Норрман Карл, Ольссон Бенгт-Эрик,
Палениус Торгниу, Парквалль Стефан
(SE), Пейса Янне (FI), Петерссон
Свен, Прадас Хосе Луис, Притз
Микаэль, Квесет Олав, Рамачандра
Прадипа (SE), Рамос Эдгар (FI),
Рейал Андрес, Римхаген Томас,
Ринг Эмиль, Ругеланд Патрик, Руке
Йохан, Сакс Йоаким, Сахлин Хенрик,
Саксена Видит, Сеифи Нима, Селен
Ингве, Семан Элиане, Шарма Сахин
(SE), Ши Цун (CN), Скельд Йохан,
Статтин Магнус, Штеррман Андерс,
Сундман Деннис, Сундстрем Ларс,
Терсеро Варгас Миурель Изабель,
Тидестав Клаес, Томбаз Сибель (SE),
Торснер Йохан (FI), Тульберг Хуго,
Викберг Яри, Вон Врича Петер (SE),
Вагер Стефан (FI), Вальдеен Томас,
Валлентин Понтус (SE), Ван Хай
(CN), Ванг Хельмерссон Ке (SE), Ван
Цзяньфын (CN), Ван И-Пинь Эрик
(US), Вернер Карл, Виберг Никлас,**

036666 B1

036666 B1

Виттенмарк Эмма (SE), Ильмаз Осман Нури Сан (FI), Заиди Али (SE), Чжан Чжань, Чжан Чжан, Чжэн Яньли (CN)

(74) Представитель:

Медведев В.Н. (RU)

(56) ZTE: "Frame structure design of new RAT", 3GPP DRAFT; R1-162228 FRAME STRUCTURE DESIGN OF NEW RAT, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE vol. RAN WG1, no. Busan, Korea; 20160411 - 20160415 1 April 2016 (2016-04-01), XP051079528, Retrieved from the Internet:URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_84b/Docs/ [retrieved on 2016-04-01] Section 2.1, par. 2, par. 5, par. 6; figure 1 Section 2.2, par. 3-6, "Proposal 2" and subpoints; figures 2, 3 Section 2.2, par. 1-6 above Fig. 4, "Proposal 3" and subpoints; figure 4, figure 5
HUAWEI ET AL: "Scenario & design criteria on flexible numerologies", 3GPP DRAFT; R1-162156, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE vol. RAN WG1, no. Busan, Korea; 20160411 - 20160415 2 April 2016 (2016-04-02), XP051080002, Retrieved from the Internet:URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_84b/Docs/ [retrieved on 2016-04-02] Section 3, par. 1 Section 3.1, third point; figure 1 Section 3.2, par. 1 and following three points and subpoints figure 4, table 1, table 2

HUAWEI ET AL: "Overview of 5G frame structure", 3GPP DRAFT; R1-162157, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE vol. RAN WG1, no. Busan, Korea; 20160411 - 20160415 2 April 2016 (2016-04-02), XP051080003, Retrieved from the Internet: URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_84b/Docs/ [retrieved on 2016-04-02] figure 4 par. below Fig. 6 Section 3.3.1, "Proposal 5" and subpoints figures 2,3,5,6

SAMSUNG: "Remaining Details on DCI Contents", 3GPP DRAFT; R1-163275 DCI, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE vol. RAN WG1, no. Busan, Korea; 20160411 - 20160415 6 April 2016 (2016-04-06), XP051080753, Retrieved from the Internet:URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_84b/Docs/ [retrieved on 2016-04-06] Section 2; table 1

ERICSSON: "Carrier aggregation in LTE-Advanced", 3GPP DRAFT; R1-082468, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE, vol. RAN WG1, no. Warsaw, Poland; 20080624, 24 June 2008 (2008-06-24), XP050110739, [retrieved on 2008-06-24] Section 3; figure 1 Section 4; figure 2 Section 5; figure 4

SAMSUNG: "PDSCH Transmissions for Low Cost UEs", 3GPP DRAFT; R1-155431 PDSCH, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE vol. RAN WG1, no. Malmo, Sweden; 20151005 - 20151009 4 October 2015 (2015-10-04), XP051002337, Retrieved from the Internet:URL:http://www.3gpp.org/ftp/Meetings_3GPP_SYNC/RAN1/Docs/ [retrieved on 2015-10-04] Section 2, subsections "PDSCH Repetitions" and "UE Receiver Complexity Aspects"

INTEL CORPORATION: "Design aspects of control signaling for V2V communication", 3GPP DRAFT; R1-160701 - INTEL - V2V SCI, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX;

FRANCE vol. RAN WG1, no. St Julian's, Malta; 20160215 - 20160219 14 February 2016 (2016-02-14), XP051054029, Retrieved from the Internet:URL:http://www.3gpp.org/ftp/Meetings_3GPP_SYNC/RAN1/Docs/ [retrieved on 2016-02-14] Section 4.1, subsection "Combining and retransmission rules"

SAMSUNG: "Active Transmission/Reception Time Reduction for DL Control Signaling", 3GPP DRAFT; R1-150349 DL CONTROL TX REDUCTION, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE vol. RAN WG1, no. Athens, Greece; 20150209 - 20150213 8 February 2015 (2015-02-08), XP050933558, Retrieved from the Internet:URL:http://www.3gpp.org/ftp/Meetings_3GPP_SYNC/RAN1/Docs/ [retrieved on 2015-02-08] Section 2.2

Patrick Marsch ET AL: "White Paper Preliminary Views and Initial Considerations on 5G RAN Architecture and Functional Design", 8 March 2016 (2016-03-08), pages 1-27, XP055347115, Retrieved from the Internet:URL:<https://bscw.5g-ppp.eu/pub/bscw.cgi/d92532/5G-PPP-METIS-II-5G-RAN-Architecture-White-Paper.pdf> [retrieved on 2017-02-17] Section 4, subsection "Integration among Novel 5G Air Interface Variants and LTE-A Evolution"; figure 4

HUAWEI ET AL: "Flexible air interface of NR", 3GPP DRAFT; R2-162660 FLEXIBLE AIR INTERFACE OF NR, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE, vol. RAN WG2, no. Dubrovnik, Croatia; 20160411 - 20160415 1 April 2016 (2016-04-01), XP051082245, Retrieved from the Internet: URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG2_RL2/TSGR2_93bis/Docs/ [retrieved on 2016-04-01] Section 2.4, par. 2, 1. 3-5, par. 3, par. 4 Section 2.5, par. 2-5; figure 3

ERICSSON: "Details on NR impact to support unlicensed operation", 3GPP DRAFT; R2-162751 - DETAILS ON NR IMPACT TO SUPPORT UNLICENSED OPERATION, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS C, vol. RAN WG2, no. Dubrovnik, Croatia; 20160411 - 20160415 1 April 2016 (2016-04-01), XP051082261, Retrieved from the Internet:URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG2_RL2/TSGR2_93bis/Docs/ [retrieved on 2016-04-01] Section 1, par. 1, 2 Section 2.1 Section 2.2, par. 2, 3, par. below "Observation 2", 1. 1-4

QUALCOMM INCORPORATED: "Control details for UL scheduling in LAA", 3GPP DRAFT; R1-163022 CONTROL DETAILS FOR UL TRANSMISSION IN LAA, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE vol. RAN WG1, no. Busan, Korea; 20160411 - 20160415 2 April 2016 (2016-04-02), XP051080466, Retrieved from the Internet: URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_84b/Docs/ [retrieved on 2016-04-02] Sections 2.3, 2.4; figures 3, 4

HTC: "Uplink latency reduction with prescheduling", 3GPP DRAFT; R1-162530 UPLINK LATENCY REDUCTION WITH PRESCHEDULING, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE vol. RAN WG1, no. Busan, Korea; 20160411 - 20160415 2 April 2016 (2016-04-02), XP051080264, Retrieved from the Internet: URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_84b/Docs/ [retrieved on 2016-04-02] Section 2, par. 2, second sentence

CATT: "UL scheduling for Rel-14 eLAA", 3GPP DRAFT; R1-162260, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE vol. RAN WG1, no. Busan, Korea; 20160411 - 20160415 2 April 2016 (2016-04-02), XP051080065, Retrieved from the Internet:URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/

WG1_RL1/TSGR1_84b/Docs/[retrieved on 2016-04-02] Section 2.2, "Option 1"

ERICSSON: "Active Mode Mobility in NR: SINR drops in higher frequencies", 3GPP DRAFT; R2-162762 - ACTIVE MODE MOBILITY IN NR SINR DROPS IN HIGHER FREQUENCIES, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTI, vol. RAN WG2, no. Dubrovnik, Croatia; 20160411 - 20160415 2 April 2016 (2016-04-02), XP051082534, Retrieved from the Internet: URL: [http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG2_RL2/TSGR2_93bis/Docs/\[retrieved on 2016-04-02\]](http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG2_RL2/TSGR2_93bis/Docs/[retrieved on 2016-04-02]) Section 2.2, par. below "Proposal 1"; figure 3 Section 2.3

ERICSSON: "RRM requirements for New Radio Access Technology", 3GPP DRAFT; R4-161726 NEWRADIOACCESS-RRM, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE vol. RAN WG4, no. SAN JOSE DEL CABO, MEXICO; 20160411 - 20160415 1 April 2016 (2016-04-01), XP051083724, Retrieved from the Internet: URL: [http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG4_Radio/TSGR4_78Bis/Docs/\[retrieved on 2016-04-01\]](http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG4_Radio/TSGR4_78Bis/Docs/[retrieved on 2016-04-01]) p. 3, point "Beamforming techniques will be used extensively" p. 3, last par. p. 4, points after par. 3

NOKIA ET AL: "Support for Beam Based Common Control Plane in 5G New Radio", 3GPP DRAFT; R1-162895, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE vol. RAN WG1, no. Busan, Korea; 20160411 - 20160415 1 April 2016 (2016-04-01), XP051079736, Retrieved from the Internet: URL: [http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_84b/Docs/\[retrieved on 2016-04-01\]](http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_84b/Docs/[retrieved on 2016-04-01]) Section 3; figure 3

NOKIA ET AL: "Performance and complexity of Turbo, LDPC and Polar codes", 3GPP DRAFT; R1-162897, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE vol. RAN WG1, no. Busan, Korea; 20160411 - 20160415 1 April 2016 (2016-04-01), XP051079738, Retrieved from the Internet: URL: [http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_84b/Docs/\[retrieved on 2016-04-01\]](http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_84b/Docs/[retrieved on 2016-04-01]) Section 2

INTEL CORPORATION: "Channel coding for new radio interface", 3GPP DRAFT; R1-162387, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650,

ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE, vol. RAN WG1, no. Busan, South Korea; 20160411 - 20160415 2 April 2016 (2016-04-02), XP051080166, Retrieved from the Internet: URL: [http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_84b/Docs/\[retrieved on 2016-04-02\]](http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_84b/Docs/[retrieved on 2016-04-02]) Sections 2, 3.1, 3.2

SAMSUNG: "MIMO/beamforming for 5G new radio interface for over-6GHz: system architecture and design aspects", 3GPP DRAFT; R1-162183, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE vol. RAN WG1, no. Busan, Korea; 20160411 - 20160415 1 April 2016 (2016-04-01), XP051079514, Retrieved from the Internet: URL: [http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_84b/Docs/\[retrieved on 2016-04-01\]](http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_84b/Docs/[retrieved on 2016-04-01]) Sections 2, par. 3-6; figure 1 sections 3.1, 3.2

"3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Study on Architecture for Next Generation System (Release 14)", 3GPP STANDARD; 3GPP TR 23.799, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE vol. SA WG2, no. V0.4.0, 27 April 2016 (2016-04-27), pages 1-92, XP051123441, [retrieved on 2016-04-27] Section 5.1, Section 6.1, Annex B, Annex D

MOTOROLA MOBILITY ET AL: "Solution: PDU Sessions served by different Network Slices", 3GPP DRAFT; S2-161574_SM-NETWORK-SLICING V2, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE vol. SA WG2, no. Sophia Antipolis, FRANCE; 20160411 - 20160415 5 April 2016 (2016-04-05), XP051086558, Retrieved from the Internet: URL: [http://www.3gpp.org/ftp/tsg_sa/WG2_Arch/TSGS2_114_Sophia_Antipolis/Docs/\[retrieved on 2016-04-05\]](http://www.3gpp.org/ftp/tsg_sa/WG2_Arch/TSGS2_114_Sophia_Antipolis/Docs/[retrieved on 2016-04-05]) Sections 6.1.x, 6.1.X.1; figures 6.1.x.1-1

ERICSSON: "Solution for selection of a network slice instance", 3GPP DRAFT; S2-161480_SLICE_SELECTION, 3RD GENERATION PARTNERSHIP PROJECT (3GPP), MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES; F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCE vol. SA WG2, no. SOPHIA ANTIPOLIS; 20160411 - 20160415 5 April 2016 (2016-04-05), XP051086483, Retrieved from the Internet: URL: [http://www.3gpp.org/ftp/tsg_sa/WG2_Arch/TSGS2_114_Sophia_Antipolis/Docs/\[retrieved on 2016-04-05\]](http://www.3gpp.org/ftp/tsg_sa/WG2_Arch/TSGS2_114_Sophia_Antipolis/Docs/[retrieved on 2016-04-05]) Section 6.1.x; figures 6.1.x.2-1

- (57) Способы и устройство для беспроводной связи пятого поколения, включающие в себя примерный способ, в беспроводном устройстве, который включает в себя прием сигнала нисходящей линии связи, содержащего индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, использование индекса конфигурации доступа к восходящей линии связи для идентификации конфигурации доступа к восходящей линии связи из предопределенного множества конфигураций доступа к восходящей линии связи и передачу в сеть беспроводной связи в соответствии с идентифицированной конфигурацией доступа к восходящей линии связи. Примерный способ дополнительно включает в себя прием, в таком беспроводном устройстве, в первом подкадре нисходящей линии связи, первой передачи мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM), сформированной в соответствии с первой нумерологией, и прием, во втором подкадре нисходящей линии связи, второй передачи OFDM, сформированной в соответствии со второй нумерологией, вторая нумерология отличается от первой нумерологии, причем первая нумерология имеет первый шаг поднесущей, а вторая нумерология имеет второй шаг поднесущей, первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей. Также раскрыты варианты этого способа, соответствующие устройства и соответствующие способы и устройства сетевой стороны.

Область техники

[0001] Настоящее изобретение относится к сетям беспроводной связи и описывает сетевую архитектуру, беспроводные устройства и беспроводные сетевые узлы, подходящие, среди прочего, для сети беспроводной связи пятого поколения (5G).

Уровень техники

[0002] Имеются три основные проблемы, которые должны быть решены с помощью так называемой беспроводной системы связи 5G для того, чтобы создать по-настоящему "сетевое сообщество", где информация может быть доступна и данные могут совместно использоваться в любом месте и в любое время, кем угодно и чем угодно. Этими проблемами являются следующие:

Огромный рост числа подключенных устройств.

Огромный рост объема трафика.

Все более широкий диапазон приложений с различными требованиями и характеристиками.

[0003] Для того чтобы справиться с огромным ростом объема трафика, требуются более широкие полосы частот, новый спектр и в некоторых случаях, более плотное развертывание. Ожидается, что большая часть роста трафика будет внутри помещений, и, таким образом, охват помещений очень важен.

[0004] Предположительно, новый спектр для 5G будет доступен после 2020 г. Фактические полосы частот и величина спектра еще не определены. Идентификация полос частот выше 6 ГГц для мобильной связи обсуждалась на Всемирной конференции по радиосвязи в 2019 г. (WRC-19). Новые полосы частот ниже 6 ГГц для мобильной связи были определены на WRC-15. В конечном счете, все полосы мобильной связи, от частот ниже 1 ГГц и до 100 ГГц, потенциально могут стать кандидатами для 5G. Однако ожидается, что первое коммерческое развертывание 5G произойдет в частотных диапазонах, близких к 4 ГГц, и развертывания на 28 ГГц будут проведены позже.

[0005] Международный союз электросвязи (ITU) изложил концепцию 5G, которую союз назвал: "ИМТ-2020", предоставляя первый взгляд на возможные сценарии, варианты использования и соответствующие требования ITU, которые в конечном итоге определяют 5G.

[0006] Проект партнерства третьего поколения (3GPP) уже начал свое движение в сторону 5G, с семинара 5G, который состоялся в сентябре 2015 г. Был одобрен предмет исследования по моделированию каналов для спектра выше 6 ГГц. Разработка спецификаций для 5G в 3GPP, вероятно, будет разделена на несколько выпусков с двумя этапами нормативной работы. Ожидается, что 1-ый этап будет завершен во второй половине 2018 г. Он будет выполнять поднабор из полного набора требований и ориентироваться на необходимость коммерческих развертываний в 2020 г., выраженную некоторыми операторами. 2-ой этап планируется завершить к концу 2019 г., он будет отвечать всем идентифицированным требованиям и прецедентам.

Сущность изобретения

[0007] Варианты осуществления различных способов, устройств и систем, раскрытых здесь, включают в себя беспроводные устройства, такие как пользовательское оборудование (UE), и способы, выполняемые такими устройствами. Пример такого способа включает в себя прием сигнала нисходящей линии связи, содержащего индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, использование индекса конфигурации доступа к восходящей линии связи для идентификации конфигурации доступа к восходящей линии связи из предопределенного множества конфигураций доступа к восходящей линии связи и передачу в сеть беспроводной связи в соответствии с идентифицированной конфигурацией доступа к восходящей линии связи. Способ также включает в себя прием, в первом подкадре нисходящей линии связи, первой передачи OFDM, сформированной в соответствии с первой нумерологией, и прием, во втором подкадре нисходящей линии связи, второй передачи OFDM, сформированной в соответствии со второй нумерологией, вторая нумерология отличается от первой нумерологий. Первая нумерология имеет первый шаг поднесущей, а вторая нумерология имеет второй шаг поднесущей, причем первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей. Кроме того, способ может включать в себя прием широкополосно передаваемой информации о доступе к системе и использование принятой информации о доступе к системе для доступа к сети беспроводной связи. Например, первая передача OFDM может иметь нумерологию в соответствии со спецификациями 3GPP для LTE. Первый и второй подкадры нисходящей линии связи могут быть приняты на одной и той же несущей частоте.

[0008] Первая и вторая нумерологии могут содержать подкадры первой и второй длин подкадра, соответственно, причем первая длина подкадра отличается от второй длины подкадра. Подкадры первой и второй нумерологий могут содержать первое и второе предопределенное число символов OFDM, соответственно. По меньшей мере одна из первой и второй нумерологий может содержать подкадры, имеющие длину 250 микросекунд или менее. Способ может дополнительно включать в себя запрос дополнительной системной информации из сети беспроводной связи и прием дополнительной системной информации из сети беспроводной связи, в ответ на запрос. Кроме того, способ может содержать прием дополнительной системной информации из сети беспроводной связи, в выделенной передаче. Первая передача OFDM может быть частотно-мультиплексированной и по меньшей мере частично перекрывающейся во времени со второй передачей OFDM. Способ может дополнительно содержать прием первого по времени символа OFDM первого или второго подкадра нисходящей линии связи, сигнализацию управления нис-

ходящей линии связи в первом наборе поднесущих первого по времени символа OFDM и выделенных пользовательских данных во втором наборе поднесущих первого по времени символа OFDM. Способ может дополнительно содержать передачу данных положительного квитирования (ACK) или отрицательного квитирования (NACK) в ответ на первую передачу OFDM в первом подкадре нисходящей линии связи в последнем символе OFDM интервала подкадра восходящей линии связи, по меньшей мере частично перекрывающего первый подкадр нисходящей линии связи. Первый подкадр нисходящей линии связи может содержать один или более опорных символов в первом по времени символе OFDM первого подкадра нисходящей линии связи, и способ также может содержать начало декодирования первой передачи OFDM в первом подкадре нисходящей линии связи до того, как закончится длительность первого подкадра нисходящей линии связи, используя оценку канала на основе одного или более опорных символов. Способ может дополнительно содержать прием информации, определяющей множество конфигураций доступа к восходящей линии связи, на первой несущей, в то время как сигнал нисходящей линии связи, содержащий индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, может приниматься на второй несущей, отличающейся от упомянутой первой несущей. Способ может дополнительно содержать прием третьей передачи OFDM, сформированной в соответствии с первой нумерологией, причем третья передача OFDM занимает интервал времени передачи (TTI), имеющий длину, равную множеству подкадров в соответствии с первой нумерологией. По меньшей мере одна из первой и второй передач OFDM может представлять собой передачу OFDM, расширенную дискретным преобразованием Фурье (DFTS-OFDM).

[0009] Способ может дополнительно включать в себя прием и обработку первых данных уровня 2 на первом физическом канале данных, а также прием и обработку вторых данных уровня 2 на втором физическом канале данных. Прием и обработка первых данных уровня 2 содержат использование мягкого объединения HARQ, а прием и обработка вторых данных уровня 2 не содержат мягкого объединения HARQ. Это может включать в себя использование общего набора опорных сигналов демодуляции для приема как первых, так и вторых данных уровня 2. Общий набор опорных сигналов демодуляции может являться индивидуальным для пользователя набором опорных сигналов демодуляции. Способ может дополнительно содержать прием физического канала управления с использованием набора опорных сигналов демодуляции, который отличается от общего набора опорных сигналов демодуляции.

[0010] В некоторых случаях может использоваться одиночный подход RRC. К примеру, способ в беспроводном устройстве может дополнительно включать в себя обработку данных из первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола MAC и обработку данных из второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, причем первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC. Способ может дополнительно включать в себя обработку сообщений, принятых из каждого из первого и второго уровней протокола MAC, с использованием одного общего уровня протокола RRC.

[0011] В некоторых случаях, может использоваться двойной подход RRC. В этом случае, способ в беспроводном устройстве дополнительно включает в себя обработку данных из первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола MAC и обработку данных из второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, причем первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC. Способ может дополнительно включать в себя обработку сообщений, принятых через первый уровень протокола MAC, с использованием первого уровня протокола RRC и обработку сообщений, принятых по второму уровню протокола MAC, с использованием второго уровня протокола RRC, причем первый уровень протокола RRC отличается от второго уровня протокола RRC. По меньшей мере первый один из первого и второго уровней протокола RRC выполнен с возможностью передачи выбранных сообщений RRC на другой один из первого и второго уровней протокола RRC. Выбранные сообщения RRC представляют собой сообщения RRC, принятые и обработанные первым одним из первого и второго уровней протокола RRC, но предназначенные для другого одного из первого и второго уровней протокола RRC.

[0012] Способ в беспроводном устройстве может дополнительно включать в себя передачу третьих данных уровня 2 по третьему физическому каналу данных и передачу четвертых данных уровня 2 по четвертому физическому каналу данных. Передача третьих данных уровня 2 содержит использование процесса HARQ, поддерживающего мягкое объединение, а передача четвертых данных уровня 2 не содержит использование процесса HARQ.

[0013] В некоторых случаях способ включает в себя работу в режиме соединения для одного или более первых интервалов и работу в спящем (неактивном) режиме для одного или более вторых интервалов, причем первая и вторая передачи OFDM выполняются в режиме соединения. Работа в спящем режиме содержит контроль сигналов, несущих идентификаторы областей отслеживания, сравнение идентификаторов областей отслеживания, принятых во время контроля, со списком идентификаторов областей отслеживания и уведомление сети беспроводной связи в ответ на определение, что принятый идентификатор области отслеживания отсутствует в списке, в противном случае воздержание от уведомления сети беспроводной связи в ответ на прием измененных идентификаторов областей отслеживания.

[0014] Способ в беспроводном устройстве может включать в себя передачу в сеть беспроводной

связи указателя возможностей, причем указатель возможностей определяет набор возможностей, для беспроводного устройства, сохраненный в сети беспроводной связи. Набор возможностей может включать в себя по меньшей мере одно из поставщика беспроводного устройства (например, поставщика UE), версии возможностей или проприетарной (составляющей собственность) информации о беспроводном устройстве (например, проприетарной информации о UE) или сети. Способ может содержать передачу в сеть беспроводной связи с использованием передачи OFDM, расширенной дискретным преобразованием Фурье (DFTS-OFDM). Способ может включать в себя передачу в сеть беспроводной связи с использованием протокола доступа на конкурентной основе. Протокол доступа на конкурентной основе может содержать такой механизм доступа как прослушивание перед передачей (LBT). Передача в сеть беспроводной связи с использованием протокола доступа на конкурентной основе может включать в себя передачу сообщения, которое указывает идентификатор буфера гибридного автоматического запроса повторной передачи (HARQ), ассоциированного с сообщением. Передача в сеть беспроводной связи с использованием протокола доступа на конкурентной основе может реагировать на первый прием сигнала готовностью к передаче. Передача в сеть беспроводной связи с использованием протокола доступа на конкурентной основе может реагировать на прием сообщения, предоставляющего ресурсы восходящей линии связи для передачи в соответствии с протоколом доступа на конкурентной основе. Передача в сеть беспроводной связи с использованием протокола доступа на конкурентной основе может включать в себя передачу сообщения, которое указывает идентификатор беспроводного устройства, например, идентификатор UE. Передача в сеть беспроводной связи с использованием протокола доступа на конкурентной основе может содержать передачу с использованием ресурса на конкурентной основе, который предварительно запланирован для потенциального использования.

[0015] Способ в беспроводном устройстве может дополнительно включать в себя измерение первого опорного сигнала мобильности по первому принимаемому лучу и измерение второго опорного сигнала мобильности по второму принимаемому лучу, причем второй опорный сигнал мобильности отличается от первого опорного сигнала мобильности. Способ может дополнительно включать в себя сообщение результатов измерения первого и второго опорных сигналов мобильности в сети беспроводной связи. Первый опорный сигнал мобильности может содержать конкатенацию первого сигнала временной и частотной синхронизации (TSS) и опорного сигнала первого луча (BRS) во времени в один символ OFDM. Конкатенация первого сигнала временной и частотной синхронизации (TSS) и опорного сигнала первого луча (BRS) во времени в один символ OFDM может быть выполнена в соответствии с предкодированием дискретного преобразования Фурье (DFT). Способ также может включать в себя прием, в ответ на сообщение о результатах, команды на переключение с приема данных по текущему лучу нисходящей линии связи на прием данных по другому лучу нисходящей линии связи. Способ может включать в себя прием значения временного опережения для применения к другому лучу нисходящей линии связи. Прием по меньшей мере одной из первой и второй передач OFDM может включать в себя декодирование по меньшей мере одной из упомянутых первой и второй передач OFDM с использованием полярного кода. Прием по меньшей мере одной из первой и второй передач OFDM может включать в себя декодирование по меньшей мере одной из первой и второй передач OFDM с использованием кода с малой плотностью проверок на четность (LDPC).

[0016] Другие варианты осуществления различных способов, устройств и систем, раскрытых здесь, включают в себя оборудование радиосети и способы, выполняемые одним или более экземплярами такого оборудования радиосети. Пример такого способа включает в себя передачу первого сигнала нисходящей линии связи, содержащего индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, причем индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи идентифицирует конфигурацию доступа к восходящей линии связи из множества предопределенных конфигураций доступа к восходящей линии связи, и последующий прием передачи от первого беспроводного устройства, например UE, в соответствии с идентифицированной конфигурацией доступа к восходящей линии связи. Способ также включает в себя передачу, в первом подкадре нисходящей линии связи, первой передачи OFDM, отформатированной в соответствии с первой нумерологией, и передачу во втором подкадре нисходящей линии связи, второй передачи OFDM, отформатированной в соответствии со второй нумерологией, вторая нумерология отличается от первой нумерологий. Первая нумерология имеет первый шаг поднесущей, а вторая нумерология имеет второй шаг поднесущей, причем первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей. Первый и второй подкадры нисходящей линии связи могут быть переданы на одной и той же несущей частоте.

[0017] В некоторых случаях, передача первого сигнала нисходящей линии связи выполняется первым экземпляром оборудования радиосети, в то время как передача первой и второй передач OFDM выполняется вторым экземпляром оборудования радиосети. Например, первая передача OFDM может иметь нумерологию в соответствии со спецификациями для LTE.

[0018] Первая и вторая нумерологии могут содержать подкадры первой и второй длины подкадра, соответственно, где первая длина подкадра отличается от второй длины подкадра. Соответственно, подкадры первой и второй нумерологий могут содержать первое и второе предопределенное число символов OFDM. По меньшей мере одна из первой и второй нумерологий может содержать подкадры, имеющие

длину 250 микросекунд или менее. Первая передача OFDM может быть частотно-мультиплексированной и по меньшей мере частично перекрывающейся во времени со второй передачей OFDM. Способ может дополнительно содержать передачу, в первом по времени символе OFDM первого или второго подкадра нисходящей линии связи, сигнализацию управления нисходящей линии связи в первых поднесущих первого по времени символа OFDM и выделенных пользовательских данных во вторых поднесущих первого по времени символа OFDM. Способ может дополнительно содержать прием данных положительного квитирования (ACK) или отрицательного квитирования (NACK) в ответ на первую передачу OFDM в первом подкадре нисходящей линии связи в последнем символе OFDM интервала подкадра восходящей линии связи, по меньшей мере частично перекрывающего первый подкадр нисходящей линии связи. Способ может дополнительно содержать передачу третьей передачи OFDM, отформатированной в соответствии с первой нумерологией, причем третья передача OFDM занимает интервал времени передачи (TTI), имеющий длину, равную множеству подкадров в соответствии с первой нумерологией. По меньшей мере одна из первой и второй передач OFDM может представлять собой передачу OFDM, расширенную дискретным преобразованием Фурье (DFTS-OFDM).

[0019] Способ, выполняемый оборудованием радиосети, может включать в себя передачу второго сигнала нисходящей линии связи, содержащего сигнал информации доступа, сигнал информации доступа указывает множество конфигураций доступа к восходящей линии связи, причем индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи идентифицирует одну из множества конфигураций доступа к восходящей линии связи. Передача второго сигнала нисходящей линии связи может выполняться третьим экземпляром оборудования радиосети.

[0020] В некоторых случаях, способ в оборудовании радиосети включает в себя обработку и передачу первых данных уровня 2 по первому физическому каналу данных, обработку и передачу вторых данных уровня 2 по второму физическому каналу данных. Обработка и передача первых данных уровня 2 включает в себя использование процесса HARQ, поддерживающего мягкое объединение, а обработка и передача вторых данных уровня 2 не содержит процесса HARQ. Передача первых и вторых данных уровня 2 может выполняться с использованием общего антенного порта, причем способ дополнительно включает в себя передачу общего набора опорных сигналов демодуляции с использованием общего антенного порта для использования при приеме как первых, так и вторых данных уровня 2. Таким образом, общий набор опорных сигналов демодуляции предназначен для использования беспроводными устройствами при приеме как первых, так и вторых данных уровня 2. Общий набор опорных сигналов демодуляции может являться индивидуальным для пользователя набором опорных сигналов демодуляции. Способ может дополнительно содержать передачу физического канала управления с использованием набора опорных сигналов демодуляции, который отличается от общего набора опорных сигналов демодуляции.

[0021] Способ в оборудовании радиосети может включать в себя прием и обработку третьих данных уровня 2 по третьему физическому каналу данных, прием и обработку четвертых данных уровня 2 по четвертому физическому каналу данных, причем прием и обработка третьих данных уровня 2 содержат использование мягкого объединения HARQ, а прием и обработка четвертых данных уровня 2 не содержат мягкого объединения HARQ.

[0022] В некоторых случаях, передача первой и второй передач OFDM может выполняться одним экземпляром оборудования радиосети, причем способ дополнительно включает в себя обработку данных для первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола MAC и обработку данных для второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, причем первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC. Способ может дополнительно включать в себя обработку сообщений, подлежащих транспортировке каждым из первого и второго уровней протокола MAC с использованием одного общего уровня протокола RRC.

[0023] В других случаях, передача первой и второй передач OFDM выполняется одним экземпляром оборудования радиосети, причем способ дополнительно включает в себя обработку данных для первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола MAC и обработку данных для второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, причем первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC. Способ в некоторых вариантах осуществления дополнительно включает в себя обработку сообщений, которые должны транспортироваться первым уровнем протокола MAC, с использованием первого уровня протокола RRC, и обработку сообщений, которые должны транспортироваться вторым уровнем протокола MAC, с использованием второго уровня протокола RRC, причем первый RRC уровень протокола отличается от второго уровня протокола RRC. По меньшей мере первый один из первого и второго уровней протокола RRC выполнен с возможностью передачи выбранных сообщений RRC на другой один из первого и второго уровней протокола RRC, причем выбранные сообщения RRC представляют собой сообщения RRC, принятые и обработанные первым одним из первого и второго уровней протокола RRC, но предназначенные для другого одного из первого и второго уровней протокола RRC.

[0024] Способ в оборудовании радиосети может дополнительно включать в себя прием, от второго беспроводного устройства, указателя возможностей, причем указатель возможностей идентифицирует набор возможностей для второго беспроводного устройства, и извлечение набора возможностей для вто-

рого беспроводного устройства из базы данных сохраненных возможностей для множества беспроводных устройств с использованием принятого указателя возможностей. Набор возможностей может включать в себя по меньшей мере одно из поставщика беспроводных устройств (например, поставщика UE), версии возможностей или проприетарной информации о беспроводном устройстве (например, проприетарной информации о UE) или сети.

[0025] Способ в оборудовании радиосети может включать в себя передачу на третье беспроводное устройство с использованием протокола на конкурентной основе. Протокол доступа на конкурентной основе может содержать механизм доступа LBT.

[0026] В некоторых вариантах осуществления, способ в оборудовании радиосети включает в себя прием сообщения запроса произвольного доступа от четвертого беспроводного устройства, посредством луча (диаграммы направленности) восходящей линии связи, сформированного с использованием множества антенн в оборудовании радиосети, оценивание угла прихода, соответствующего сообщению запроса произвольного доступа, и передачу сообщения ответа произвольного доступа с использованием луча нисходящей линии связи, сформированного с использованием множества антенн в оборудовании радиосети. Формирование луча нисходящей линии связи основано на оцененном угле прихода. Луч восходящей линии связи может представлять собой свипируемый луч восходящей линии связи. Ширина луча нисходящей линии связи может базироваться на оцененном качестве оцененного угла прихода.

[0027] Способ в радиотехническом оборудовании может включать в себя обслуживание пятого беспроводного устройства, при этом обслуживание пятого беспроводного устройства включает в себя отправку данных от пятого беспроводного устройства в первый сетевой узел или первый набор сетевых узлов в соответствии с идентификатором первого сетевого среза (сегмента), ассоциированным с пятым беспроводным устройством. Способ может также включать в себя обслуживание шестого беспроводного устройства, при этом обслуживание шестого беспроводного устройства включает в себя отправку данных от шестого беспроводного устройства во второй сетевой узел или второй набор сетевых узлов в соответствии с идентификатором второго сетевого сегмента, ассоциированным с шестым беспроводным устройством. Идентификатор второго сетевого сегмента отличается от идентификатора первого сетевого сегмента, а второй сетевой узел или второй набор сетевых узлов отличается от первого сетевого узла или первого набора сетевых узлов.

[0028] Другие варианты осуществления, подробно описанные здесь, включают в себя беспроводные устройства, оборудование радиосети и системы, выполненные с возможностью осуществления одного или более описанных выше способов и/или одного или более из многочисленных других методов, процедур и способов, описанных здесь, а также компьютерные программные продукты и считываемые компьютером носители, воплощающие один или более из этих методов, способов и процедур.

[0029] Некоторые варианты осуществления настоящего раскрытия могут обеспечивать одно или более технических преимуществ. Например, некоторые варианты осуществления могут обеспечивать поддержку более высоких частотных диапазонов по сравнению с традиционными беспроводными системами, с более широкой шириной полосы несущей и более высокими пиковыми скоростями, например, с использованием новых нумерологий, как подробно описано ниже. Некоторые варианты осуществления могут обеспечивать поддержку для более низких задержек (латентности) за счет использования более коротких и более гибких интервалов времени передачи (TTI), новых структур каналов и т.д. Некоторые варианты осуществления могут обеспечивать поддержку для очень плотных развертываний, энергоэффективных развертываний и интенсивного использования формирования луча, обеспеченных, например, удалением унаследованных ограничений по отношению к CRS, PDCCH и т.д. Наконец, некоторые варианты осуществления обеспечивают поддержку новых сценариев использования, услуг и клиентов, таких как сценарии МТС, включая V2X и т.д., например, посредством более гибкого использования спектра, поддержки очень низкой латентности (задержки), более высоких пиковых скоростей и т.д. Различные комбинации описанных здесь методов, могут обеспечить эти и/или другие преимущества взаимодополняющим и синергетическим путем для достижения всех или некоторых требований ITU-2020. Другие преимущества могут быть легко доступны специалисту в данной области техники. Некоторые варианты осуществления могут не иметь никаких, иметь некоторые или все указанные преимущества.

Краткое описание чертежей

[0030] На фиг. 1 показана логическая архитектура высокого уровня для NX и LTE.

[0031] На фиг. 2 показана логическая архитектура NX и LTE.

[0032] На фиг. 3 показаны состояния LTE/NX UE.

[0033] На фиг. 4 показан график, показывающий оценку срока службы батареи UE для UE в спящем состоянии, когда сеть синхронизирована, для каждого из нескольких периодов SSI и циклов DRX.

[0034] На фиг. 5 показан график, показывающий оценку срока службы батареи UE для UE в спящем состоянии, когда сеть не синхронизирована, для каждого из нескольких периодов SSI и циклов DRX.

[0035] На фиг. 6 показана архитектура протокола для трека протокола одиночного RRC, для двойной возможности соединения (связности) LTE-NX.

[0036] На фиг. 7 показана архитектура протокола для трека протокола двойного RRC, для двойной возможности соединения LTE-NX.

[0037] На фиг. 8 показана общая диаграмма сигнализации RRC для установки двойного соединения LTE-NX.

[0038] На фиг. 9 показана обычная (совместно используемая) настройка безопасности для LTE и NX.

[0039] На фиг. 10 показан пример обращения с возможностями UE.

[0040] На фиг. 11 показана диаграмма потока сигнализации, иллюстрирующая установку двойной возможности соединения LTE-NX для архитектуры протокола одиночного RRC.

[0041] На фиг. 12 показана диаграмма потока сигнализации, иллюстрирующая установку двойной возможности соединения LTE-NX для архитектуры протокола двойного RRC.

[0042] На фиг. 13 показана диаграмма потока сигнализации, иллюстрирующая процедуру повторной активации соединения RRC.

[0043] На фиг. 14 показана диаграмма потока сигнализации, иллюстрирующая UE-инициированное установление двойной возможности соединения LTE-NX.

[0044] На фиг. 15 показано примерное решение планировщика для планирования информационного элемента на "прямом" канале низкой задержки или оптимизированном по эффективности "повторно передаваемом" канале.

[0045] На фиг. 16 показано использование PDCCH для обеспечения возможности формирования луча с высоким усилением и передачи в луче управляющей информации.

[0046] На фиг. 17 показаны различные варианты использования PDCCH.

[0047] На фиг. 18 показан пример возможных сценариев распространения ошибок при использовании внутрисполосной DCI для обновления пространства поиска UE.

[0048] На фиг. 19 показано обратное сообщение об успешном приеме dPDCCH посредством UE.

[0049] На фиг. 20 показано использование одного набора специфических для терминала опорных сигналов демодуляции для демодуляции двух физических каналов.

[0050] На фиг. 21 показана базовая структура канала MAC для NX.

[0051] На фиг. 22 показана структура транспортного канала и формат заголовка MAC.

[0052] На фиг. 23 показан пример того, как могут быть расширены таблицы LCID.

[0053] На фиг. 24 показана примерная структура канала нисходящей линии связи.

[0054] На фиг. 25 показана примерная структура канала восходящей линии связи.

[0055] На фиг. 26 показан пример группового планирования.

[0056] На фиг. 27 показан шаблон ADSS и размерность DSSI для ADSS.

[0057] На фиг. 28 показан основанный на планировании доступ в сравнении с доступом на конкурентной основе.

[0058] На фиг. 29 показана приоритизация между запланированным доступом к данным и доступом на конкурентной основе к данным.

[0059] На фиг. 30 показан доступ на конкурентной основе с предотвращением конфликтов за счет использования LBT и CTS.

[0060] На фиг. 31 показан пример проактивной схемы RTS/CTS с избирательным RTS.

[0061] На фиг. 32 показан улучшенный ARQ для односкачковой (односегментной) NX, включая "сверхбыструю" обратную связь и "запланированную" обратную связь.

[0062] На фиг. 33 показан пример, в котором быстрая обратная связь HARQ передается в конце первого доступного случая передачи UL.

[0063] На фиг. 34 показана передача сообщений опрашиваемой обратной связи HARQ.

[0064] На фиг. 35 показано, что количество процессов HARQ, для которых UE выполняет мягкое объединение пакетов, может зависеть от размера пакета.

[0065] На фиг. 36 показаны три возможных архитектур многоскачкового/самотранспортируемого ARQ.

[0066] На фиг. 37 показана архитектура протокола ARQ многоскачковой ретрансляции.

[0067] На фиг. 38 показан обзор многоскачковой архитектуры для поддержки маршрутизации с ретрансляцией.

[0068] На фиг. 39 показан пример динамического планирования.

[0069] На фиг. 40 показано разрешение конфликтов для мгновенного доступа к восходящей линии связи на конкурентной основе.

[0070] На фиг. 41 показан групповой опрос с использованием неконкурентного доступа и доступа на конкурентной основе.

[0071] На фиг. 42 показан пример планирования MU-MIMO.

[0072] На фиг. 43 показан еще один пример планирования MU-MIMO.

[0073] На фиг. 44 показан пример передачи данных нисходящей линии связи с использованием взаимного массивированного формирования луча MIMO.

[0074] На фиг. 45 показан пример передачи данных восходящей линии связи с использованием взаимного массивированного формирования луча MIMO.

[0075] Фиг. 46 содержит блок-схему отфильтрованной/кадрированной обработки OFDM и показы-

вает отображение поднесущих на частотно-временную плоскость.

- [0076] На фиг. 47 показано кадрирование символа OFDM.
- [0077] На фиг. 48 показаны основные типы подкадров.
- [0078] На фиг. 49 показаны структуры кадров для TDD.
- [0079] На фиг. 50 показана примерная передача предоставления восходящей линии связи.
- [0080] На фиг. 51 показан пример мультиплексирования данных и управления для нисходящей линии связи, в нумерологий 67,5 кГц.
- [0081] На фиг. 52 показан пример отображения управления и данных на физические ресурсы.
- [0082] На фиг. 53 показаны примеры нумерологий.
- [0083] На фиг. 54 показано отображение AIT на физические каналы.
- [0084] На фиг. 55 представлен обзор обработки передачи PACH.
- [0085] На фиг. 56 показан пример отображения на ресурсы PACH.
- [0086] На фиг. 57 показаны примеры минимальных единиц распределения PDCCH.
- [0087] На фиг. 58 представлено графическое представление кодов LDPC и SC-LDPC.
- [0088] На фиг. 59 показана структура рекурсивного кодирования полярных кодов.
- [0089] На фиг. 60 показано параллельно-конкатенированное полярное кодирование для K=2 передач.
- [0090] На фиг. 61 показан параллельно-конкатенированный полярный декодер для K=2 передач.
- [0091] На фиг. 62 иллюстрируется структура опорного сигнала мобильности и доступа (MRS).
- [0092] На фиг. 63 показаны группы, подгруппы и примерные конфигурации CSI-RS.
- [0093] На фиг. 64 иллюстрируется формат преамбулы и детектор с длинным когерентным накоплением.
- [0094] На фиг. 65 иллюстрируется USS в отношении MRS и предоставления восходящей линии связи, включая временное опережение.
- [0095] На фиг. 66 иллюстрируются гребенчатые схемы и пример структуры RRS.
- [0096] На фиг. 67 схематично показан DRMS в мелкомасштабной перспективе.
- [0097] На фиг. 68 схематично показан DRMS в крупномасштабной перспективе.
- [0098] На фиг. 69 иллюстрируется латентность восходящей линии связи с циклом данных SR-SG для режима FDD.
- [0099] На фиг. 70 иллюстрируется латентность для TDD.
- [0100] На фиг. 71 показаны непроизводительные издержки на переключение.
- [0101] На фиг. 72 показан пример, в котором быстрая обратная связь HARQ передается в конце первого доступного случая передачи восходящей линии связи.
- [0102] На фиг. 73 показаны дублированные сквозные маршруты.
- [0103] На фиг. 74 иллюстрируется латентность сети радиодоступа восходящей линии связи для динамического планирования.
- [0104] На фиг. 75 иллюстрируется достижимая латентность восходящей линии связи с мгновенным доступом к восходящей линии связи.
- [0105] На фиг. 76 показаны пустые подкадры LTE для нескольких сценариев и потребление энергии LTE для сценариев.
- [0106] На фиг. 77 показано распределение информации о доступе.
- [0107] На фиг. 78 показаны передачи таблицы информации о доступе (AIT) и индекса сигнатуры системы (SSI).
- [0108] На фиг. 79 показаны способы передачи AIT.
- [0109] На фиг. 80 показаны начальные процедуры произвольного доступа для UE с или без AIT.
- [0110] На фиг. 81 показана блок-схема процесса, иллюстрирующая поведение UE перед первоначальным произвольным доступом.
- [0111] На фиг. 82 показан рабочий цикл AIT/SSI различных размеров с использованием ширины полосы в 1,4 МГц.
- [0112] На фиг. 83 показаны варианты развертывания AIT и SSI.
- [0113] На фиг. 84 показана конфигурация областей отслеживания.
- [0114] На фиг. 85 показана диаграмма потока сигналов, иллюстрирующая процедуру обновления TRA.
- [0115] На фиг. 86 показана диаграмма потока сигналов, иллюстрирующая начальное присоединение по NX.
- [0116] На фиг. 87 показана передача преамбулы произвольного доступа.
- [0117] На фиг. 88 показана передача ответа произвольного доступа.
- [0118] На фиг. 89 показана реализация различных сервисов в различных логических сегментах сети.
- [0119] На фиг. 90 показаны примеры сегментирования сети.
- [0120] На фиг. 91 показано разнообразие услуг с типовым использованием ресурсов.
- [0121] На фиг. 92 показано упрощение распределения ресурсов для данной услуги или UE.
- [0122] На фиг. 93 показан пример разделения ресурсов MAC.

- [0123] На фиг. 94 показано пространственное сосуществование нескольких MAC.
- [0124] На фиг. 95 показано смешивание двух OFDM нумерологий на одной и той же несущей.
- [0125] На фиг. 96 показано динамическое изменение порционирования (разделения на части) между двумя нумерологиями.
- [0126] На фиг. 97 показано переключение направления линии связи в TDD.
- [0127] На фиг. 98 показаны варианты для форм луча.
- [0128] На фиг. 99 показан пример распределения CSI-RS.
- [0129] На фиг. 100 показано распределение CSI-RS для операции MU-MIMO.
- [0130] На фиг. 101 приведено сравнение между режимами на основе луча и на основе когерентной взаимности, по отношению к сигналу получения CSI.
- [0132] На фиг. 102 показана упрощенная блок-схема цифровой архитектуры антенны с поддержкой предкодирования.
- [0132] На фиг. 103 показан пример обработки приемника.
- [0133] На фиг. 104 показана упрощенная блок-схема гибридного формирования луча.
- [0134] На фиг. 105 показана блок-схема, иллюстрирующая аналоговую архитектуру антенны с поддержкой предкодирования.
- [0135] На фиг. 106 показана диаграмма потока сигнализации, иллюстрирующая процедуру мобильности в активном режиме
- [0136] На фиг. 107 показана диаграмма потока сигнализации, иллюстрирующая выбор луча на основе измерения восходящей линии связи
- [0137] На фиг. 108 показана диаграмма потока сигнализации, иллюстрирующая выбор луча внутри узла на основе измерения восходящей линии связи.
- [0138] На фиг. 109 показан пример, в котором UE обнаруживает проблему радиолинии, и обслуживающий узел решает проблему.
- [0139] На фиг. 110 показаны варианты использования, классифицированные на три группы.
- [0140] На фиг. 111 изображено несколько вариантов использования самотранспортировки.
- [0141] На фиг. 112 иллюстрируется перспектива совместного размещения устройств и узлов доступа самотранспортировки.
- [0142] На фиг. 113 показана архитектура протокола пользовательской плоскости.
- [0143] На фиг. 114 показана архитектура протокола плоскости управления.
- [0144] На фиг. 115 показана архитектура протокола пользовательской плоскости для односегментной ретрансляции LTE.
- [0145] На фиг. 116 показана архитектура протокола плоскости управления для односегментной ретрансляции LTE.
- [0146] На фиг. 117 показана высокоуровневая архитектура для ретрансляции L3.
- [0147] На фиг. 118 показана маршрутизация по отношению к PLNC.
- [0148] На фиг. 119 иллюстрируются вариации SINR наилучшего луча по маршруту UE.
- [0149] На фиг. 120 показаны несколько сценариев сети.
- [0150] На фиг. 121 показаны несколько типов UE.
- [0151] На фиг. 122 показана интеграция уровня MAC.
- [0152] На фиг. 123 показана интеграция уровня RLC.
- [0153] На фиг. 124 показана интеграция уровня PDCP.
- [0154] На фиг. 125 показана тесная интеграция LTE-NX, основанная на интеграции уровня RRC.
- [0155] На фиг. 126 приведена краткая информация о признаках тесной интеграции.
- [0156] На фиг. 127 показаны типы спектра и связанные с ними сценарии использования для NX.
- [0157] На фиг. 128 показаны проблемы с направленным прослушиванием перед передачей.
- [0158] На фиг. 129 показан пример механизма прослушивания после передачи.
- [0159] На фиг. 130 показана передача данных с нисходящей линии связи, выполняемая по PDCH.
- [0160] На фиг. 131 показана примерная передача данных нисходящей линии связи.
- [0161] На фиг. 132 изображена примерная передача данных восходящей линии связи в sPDCH.
- [0162] На фиг. 133 показана примерная передача данных восходящей линии связи в PDCH.
- [0163] На фиг. 134 показана связь между предоставлениями нисходящей линии связи и восходящей линии связи.
- [0164] На фиг. 135 показан пример передачи SSI.
- [0165] На фиг. 136 показан пример конкуренции передачи SSI.
- [0166] На фиг. 137 показан пример передачи AIT.
- [0167] На фиг. 138 показана блок-схема процесса, иллюстрирующая процедуру доступа UE в совместно используемом спектре.
- [0168] На фиг. 139 показана блок-схема процесса, иллюстрирующая задачи управления и автоматизации для внедрения базовой станции.
- [0169] На фиг. 140 показаны две области доступа к системе с перекрытием и узлы в пределах одной области доступа к системе с перекрытием и без перекрытия.

[0170] На фиг. 141 иллюстрируется извлечение UE BSID из необслуживающей BS для поддержки автоматических отношений BS.

[0171] На фиг. 142 показана диаграмма потока сигнализации, показывающая извлечение BSID и восстановление адреса TNL.

[0172] На фиг. 143 показана диаграмма потока сигнализации, показывающая ABR, основанное на восходящей линии связи.

[0173] На фиг. 144 показаны лучи мобильности и виртуальные лучи мобильности.

[0174] На фиг. 145 показаны отношения виртуальных лучей для лучей, показанных на фиг. 144.

[0175] На фиг. 146 показано установление отношений виртуальных лучей мобильности для развертываний с нуля.

[0176] На фиг. 147 показано установление отношений виртуальных лучей мобильности для отработанных развертываний.

[0177] На фиг. 148 показано установление отношений виртуальных лучей мобильности на основе отчетов RLF.

[0178] На фиг. 149 показана процедура восстановления, инициированная исходной BS.

[0179] На фиг. 150 изображен сценарий границы (передачи обслуживания) хэндовера, чтобы проиллюстрировать процедуру быстрого хэндовера.

[0180] На фиг. 151 иллюстрируется геозона узла.

[0181] На фиг. 152 показана балансировка нагрузки мобильности в NX.

[0182] На фиг. 153 иллюстрируются компромиссы для требований к позиционированию.

[0183] На фиг. 154 иллюстрируются основные возможности в сравнении со сложностью.

[0184] На фиг. 155 показаны компоненты позиционирования.

[0185] На фиг. 156 иллюстрируется пример ограниченной доступности PRS.

[0186] На фиг. 157 показана диаграмма потока сигнализации, иллюстрирующая поддержку ограниченной доступности PRS.

[0187] На фиг. 158 показано позиционирование при помощи устройства поддержки позиционирования.

[0188] На фиг. 159 иллюстрируется категоризация вариантов использования D2D.

[0189] На фиг. 160 показаны некоторые требования, связанные с D2D, в нескольких вариантах использования.

[0190] На фиг. 161 иллюстрируется D2D-связь, поддерживаемая концепцией кластеризации.

[0191] На фиг. 162 показаны комбинации сценариев развертывания NX и возможностей UE.

[0192] На фиг. 163 показана коммутация маршрутов пользовательских данных на уровне 2.

[0193] На фиг. 164 показана архитектура протокола пользовательской плоскости для одиночного скачка (сегмента).

[0194] На фиг. 165 иллюстрируется архитектура протокола пользовательской плоскости для ретрансляции от UE в сеть.

[0195] На фиг. 166 иллюстрируется архитектура протокола пользовательской плоскости для ретрансляции от UE к UE.

[0196] На фиг. 167 показаны протоколы плоскости управления, используемые посредством D2D.

[0197] На фиг. 168 показаны некоторые комбинации сценариев развертывания NX и возможностей UE.

[0198] На фиг. 169 показаны примеры функций управления прямого соединения.

[0199] На фиг. 170 показаны примеры функций измерения, желательных для D2D-связи.

[0200] На фиг. 171 показано формирование луча UE для D2D-связи.

[0201] На фиг. 172 показана примерная схема планирования прямого соединения.

[0202] На фиг. 173 иллюстрируется операция HARQ прямого соединения.

[0203] На фиг. 174 показано выравнивание DRX связи от инфраструктуры к устройству (I2D) и D2D-связи для максимизации длительности выключения (OFF).

[0204] На фиг. 175 показан кластер D2D, осуществляющий связь через границы сот.

[0205] На фиг. 176 показаны отношения между различными режимами множественной возможности соединения.

[0206] На фиг. 177 показан стек протокола пользовательской плоскости для множественной возможности соединения NX.

[0207] На фиг. 178 показана альтернатива, включающая один объект RRC в MeNB.

[0208] На фиг. 179 показана альтернатива, включающая несколько объектов RRC как в MeNB, так и в SeNB.

[0209] На фиг. 180 показана быстрая процедура переключения ролей MeNB и SeNB.

[0210] На фиг. 181 представлена блок-схема, иллюстрирующая пример беспроводного устройства.

[0211] На фиг. 182 показана блок-схема процесса, иллюстрирующая примерный способ в беспроводном устройстве.

[0212] На фиг. 183 показана блок-схема процесса, иллюстрирующая дополнительный примерный

способ в беспроводном устройстве.

[0213] На фиг. 184 показана блок-схема процесса, иллюстрирующая дополнительный примерный способ в беспроводном устройстве.

[0214] На фиг. 185 показана блок-схема процесса, иллюстрирующая дополнительный примерный способ в беспроводном устройстве.

[0215] На фиг. 186 показана блок-схема процесса, иллюстрирующая дополнительный примерный способ в беспроводном устройстве.

[0216] На фиг. 187 показана блок-схема процесса, иллюстрирующая дополнительный примерный способ в беспроводном устройстве.

[0217] На фиг. 188 показана блок-схема процесса, иллюстрирующая дополнительный примерный способ в беспроводном устройстве.

[0218] На фиг. 189 показана блок-схема, иллюстрирующая пример оборудования радиосети.

[0219] На фиг. 190 представлена блок-схема процесса, иллюстрирующая примерный способ в оборудовании радиосети.

[0220] На фиг. 191 представлена блок-схема процесса, иллюстрирующая дополнительный примерный способ в оборудовании радиосети.

[0221] На фиг. 192 представлена блок-схема процесса, иллюстрирующая дополнительный примерный способ в оборудовании радиосети.

[0222] На фиг. 193 представлена блок-схема процесса, иллюстрирующая дополнительный примерный способ в оборудовании радиосети.

[0223] На фиг. 194 представлена блок-схема процесса, иллюстрирующая дополнительный примерный способ в оборудовании радиосети.

[0224] На фиг. 195 представлена блок-схема процесса, иллюстрирующая дополнительный примерный способ в оборудовании радиосети.

[0225] На фиг. 196 представлена блок-схема процесса, иллюстрирующая дополнительный примерный способ в оборудовании радиосети.

[0226] На фиг. 197 представлена блок-схема процесса, иллюстрирующая дополнительный примерный способ в оборудовании радиосети.

[0227] На фиг. 198 представлено другое представление примерного беспроводного устройства.

[0228] На фиг. 199 представлено другое представление примерного оборудования радиосети.

Осуществление изобретения

[0229] Ниже приведены подробные описания концепций, системных/сетевых архитектур и подробные структуры для многих аспектов сети беспроводной связи, предназначенных для удовлетворения требований и вариантов использования для 5G. Термины: "требование", "потребность" или аналогичные термины следует понимать как описывающие желательную функцию или функциональность системы в смысле предпочтительной структуры определенных вариантов осуществления, а не как указание обязательного или существенного элемента всех вариантов осуществления. Таким образом, в дальнейшем каждое требование и каждая возможность, описанные как обязательные, важные, необходимые или описываемые с помощью аналогичных терминов, следует понимать как опциональные.

[0230] В следующем обсуждении, эта сеть беспроводной связи, которая включает в себя беспроводные устройства, сети радиодоступа и базовые сети, упоминается как "NX" (следующее поколение). Следует понимать, что термин "NX" используется здесь как просто ярлык, для удобства. Реализации беспроводных устройств, оборудования радиосети, сетевых узлов и сетей, которые включают в себя некоторые или все функции, описанные в настоящем документе, могут, конечно, называться любым из различных наименований. В будущей разработке спецификаций для 5G, например, могут использоваться термины "New Radio" (новое радио) или "NR", или "NR multi-mode" (многорежимное NR) - будет понятно, что некоторые или все признаки, описанные здесь в контексте NX, могут быть непосредственно применимы к этим спецификациям для NR. Аналогичным образом, в то время как различные технологии и функции, описанные здесь, предназначены для сети беспроводной связи "5G", конкретные реализации беспроводных устройств, оборудования радиосети, сетевых узлов и сетей, которые включают в себя некоторые или все признаки, подробно описанные здесь, могут или не могут быть упомянуты в связи с термином "5G." Настоящее изобретение относится ко всем отдельным аспектам NX, а также к разработкам в других технологиях, таких как LTE, во взаимодействии и межсетевом взаимодействии с NX. Кроме того, каждый такой индивидуальный аспект и каждая такая индивидуальная разработка представляют собой отдельный вариант осуществления изобретения.

[0231] NX, как подробно описано ниже, нацелено на новые варианты использования, например, для автоматизации производства, а также для экстремально мобильной широкополосной связи (MBB) и может быть развернуто в широком диапазоне полос спектра, требующих высокой степени гибкости. Лицензированный спектр остается краеугольным камнем для беспроводного доступа NX, но нелицензированный спектр (как автономный, так и с лицензированной поддержкой) и различные формы совместного использования спектра (например, диапазон 3,5 ГГц в США) изначально поддерживаются. Поддерживается широкий диапазон полос частот, от частот ниже 1 ГГц до почти 100 ГГц. Принципиально важно обеспе-

чить, чтобы NX можно было развертывать во множестве частотных полос, причем некоторые ориентированы на области более низких частот ниже 6 ГГц, некоторые обеспечивают баланс покрытия, проникновения извне в помещения и широкую полосу вплоть до 30 ГГц, и, наконец, некоторые полосы выше 30 ГГц, которые будут обрабатывать широкополосные варианты использования, но, возможно, в ущерб покрытию и повышенной сложности развертывания. Как FDD, так и динамический TDD, где планировщик динамически назначает направление передачи, являются частью NX. Тем не менее, понятно, что большинство практических развертываний NX, вероятно, будет в непарном спектре, что обуславливает важность TDD.

[0232] Ультра-минималистическая структура, в которой передачи являются автономными, с опорными сигналами, передаваемыми вместе с данными, минимизирует широкополосную передачу сигналов. Терминалы не делают никаких предположений относительно содержимого подкадра, если только это не было запланировано. Следствием является значительное повышение энергоэффективности, поскольку сигнализация, не связанная непосредственно с пользовательскими данными, сводится к минимуму.

[0233] Автономные развертывания и тесное межсетевое взаимодействие с LTE также поддерживаются. Такое межсетевое взаимодействие является желательным для последовательного взаимодействия пользователя с NX при использовании в более высоких диапазонах частот или при первоначальном развертывании NX с ограниченным покрытием. Архитектура сети радиодоступа (RAN) может обрабатывать сочетание базовых станций только NX, только LTE или двойного стандарта. eNB соединены друг с другом через новые интерфейсы, которые, как ожидается, будут стандартизированы. Предполагается, что эти новые интерфейсы будут представлять собой эволюцию уже существующих интерфейсов S1 и X2 для поддержки таких функций, как сегментирование сети, активация сигналов по требованию, разделение UP/CP в CN и поддержка нового, соединенного неактивного (сонного) состояния, которое описано в настоящем документе. Как описано ниже, базовые станции LTE-NX могут совместно использовать по меньшей мере интегрированные, более высокие, уровни протокола радиointерфейса (PDCP и RRC), а также общее соединение к пакетному ядру (EPC).

[0234] NX отделяет выделенные передачи данных от функций доступа к системе. Последние включают в себя распространение системной информации, функциональность установления соединения и пейджинг (поисковый вызов). Широковещательная передача системной информации минимизируется и не обязательно передается со всех узлов, обрабатывающих данные пользовательской плоскости. Это разделение помогает формированию луча, улучшает энергоэффективность и поддерживает новые решения по развертыванию. В частности, этот принцип проектирования обеспечивает возможность уплотнения, чтобы увеличить пропускную способность пользовательской плоскости без увеличения нагрузки сигнализации.

[0235] Ниже подробно описана симметричная структура с OFDM в направлении как нисходящей линии связи, так и восходящей линии связи. Для обработки широкого диапазона несущих частот и развертываний, описывается масштабируемая нумерология. Например, высокочастотный узел локальной области использует больший шаг поднесущей и более короткий циклический префикс, чем низкочастотный узел широкой области. Для поддержки очень низкой латентности, предлагается короткий подкадр с быстрым ACK/NACK, с возможностью агрегации подкадра для менее критических к латентности служб. Кроме того, доступ на конкурентной основе является частью NX для облегчения быстрого доступа, инициализированного UE.

[0236] Новые схемы кодирования, такие как полярные коды или различные формы кодов LDPC, могут использоваться вместо турбо-кодов, чтобы облегчить быстрое декодирование высокоскоростной передачи данных с приемлемой площадью чипа. Длинные циклы DRX и новое состояние UE, неактивное RRC, где поддерживается контекст UE RAN, позволяют быстро перейти в активный режим с уменьшенной сигнализацией управления.

[0237] Использование полного потенциала многоантенной технологии является краеугольным камнем структуры NX. Поддерживается гибридное формирование луча, и используются преимущества с цифровым формированием луча. Специфическое для пользователя формирование луча посредством автономной передачи выгодно для покрытия, особенно на высоких частотах. По этой же причине, в качестве предпочтительного компонента предлагается формирование луча UE TX, по меньшей мере для высокочастотных диапазонов. Количество антенных элементов может варьироваться от относительно небольшого числа антенных элементов (например, от 2 до 8) в LTE-подобных развертываниях до многих сотен, где для формирования луча используется большое количество активных или индивидуально управляемых антенных элементов, однопользовательский MIMO и/или многопользовательский MIMO, чтобы раскрыть весь потенциал массивированного MIMO. Опорные сигналы и особенности MAC предназначены для обеспечения возможности использования схем, основанных на взаимности. Многоточечная возможность соединения, при которой терминал одновременно соединяется с двумя или более точками передачи, может использоваться для обеспечения разнесения/надежности, например, для критического MTC, путем передачи одних и тех же данных из нескольких точек.

[0238] NX включает в себя концепцию мобильности, основанной на луче, для эффективной под-

держки формирования луча с высоким усилением. Эта концепция прозрачна для лучевого хэндовера как между, так и внутри-eNB. Когда лучи связи относительно узкие, лучи мобильности должны отслеживать UE с высокой точностью для поддержания хорошего пользовательского опыта и для того, чтобы избежать сбоя связи. Концепция мобильности следует принципу ультра-минималистического проектирования, определяя набор конфигурируемых сетью опорных сигналов мобильности нисходящей линии связи, которые передаются по запросу, когда требуются измерения мобильности от UE. Также описаны методы для мобильности, основанной на измерениях восходящей линии связи, подходящих базовых станций, поддерживающих взаимность.

[0239] Конвергенция доступа-транспортировки достигается с помощью линий связи доступа и транспортных линий связи с использованием одной и той же технологии радиоинтерфейса и динамического совместного использования одного и того же спектра. Это особенно интересно на более высоких частотах с большими величинами доступного спектра, и где покрытию сильно препятствуют физические и практические ограничения. Связь между устройствами, где сеть назначает ресурсы для прямых соединений, предпочтительно является неотъемлемой частью NX. Для сценариев за пределами покрытия, терминалы возвращаются к предварительно назначенным ресурсам прямого соединения.

[0240] Для услуг 5G MBW потребуется целый ряд различных ширин полос. В нижней части шкалы поддержка массированной машинной связности с относительно малой шириной полосы будет определяться общим потреблением энергии в пользовательском оборудовании. В противоположность этому, очень широкая ширина полосы может потребоваться для сценариев высокой пропускной способности, например, 4K видео и будущего мультимедиа. Радиоинтерфейс NX фокусируется на услугах с высокой шириной полосы и проектируется для обеспечения доступности больших и предпочтительно непрерывных распределений спектра.

[0241] Высокоуровневые требования, рассматриваемые системой NX, описанной здесь, включают в себя одно или более из следующих:

1) Поддержка более высоких полос частот с большей шириной полосы несущей и более высокими пиковыми скоростями. Отметим, что это требование мотивирует новую нумерологию, как подробно описано ниже.

2) Поддержка более низкой латентности, которая требует более коротких и более гибких интервалов времени передачи (TTI), новых структур каналов и т.д.

3) Поддержка очень плотных развертываний, энергоэффективных развертываний и интенсивного использования формирования луча, которые обеспечиваются, например, устранением унаследованных ограничений по отношению к CRS, PDCCH и т.д.

4) Поддержка новых вариантов использования, услуг и клиентов, таких как сценарии МТС, включая V2X и т.д. Это может включать более гибкое использование спектра, поддержку очень низкой латентности, более высокие пиковые скорости и т.д.

[0242] Ниже приводится описание архитектуры NX, за которым следует описание радиоинтерфейса для NX. Ниже приводится описание целого ряда технологий и признаков, поддерживаемых архитектурой NX и радиоинтерфейсом. Следует понимать, что, хотя в следующем подробном описании представлено всестороннее обсуждение многих аспектов системы беспроводной связи, где многочисленные преимущества достигаются комбинациями многих описанных признаков и технологий, не обязательно, чтобы все технологии и признаки, описанные здесь, были включены в систему, чтобы система могла извлечь выгоду из раскрытых технологий и признаков. Например, хотя предоставляется подробная информация о том, как NX может быть тесно интегрирована с LTE, автономная версия NX также очень практична. В более общем смысле, за исключением тех случаев, когда данный признак специально описан в настоящем документе как зависящий от другого признака, любое сочетание многих технологий и признаков, описанных в настоящем документе, может быть использовано с выгодой.

1 Архитектура NX

1.1 Обзор логической архитектуры

[0243] Архитектура NX поддерживает как автономные развертывания, так и развертывания, которые могут быть интегрированы с LTE или, возможно, с любой другой технологией связи. В следующем обсуждении большое внимание уделяется случаю интегрирования с LTE. Однако следует отметить, что аналогичные предположения в отношении архитектуры применимы также к отдельному случаю NX или к интеграции с другими технологиями.

[0244] На фиг. 1 показана логическая архитектура высокого уровня для примерной системы, поддерживающей как NX, так и LTE. Логическая архитектура включает в себя как только NX, так и только LTE eNB, а также eNB, поддерживающие как NX, так и LTE. В изображенной системе, eNB соединены друг с другом при помощи выделенного интерфейса от eNB к eNB, обозначенного здесь как интерфейс X2*, и с базовой сетью при помощи выделенного интерфейса от eNB к CN, обозначенного здесь как интерфейс S1*. Конечно, названия этих интерфейсов могут отличаться. Как видно на фигуре, разделение базовой сети/сети радиодоступа (CN/RAN) очевидно, как это было в случае с усовершенствованной пакетной подсистемой (EPS).

[0245] Интерфейсы S1* и X2* могут быть развитием уже существующих интерфейсов S1 и X2, для

того, чтобы облегчить интеграцию NX с LTE. Эти интерфейсы могут быть расширены для поддержки мульти-RAT признаков (функций) для NX и LTE Dual Connectivity (двойной связности) (DC), потенциально новых услуг (IoT или других 5G услуг) и таких функций, как сетевое сегментирование (где, например, различные сегменты и функции CN могут требовать отличающейся структуры CN), активации опорных сигналов мобильности по запросу, новых решений для мульти-связности, потенциально новых разделений UP/CP в CN, нового соединенного неактивного состояния и т.д.

[0246] На фиг. 2 показана та же логическая архитектура, что и на фиг. 1, но теперь она также включает пример внутренней архитектуры eNB, включая возможные разделения протоколов и отображение на различные узлы.

[0247] Ниже приведены особенности архитектуры, обсуждаемой здесь:

LTE и NX совместно используют по меньшей мере интегрированные более высокие уровни протокола радиointерфейса (PDCP и RRC), а также общее S1* соединение с пакетным ядром (EPC);

Протоколы RLC/MAC/PHY в NX могут отличаться от LTE, что означает, что решения агрегации носителей (CA) в некоторых случаях ограничиваются внутри RAT LTE/NX.

Различные опции интеграции уровня RRC обсуждаются в разделе 2.

Использование LTE или NX для UE с поддержкой 5G может быть прозрачным для EPC (если желательно).

Функциональное разделение RAN/CN над S1* основано на разделении, которое используется над S1. Однако заметим, что это не исключает усовершенствования S1* по сравнению с S1, например, для поддержки новых функций, таких как сетевое сегментирование.

Сетевая архитектура 5G поддерживает гибкое размещение (развертывание) функциональности CN (EPC) для каждого пользователя/потока/сетевого сегмента.

Это включает размещение функций EPC UP ближе к RAN (например, в локальном GW), чтобы обеспечить оптимизированную маршрутизацию и низкую латентность.

Это также может включать функции EPC CP ближе к RAN для поддержки автономной работы сети (потенциально вплоть до узла концентратора, как показано на фиг. 2).

Поддерживается централизация PDCP/RRC. Интерфейс между PDCP/RRC и субъектами нижнего уровня не должен быть стандартизирован (хотя он может быть стандартизирован), но он может быть проприетарным (специфическим для поставщика).

Радиointерфейс предназначен для поддержки гибкости архитектуры (допускающей множество возможных функциональных развертываний, например, централизованных/распределенных).

Архитектура также поддерживает полностью распределенные PDCP/RRC (как в случае с LTE, на сегодняшний день).

Для поддержки двойной связности NX/LTE с централизованными PDCP и RRC, NX поддерживает разделение где-то между уровнями RRC/PDCP и физическим уровнем, например, на уровне PDCP. Управление потоком может быть реализовано на X2*, поддерживая разделение PDCP и RLC в разных узлах.

PDCP разделен на PDCP-C (используется для SRB) и PDCP-U (используется для URB), что может быть реализовано и развернуто в разных местах.

Архитектура поддерживает разделения, основанные на CPRI между RU и BBU, но также и другие разделения, когда какая-нибудь обработка перемещается к RU/антенне, чтобы снизить требуемую BW транспортировки навстречу BBU (например, при поддержке очень большой BW, множества антенн).

[0248] Отметим, что, несмотря на вышесказанное, возможны альтернативные разделения RAN/CN при сохранении многих функций и преимуществ, описанных здесь.

1.2 Состояния UE в NX и LTE

1.2.1 Введение

[0249] В этом разделе обсуждаются различные состояния UE в NX и LTE, особое внимание уделяется состоянию сна UE. В LTE поддерживаются два разных состояния сна:

ECM_IDLE/RRC_IDLE, где в UE хранится только контекст базовой сети (CN). В этом состоянии, UE не имеет контекста в RAN и известно на уровне области отслеживания (или в списке областей отслеживания). (Контекст RAN создается снова во время перехода на RRC_CONNECTED) Мобильность управляется UE, на основе параметров повторного выбора соты, предоставляемых сетью;

ECM_CONNECTED/RRC_CONNECTED с настроенным UE DRX. В этом состоянии UE известно на уровне соты, и сеть управляет мобильностью (хэндовера).

[0250] Из этих двух состояний, ECM_IDLE/RRC_IDLE является основным состоянием сна UE в LTE для неактивных терминалов. Также используется RRC_CONNECTED с DRX, однако UE, как правило, переходит в RRC_IDLE после X секунд неактивности (где X конфигурируется оператором и обычно находится в пределах от 10 до 61 с). Причины, по которым может быть нежелательным поддерживать UE в RRC_CONNECTED дольше при DRX, включают ограничения в пропускной способности eNB HW или лицензии SW, или другие аспекты, такие как несколько более высокий расход батареи UE или желание снизить количество отказов хэндовера (KPI).

[0251] Поскольку операторы конфигурируют таймер соединенного RRC на довольно малую дли-

тельность, то данные из работающих сетей LTE показывают, что UE, как правило, в среднем выполняют в десять раз больше переходов из состояния ECM_IDLE в состояние ECM_CONNECTED, чем хэндоверов X2, что указывает на то, что для многих переходов между состояниями, UE возвращается в тот же eNB или соту, что и раньше. Данные из работающих сетей также показывают, что большинство соединений RRC передают менее 1 Кбайт данных.

[0252] Учитывая, что инициирование передачи данных из ECM_IDLE в LTE связано со значительно большей сигнализацией по сравнению с передачей данных из "RRC_CONNECTED с DRX", состояние "RRC_CONNECTED с DRX" было улучшено в NX, чтобы стать основным состоянием сна. Усовершенствование включает в себя добавление поддержки управляемой UE мобильности в пределах локальной области, таким образом избегая потребности для сети активно контролировать мобильность UE. Следует отметить, что этот подход допускает возможность дальнейшего развития решения LTE для создания общего RRC соединенного состояния сна для NX и LTE.

[0253] Ниже приведены особенности этого состояния сна NX UE, которое упоминается здесь как RRC_CONNECTED DORMANT (или RRC DORMANT для краткости):

Оно поддерживает DRX (от мс до часов);

Оно поддерживает управляемую UE мобильность, например, UE может перемещаться в зоне отслеживания RAN (TRA) или списке TRA без уведомления сети (TRA (списки) охватывают LTE и NX).

Переход в и из этого состояния является быстрым и легким (в зависимости от сценария, будь то оптимизированного для экономии энергии или для характеристики быстрого доступа), что стало возможным в результате сохранения и возобновления контекста RAN (RRC) в UE и в сети (см. раздел 2.1.5.6).

[0254] Когда дело доходит до подробных решений того, как поддерживается это состояние RRC DORMANT, существуют различные варианты, основанные на разной степени участия CN. Один из вариантов является следующим:

CN не знает, находится ли UE в RRC_CONNECTED DORMANT или RRC_CONNECTED ACTIVE (описано ниже), что означает, что соединение S1* всегда активно, когда UE находится в RRC_CONNECTED, независимо от подсостояния;

UE в состоянии RRC DORMANT разрешено перемещаться в пределах TRA или списка TRA без уведомления сети.

Поисковый вызов инициируется посредством eNB, когда пакет приходит по S1*. MME может помочь eNB путем пересылки сообщений поискового вызова, когда нет возможности соединения X2* со всеми eNB в области поискового вызова.

Когда UE связывается с сетью из состояния RRC DORMANT в узле RAN, который не имеет контекста UE, узел RAN пытается извлечь контекст UE из узла RAN, хранящего контекст. Если это успешно, процедура выглядит как хэндовер LTE X2 в CN. Если извлечение безуспешно, контекст UE заново создается из CN.

Область, в которой UE разрешено перемещаться без уведомления сети, может включать в себя набор областей отслеживания RAN и покрывает как LTE, так и NX RAT, что позволяет избежать необходимости сигнализировать при переключении RAT в RRC DORMANT.

[0255] В дополнение к состоянию RRC DORMANT (оптимизированному для энергосбережения), существует состояние RRC_CONNECTED ACTIVE (RRC ACTIVE), используемое для фактической передачи данных. Это состояние оптимизировано для передачи данных, но позволяет UE переходить в микросон, благодаря конфигурации DRX, для сценариев, когда данные не передаются, но требуется очень быстрый доступ. Это может называться конфигурацией мониторинга в состоянии RRC ACTIVE. В этом состоянии мобильность на уровне соты UE или луча контролируется и известна сети.

1.2.2 Рассмотрение состояний UE с тесной интеграцией NX и LTE

[0256] Рассмотрение тесной интеграции между NX и LTE (см. Раздел 2.7), желание иметь управляемое RAN состояние сна в NX стимулирует требования также поддерживать управляемое RAN состояние сна в LTE для UE с поддержкой NX/LTE.

[0257] Причиной этого является то, что для поддержки тесной интеграции NX и LTE, для LTE и NX желательно общее соединение S1*. Если управляемое RAN состояние сна введено на стороне NX, было бы очень полезно иметь подобное состояние сна на стороне LTE, также с активным соединением S1*, чтобы спящее UE могло перемещаться между NX и LTE без выполнения сигнализации для установки и разрыва соединения S1*. Этот тип меж-RAT повторного выбора между LTE и NX может быть довольно распространенным, особенно во время ранних развертываний NX. Соответственно, в LTE должно быть введено общее состояние сна на основе RAN, называемое RRC_CONNECTED DORMANT. Поведение UE в этом состоянии подобно тому, что определено для приостановки/возобновления LTE RRC, однако поисковый вызов выполняется посредством RAN, а не CN, поскольку соединение S1* не разрывается, когда RRC приостанавливается.

[0258] Аналогично, желательно общее состояние RRC_CONNECTED ACTIVE между NX и LTE. Это состояние характеризуется тем, что UE с поддержкой NX/LTE активно либо в NX, либо в LTE, либо в обоих. То, является ли UE активным в NX или LTE, или в обоих, является аспектом конфигурации в рамках RRC ACTIVE, и эти условия не должны рассматриваться как разные подсостояния, поскольку

поведение UE аналогично независимо от того, какая RAT активна. Например, в случае, когда активно только одна из линий связи, независимо от того, какая линия связи, UE конфигурируется для передачи данных по одной линии связи и выполнения измерений в другой, для целей двойной связности и мобильности. Более подробная информация приведена в разделе 2.

1.2.3 Описание состояний NX/LTE

[0259] На фиг. 3 показаны состояния UE в LTE/NX, где LTE поддерживает общие состояния RRC_CONNECTED ACTIVE и RRC_CONNECTED DORMANT, рассмотренные выше. Эти состояния описаны ниже.

Отсоединенное (RRC не сконфигурировано)

Состояние EMM_DETACHED (или EMM_NULL), определено в усовершенствованной пакетной подсистеме (EPS), когда UE выключено или еще не присоединилось к системе.

В этом состоянии UE не имеет IP-адреса и недоступно из сети.

То же самое состояние EPS действительно как для доступа NX, так и для LTE.

ECM/RRC_IDLE

Это состояние похоже на текущее состояние ECM_IDLE в LTE. Это состояние может быть опциональным.

В случае, если это состояние сохраняется, то желательно, чтобы циклы поискового вызова и области отслеживания RAN были выровнены между поисковым вызовом, основанным на RAN в RRC DORMANT, и поисковым вызовом, основанным на CN в ECM_IDLE, так как в этом случае UE может прослушивать как поисковый вызов, основанный на CN, так и поисковый вызов, основанный на RAN, что позволяет обнаружить UE, если контекст, основанный на RAN, потерян.

RRC_CONNECTED ACTIVE (состояние RRC)

UE является RRC сконфигурированным, к примеру, оно имеет одно соединение RRC, одно соединение SI* и один контекст RAN (включая контекст безопасности), причем эти соединения могут быть действительными как для LTE, так и для NX, в случае UE двойного радио.

В этом состоянии возможно, в зависимости от возможностей UE, передавать и принимать данные от/к NX или LTE, или обоих (конфигурируется RRC).

В этом состоянии UE сконфигурировано по меньшей мере с обслуживающей сотой LTE или с обслуживающим лучом NX и может при необходимости быстро настроить двойную связность между NX и LTE. UE контролирует каналы планирования нисходящей линии связи по меньшей мере одной RAT и может получать доступ к системе через, например, запросы планирования, отправленные в UL.

Мобильность контролируемого сетью луча/узла: UE выполняет измерения соседнего луча/узла и отчеты об измерениях. В NX, мобильность в основном основана на сигналах NX, таких как TSS/MRS, а в LTE используется PSS/SSS/CRS. NX/LTE знает лучший луч (или лучший набор лучей) UE и его лучшую(ие) LTE-соту(ы).

UE может получать системную информацию через, например, SSI/AIT и/или через выделенную сигнализацию NX или посредством LTE процедуры получения информации о системе.

UE может быть сконфигурировано при помощи DRX как в LTE, так и в NX для того, чтобы обеспечивать возможность микро-снов (в NX иногда упоминается как режим отслеживания луча или мониторинга). Скорее всего, DRX координируется между RAT для UE, которые активны в обеих RAT.

UE может быть сконфигурировано для выполнения измерений на неактивной RAT, которая может использоваться для установки двойной связности, для целей мобильности или просто использовать как в качестве запасного варианта, если покрытие активной RAT потеряно.

RRC_CONNECTED DORMANT (состояние RRC)

UE является RRC-сконфигурированным, к примеру, UE имеет одно соединение RRC и один контекст RAN независимо от доступа.

UE может контролировать NX, LTE или обе, в зависимости от покрытия или конфигурации. Повторная активация соединения RRC (для входа в RRC ACTIVE) может осуществляться через NX или LTE.

Поддерживается управляемая UE мобильность. Это может быть повторный выбор соты в случае только покрытия LTE или выбор области отслеживания RAN NX в случае покрытия только NX. Альтернативно, это может быть совместно оптимизированный повторный выбор соты/области для перекрытия покрытия NX/LTE.

Специфический для UE DRX может быть сконфигурирован при помощи RAN. DRX в основном используется в этом состоянии для обеспечения различных циклов энергосбережения. Циклы могут быть сконфигурированы для каждой RAT отдельно, однако может потребоваться некоторая координация для обеспечения длительного срока службы батареи и высокой вероятности успеха поискового вызова. Поскольку сигналы NX имеют конфигурируемую периодичность, существуют способы, которые позволяют UE идентифицировать изменения и адаптировать свои циклы DRX.

UE может получать системную информацию через SSI/AIT в NX или через LTE. UE контролирует общие каналы NX (например, канал поискового вызова NX) для обнаружения входящих вызовов/данных, изменений AIT/SSI, уведомления ETWS и уведомления CMAS.

UE может запрашивать системную информацию через предварительно сконфигурированный канал RACH.

2 Радиоинтерфейс: функции, процедуры, каналы и сигналы

[0260] В этом разделе описаны функции и услуги радиоинтерфейса, предоставляемые различными уровнями протокола, а также предпочтительные функциональные концепции различных уровней. В разделе 2.1 описывается протокол управления радиоресурсами (RRC), в разделе 2.2 описывается уровень MAC, и, наконец, в разделе 2.3 описывается физический уровень. Некоторые функции RAN формально растягиваются на несколько уровней, но все еще могут быть описаны в одном разделе для упрощения представления. В некоторых случаях, соответствующие аспекты протокола могут быть описаны в разделе 3.

2.1 Протокол управления радиоресурсами (RRC)

2.1.1 Описание

[0261] RRC - это протокол сигнализации, используемый для конфигурирования и управления UE. RRC полагается на более низкие уровни для безопасности (шифрование и защита целостности), сегментации и надежной доставки сообщений сигнализации. Нет каких-либо подробных предположений относительно того, когда сообщение RRC было доставлено, это делает сообщения RRC асинхронными по отношению к временной диаграмме радиосвязи. RRC подходит для сообщений любого размера, которые требуют надежной доставки, таких как конфигурация UE.

2.1.2 Обеспечиваемые функции

[0262] Многие из тех же базовых функций и процедур, которые определены в LTE RRC, также используются в NX RRC, например, управление безопасностью и соединением, конфигурация измерений и т.д. Однако здесь описаны новые функциональные возможности. Одной из новых функциональных возможностей является то, что протокол RRC обрабатывает как автономную работу NX, так и совместную работу NX и LTE, при этом сохраняя конфигурации нижних уровней NX и LTE самодостаточными. Дальнейшие принципы проектирования для реализации тесной интеграции с точки зрения RRC сформулированы далее.

Предусмотрен быстрый переход состояния из спящего режима (см. раздел 1) к активному режиму. Это достигается путем хранения контекста UE в RAN.

Предусмотрена мобильность спящего состояния, когда UE способно перемещаться между RAT и узлами (в пределах области маршрутизации) без уведомления сети.

Поисковый вызов RAN в спящем режиме поддерживается как и в NX, так и в LTE.

Поддерживается координированный переход состояния, при котором происходит совместный переход состояний в обеих RAT.

Сигнализация RRC оптимизирована таким образом, что радиолинии на обеих RAT могут быть установлены/перемещены/освобождены в одно и то же время.

Соединение S1* может поддерживаться без какой-либо дополнительной настройки соединения при переключении между LTE и NX.

Гибкие процедуры, в которых поддерживаются как объединенная, так и независимая конфигурация (один уровень). Это может применяться к установке, мобильности, реконфигурации и освобождению радиолиний.

Структура устойчива для будущего, так что новые функциональные возможности RRC (например, для охвата новых вариантов использования и поддержки сетевого секционирования) могут быть добавлены без существенного влияния на технические характеристики.

[0263] Архитектуры, которые реализуют эти принципы проектирования, можно разделить на два варианта: одиночный протокол RRC и двойной протокол RRC, как описано в разделах 2.1.4.1 и 2.1.4.2, соответственно.

[0264] Другие новые функциональности NX RRC включают поддержку нового неактивного состояния, как описано в разделе 1, и новые способы доставки системной информации, см. главу 3.2. Управление мобильностью на основе луча, как описано в главе 3.5, может привести к дополнительным изменениям. Новая структура для сигнализации возможностей UE описана в разделе 2.1.5.3.

[0265] RRC участвует в обмене сообщениями в не относящемся к доступу слое (NAS) между UE и CN и предоставляет различные функции плоскости управления как на UE, так и на eNB:

Управление соединением:

Создание, обслуживание и освобождение соединения RRC

Деактивация и повторная активация соединения RRC

Установка, обслуживание и освобождение радиоканала-носителя

Конфигурации мультисвязности

Поисковый вызов UE

Передача возможностей UE

Управление радиоресурсами:

Конфигурация радиоресурсов для соединения RRC и конфигурация нижних уровней

Управление конфигурацией радиосвязи, включая, например, назначение/изменение конфигурации

ARQ, конфигурацию HARQ, конфигурацию DRX

Конфигурация измерений и управление мобильностью

Отчетность об измерении UE и контроль за отчетностью

Функции мобильности (внутри-/межчастотный хэндовер и меж-RAT хэндовер)

Управление радиодоступом, например, запрет классов доступа

Управление услугами и безопасностью:

Услуги MBMS

Функции управления QoS

Безопасность слоя доступа (AS)

[0266] Разделенная архитектура с RRC, завершающимся в централизованном узле, как описано в разделе 1, также влияет на функции, поддерживаемые RRC. Некоторые функции менее подходят для централизованной реализации вдали от эфирного интерфейса, например:

Отчеты об измерениях для лучей. Результаты измерений, поддерживающие внутри-узловое переключение луча, могут обрабатываться на нижнем уровне, см. раздел 2.1.5.8.

Ресурсы эфирного интерфейса конфигурируются динамически во время соединений. В LTE, сигнализация ресурсов физического канала управления восходящей линии связи (PUCCH) при синхронизации и пакетировании TTI была проблемой.

2.1.3 Архитектура

2.1.3.1 Идентификаторы NX, связанные с процедурами RAN L3

[0267] Существует несколько идентификаторов NX, участвующих в процедурах RAN L3 (в частности, процедуры RRC), которые будет уместно описать. Эти идентификаторы могут иметь решающее значение для процедуры как таковой или могут быть идентификаторами, используемыми другими уровнями или функциями, и просто переносятся сообщением RAN L3. Последнее, конечно, менее уместно в данном контексте, но в некоторых случаях оно заслуживает упоминания.

[0268] Ряд обстоятельств мотивируют введение новых идентификаторов для NX вместо простого повторного использования идентификаторов из LTE. Некоторыми из этих обстоятельств являются следующие:

Новая функциональность, которая отсутствует в LTE, такая как:

Новое состояние, как в неактивном состоянии.

Внутренний поисковый вызов RAN.

Принцип минималистичного проектирования, который минимизирует данные, которые часто широкоэвентуально передаются по радиоинтерфейсу.

Интенсивное использование формирования луча, которое на практике исключает традиционную концепцию соты.

Потенциально распределенная архитектура RAN.

[0269] Отметим, что обычно желательно гармонизировать протоколы RRC для LTE и NX, и, следовательно, некоторые связанные идентификаторы могут быть применимы как в LTE, так и в NX.

[0270] В этом разделе представлен обзор таких идентификаторов NX, кратко описывающих такие аспекты, как использование и внутренняя структура.

[0271] Идентификаторы, обсуждаемые здесь, помещены, каждый, в одну из двух категорий:

Идентификаторы UE

Идентификаторы сетевых узлов, областей или объектов

2.1.3.1.1 Идентификаторы UE

Идентификатор RRC-контекста UE

[0272] Повторное использование временного идентификатора сотовой радиосети (C-RNTI) для этой цели не подходит. Одна из причин заключается в том, что концепция соты не используется в NX. Другая причина заключается в том, что C-RNTI связан с другой функциональностью таким образом, что создает нежелательные зависимости. Третья причина заключается в том, что идентификатор RRC-контекста UE имеет совершенно другую цель в NX, например, для поддержки извлечения контекста.

[0273] Идентификатор RRC-контекста UE идентифицирует RRC-контекст UE в RAN и, следовательно, является уникальным в пределах всего RAN. В случае общего объекта RRC идентификатор контекста UE UR действителен как для LTE, так и для NX. Сеть может предоставлять идентификатор RRC-контекста UE на UE в любое время, пока UE находится в активном состоянии. Например, сеть может сделать это в сочетании с настройкой соединения RRC (см. раздел 2.1.5) при создании контекста, чтобы гарантировать, что UE имеет его в случае, если оно потеряет соединение (например, в случае отказа радиолинии). В качестве альтернативы или дополнительно, сеть может выбирать передачу идентификатора RRC-контекста UE к UE, когда UE переходит в неактивное состояние, чтобы избежать непроизводительных издержек на управление для перераспределения идентификатора RRC-контекста UE в UE каждый раз, когда UE перемещается к новому узлу RAN.

[0274] Идентификатор RRC-контекста UE используется для извлечения контекста между узлами RAN в потенциальных процедурах, таких как переход от неактивного к активному состоянию (см. раздел 2.1.5.6), отслеживание обновления области RAN в неактивном состоянии восстановление отказа радио-

линии. Он должен идентифицировать RAN-контекст UE в сценарии меж-RAN узла. То есть он должен идентифицировать узел RAN, содержащий контекст (например, "узел привязки", например, узел доступа (AN), функцию радиоконтроллера (RCF) или какой-либо другой контроллер, такой как головка кластера), и определять контекст в этом узле RAN. Следовательно, он содержит идентификатор узла привязки RAN и локальный идентификатор контекста, выделенный узлом привязки RAN. Идентификатор узла привязки RAN является идентификатором узла RAN, описанным ниже. Он может использоваться также в других контекстах и заслуживает отдельного описания.

[0275] Идентификатор локального контекста имеет только внутреннее значение узла RAN. Это может быть MAC-id, который используется для адресации UE для сигнализации управления нисходящей линии связи, но в стремлении сохранить независимость между идентификаторами, которые используются для разных целей, предпочтительно, чтобы идентификатор локального контекста был идентификатором, отдельным от MAC-id. Кроме того, требуемый диапазон отличается для MAC-id и идентификатора локального контекста. Не учитывая возможные схемы повторного использования, диапазон MAC-id может предоставлять уникальный идентификатор всем UE, которые одновременно находятся в активном состоянии в соответствующей области (предположительно, узле доступа), тогда как диапазон идентификатора локального контекста может поддерживать все UE, которые находятся либо в активном состоянии, либо неактивном состоянии в узле. Последние могут включать в себя, по существу, большее количество UE, и, следовательно, больший диапазон желателен для идентификатора локального контекста.

Идентификатор UE для внутреннего поискового вызова RAN

[0276] Для этой цели не существует соответствующего идентификатора для повторного использования с LTE, поскольку LTE не поддерживает внутренний поисковый вызов RAN.

[0277] Целью этого идентификатора является идентификация UE, когда осуществляется поисковый вызов UE в процессе процедуры внутреннего поискового вызова RAN. Для внутреннего поискового вызова RAN, UE тесно ассоциировано с уже существующим RRC-контекстом UE. Это делает идентификатор RRC-контекста UE естественным кандидатом, используемый при поисковом вызове UE. Поскольку эта тесная ассоциация делает маловероятным, что зависимость от идентификатора контекста RAN UE вызовет проблемы в будущем, для этой цели можно использовать идентификатор RRC-контекста UE.

Идентификатор UE для ответа UE на внутренний поисковый вызов RAN

[0278] Для этой цели не существует соответствующего идентификатора для повторного использования с LTE, поскольку LTE не поддерживает внутренний поисковый вызов RAN.

[0279] Когда UE отвечает на внутренний поисковый вызов RAN, оно должно предоставлять идентификатор, который позволяет находить RRC-контекст UE. Ссылка на сообщение поискового вызова, например, идентификатор поискового вызова, будет достаточной, но использование более "автономного" идентификатора допускает более гибкую процедуру поискового вызова, например, когда UE отвечает узлу RAN, который не был задействован в поисковом вызове. Отношение к RRC-контексту UE делает идентификатор RRC-контекста UE естественным кандидатом, который будет использоваться для этой цели (тем более что ответ поискового вызова может считаться переходом из неактивного в активное состояние).

Идентификатор UE для перехода из неактивного в активное состояние

[0280] Это новый переход состояния, которого нет в LTE, и, следовательно, для повторного использования не существует соответствующего идентификатора LTE.

[0281] Сообщение UE в сети в сочетании с переходом из неактивного в активное состояние должно включать местоположение RRC-контекста UE. Это делает идентификатор RRC-контекста UE естественным кандидатом.

Сводка идентификаторов UE

[0282] Все вышеописанные идентификаторы (идентификатор RRC-контекста UE, идентификатор UE для внутреннего поискового вызова RAN, идентификатор UE для ответа UE на внутренний поисковый вызов RAN и идентификатор UE для перехода из неактивного в активное состояние) могут быть одним и тем же, поскольку все они имеют возможность находить и идентифицировать RRC-контекст UE в сценарии меж-RAN узла.

2.1.3.1.2 Идентификаторы сетевых узлов, областей или объектов

Идентификатор узла RAN

[0283] В идентификаторе узла RAN есть новые характеристики, которые препятствуют повторному использованию идентификатора eNB в LTE.

[0284] Идентификатор узла RAN, который будет видим через радиоинтерфейс, полезен для различных действий SON, таких как автоматическое отношение соседей (ANR) и запись мобильности в режиме неактивности/ожидания, чтобы способствовать планированию радиосети (см. раздел 3.9). (Также возможно использовать MRS, специфические для узлов, в целях ANR). Это также полезно в сети для извлечения контекста и установки интерфейсов и соединений между узлами RAN (например, X2*). Хотя идентификатор узла RAN в некоторых смыслах соответствует eNB ID в LTE, идентификатор узла RAN в NX служит аналогичным целями в NX, как глобальный идентификатор соты E-UTRAN (ECGI) делает это в LTE из-за отсутствия концепции сот в NX.

[0285] Две цели проектирования, которые релевантны в этом контексте, состоят в том, чтобы минимизировать постоянно включенные передачи в сети и воздерживаться от предоставления сигналов, которые могут использоваться для целей позиционирования приложениями технологии OTT (предоставления видеослужб через Интернет).

[0286] Для удовлетворения первой из этих двух целей проектирования, идентификатор узла RAN может быть передан по радиоинтерфейсу по мере необходимости. С этой целью, идентификатор узла RAN не передается по радиоинтерфейсу по умолчанию, но узел RAN может запросить базовую сеть предписывать активацию (или базовая сеть может инициировать это сама) передачу идентификатора узла RAN в соответствующей области для поддержки ANR или других функций SON. Опционально, узел RAN может указывать в запросе то, в какой области ему желательно активировать передачи идентификатора узла RAN, например, определенной как географическая область.

[0287] Для выполнения второй цели проектирования, динамически назначенный, не систематически выбранный идентификатор узла RAN используется на радиоинтерфейсе вместо статического идентификатора узла RAN. Чтобы позволить динамическому идентификатору узла RAN по-прежнему выполнять свое назначение в сети, сеть обеспечивает (внутрисетевое) преобразование динамического идентификатора узла RAN в "фактический" статический идентификатор узла RAN, который, в свою очередь, может быть преобразован, при необходимости, в IP-адрес (или динамический идентификатор узла RAN может использоваться непосредственно для поиска IP-адреса). Подход с внутрисетевым преобразованием динамически изменяемого идентификатора аналогичен подходу, описанному для опорного сигнала позиционирования (PRS) (см. раздел 3.10) и общее решение может быть использовано для обоих случаев.

Код области отслеживания RAN

[0288] В LTE нет областей отслеживания RAN и, следовательно, нет идентификатора для повторного использования в LTE.

[0289] Код области отслеживания RAN (TRAC) определяет область отслеживания RAN (TRA) в пределах одной сети, в той степени, в которой используются такие области. Это может использоваться в сочетании с конфигурацией UE в неактивном состоянии со списком TRA и будет регулярно передаваться сетью для UE для отслеживания его текущей TRA и сообщения обновления местоположения в сеть, если UE перемещается в TRA, которая не находится в его сконфигурированном списке TRA. Как и в случае с кодом области отслеживания, нет реальной необходимости предусматривать какую-либо внутреннюю структуру. См. также раздел 3.2.

Распределитель фазы для циклов DRX поискового вызова

[0290] В LTE, IMSI modulo (по модулю) 1024 используется в качестве входного параметра для процедуры случая (события) поискового вызова. Его цель состоит в том, чтобы распределять фазу цикла DRX поискового вызова среди UE для того, чтобы кумулятивная нагрузка поискового вызова UE была распределена более равномерно.

[0291] Параметр с аналогичной функцией может быть желательным для внутреннего поискового вызова RAN в NX, в зависимости от процедуры, которая выполняется для событий поискового вызова. Отметим, что это не идентификатор как таковой, но с введением внутреннего поискового вызова RAN он становится параметром, который заслуживает обсуждения.

[0292] Если в NX используется такая же или аналогичная процедура, что и в LTE, то один подход предназначен для узла RAN привязки (узла RAN, поддерживающего соединение S1*), чтобы генерировать 10-битовое число (такое же количество битов, как в IMSI modulo 1024) и конфигурировать UE с ним как часть конфигурации поискового вызова для UE в неактивном состоянии. Это число также будет включено в сообщение внутреннего поискового вызова RAN, распространяемое от узла RAN привязки к другим узлам RAN, которые участвуют в поисковом вызове UE. При таком выборе параметра никакие данные, связанные с IMSI, не хранятся в RAN.

[0293] Альтернативой является получение этого числа из идентификатора RRC-контекста UE, например, идентификатора RRC-контекста UE modulo 1024. Это имеет преимущество по сравнению с произвольным 10-битовым числом, поскольку оно не должно передаваться как отдельный параметр к UE и в распространяемом сообщении внутреннего поискового вызова RAN, поскольку оно будет неявно содержаться в идентификаторе RRC-контекста UE, который в любом случае включен в эти сообщения.

[0294] Еще один вариант заключается в том, что базовая сеть передает параметр IMSI modulo 1024 к узлу RAN как часть контекста UE S1* при установлении соединения S1*, и что это число используется так же, как и в LTE. Если одна и та же процедура события поискового вызова используется для внутреннего поискового вызова RAN UE в неактивном состоянии и инициированного базовой сетью поискового вызова UE в неактивном состоянии, то события поискового вызова для внутреннего поискового вызова RAN и инициированного базовой сетью поискового вызова совпадают с этой альтернативой. Это свойство может предпочтительным образом использоваться для эффективного устранения ошибок, когда UE и сеть имеют различные представления о том, в каком состоянии (неактивном состоянии или состоянии ожидания) находится UE.

Идентификатор виртуального луча

[0295] Эта концепция не имеет соответствия в LTE и, следовательно, нет идентификатора LTE для

повторного использования.

[0296] Идентификатор виртуального луча - это абстракция физического луча или группы физических лучей. Таким образом, он адаптирован для использования процедурами сигнализации между узлами на стороне сети. Идентификатор виртуального луча участвует в активации потенциальных целевых лучей в процедурах мобильности активного режима между узлами RAN и в процедурах SON.

[0297] Этот идентификатор используется внутри сети (не передается к UE).

Идентификатор луча

[0298] Эта концепция не имеет реального соответствия в LTE и, следовательно, нет подходящего идентификатора LTE для повторного использования.

[0299] Луч идентифицируется на L1 определенным, динамически назначаемым опорным сигналом, например, опорным сигналом мобильности и доступа (MRS). Может не иметься никакого другого идентификатора, передаваемого в луче, для целей идентификации луча. Однако более высокие уровни протокола должны иметь возможность ссылаться на луч или опорный сигнал, например, когда RRC используется для конфигурирования UE с MRS для измерения во время последовательности измерений. Для такого использования, сама последовательность опорного сигнала очень непрактична, и вместо этого желательна абстракция более высокого уровня. Следовательно, некоторый вид ссылки или индекса предпочтительно используется, чтобы ссылаться на опорный сигнал, например, индекс MRS или индекс C-RS. Такой индекс может передаваться между узлами RAN, а также между узлом RAN и UE.

Идентификатор контекста PDCP

[0300] Идентификатор контекста PDCP является релевантным в сценариях распределенной архитектуры узлов RAN, где обработка RRC и обработка PDCP расположены в разных физических объектах, например, PDCP в функции обработки пакетов (PPF) и RRC в функции радиуправления (RCF), расположенных в физически отдельных узлах. Такие распределенные архитектуры узлов RAN не стандартизированы в LTE и, следовательно, нет идентификаторов LTE для повторного использования. (Отметим, что в продуктах eNB может использоваться соответствующий проприетарный идентификатор, и в этом случае, если желательно и, если только такой идентификатор не специфицирован в NX, может быть повторно использован специфичный для продукта/внутренний идентификатор.)

[0301] В той степени, в какой каналы-носители используются в NX таким образом, как и в LTE, с контекстом PDCP для каждого канала-носителя, идентификатор канала-носителя в сочетании с идентификатором UE (например, идентификатор RRC-контекста UE) может использоваться для идентификации определенного контекста PDCP.

[0302] В противном случае, если концепция канала-носителя заменена чем-то другим, то будет необходима другая концепция для идентификатора PDCP. В таком случае, идентификатор контекста PDCP может быть присвоен по тем же принципам, что и идентификатор соединения S1, где каждый объект присваивает свой собственный идентификатор и информирует другую часть. Таким образом, объект PDCP присваивает свой собственный идентификатор контекста PDCP и информирует объект RRC после контакта с ним объекта RRC.

[0303] Если между объектом RRC и объектом PDCP существует взаимно однозначное отображение, то идентификатор контекста PDCP может использоваться как ссылка в обоих направлениях, но если объект RRC может иметь отношение к нескольким объектам PDCP, то идентификатор контекста PDCP должен быть объединен с идентификатором контекста RRC, чтобы однозначно идентифицировать отношение объектов RRC-PDCP. Идентификатор RRC-контекста UE может быть повторно использован для этой цели, и предполагая, что распределенные объекты логически формируют отдельный узел RAN (например, "виртуальный узел RAN"), локальная часть идентификатора контекста полного идентификатора RRC-контекста UE будет достаточной. Отметим, что термины "объект" и "контекст" не следует путать. В этом описании идентификатора, "объект" относится к физическому обрабатываемому объекту, например реализации PDCP в физическом узле. "Контекст", с другой стороны, относится к данным, ассоциированным с конкретным образцом обработки PDCP, например, для определенного канала-носителя или потока трафика UE.

[0304] Этот идентификатор используется внутри сети (не передается к UE). Отметим, что интерфейс(ы), который мотивировал бы идентификатор контекста PDCP, в настоящее время не стандартизирован. До тех пор, пока он не будет стандартизирован для NX, то это остается внутренним делом продукта, и каждый производитель может выбрать то, что лучше всего подходит для его конкретной реализации.

Идентификатор контекста для протоколов нижнего уровня

[0305] Идентификаторы контекста для протоколов более низкого уровня могут быть релевантными в сценариях распределенной архитектуры узлов RAN, например, с RLC и MAC в функции базовой полосы (BBF) и RRC в функции радиуправления (RCF), расположенных в физически отдельных узлах. В таком случае, для надлежащей конфигурации объекта RRC могут потребоваться ссылки на релевантные объекты. Такие распределенные архитектуры узлов RAN не стандартизированы в LTE и, следовательно, нет идентификаторов LTE для повторного использования. (Однако в продуктах eNB может быть соответствующий проприетарный идентификатор. В этом случае, если желательно и, если такой идентифика-

тор не указан в NX, можно повторно использовать специфический для продукта/внутренний идентификатор.)

[0306] Предполагая стек LTE-подобных протоколов, для каждого канала-носителя есть контекст RLC, и его идентификатор можно обрабатывать таким же образом, как описано выше для идентификатора контекста PDCP.

[0307] Объект MAC, с другой стороны, является распространенным для всех каналов-носителей UE, для каждой ветви связности в случае двойной/множественной (мульти-) связности, поэтому идентификатор контекста MAC в принципе должен только идентифицировать UE и, как было указано выше, идентификатор RRC-контекста UE или его локальная часть, может быть повторно использован для этой цели. Эти идентификаторы используются внутри сети (не передаются к UE).

[0308] Отметим, что интерфейс(ы), который требует такого идентификатора(ов), в настоящее время не стандартизирован. До тех пор, пока он не будет стандартизирован для NX, это остается внутренним делом продукта, и каждый производитель может выбрать то, что лучше всего подходит для его конкретной реализации.

Идентификаторы соединений S1* и X2*

[0309] В LTE, идентификатор соединения S1 идентифицирует соединение плоскости управления S1, ассоциированное с UE, и является действительным до тех пор, пока UE находится в состоянии RRC_CONNECTED и ECM-CONNECTED (eNB UE S1AP ID, MME UE S1AP ID). (С введением механизма приостановки/возобновления в LTE, выпуск 13, соединение плоскости управления S1 может быть сохранено даже тогда, когда UE переходит к состоянию RRC_IDLE.) Соответствующий идентификатор X2 определяет кратковременное ассоциированное с UE отношение между двумя eNB во время процедуры хэндовера (старый eNB UE X2AP ID, новый eNB UE X2AP ID).

[0310] Для идентификаторов соединений S1* и X2* может использоваться тот же принцип, что и используемый в настоящее время для S1 и X2, с локально назначенными и локально значимыми идентификаторами. Подобное повторное использование принципов LTE может применяться также для идентификаторов пользовательских плоскостей S1* и X2*. Эти идентификаторы используются внутри сети (не передаются к UE).

Идентификатор сетевого сегмента

[0311] Идентификатор сетевого сегмента определяет набор сетевых ресурсов, составляющих логическую сеть. Он потенциально может использоваться для направления трафика пользовательской плоскости и трафика плоскости управления на ресурсы сетевого сегмента, к которому он относится.

2.1.3.1.3 Сводная информация об идентификаторах

[0312] В табл. 1 ниже, приводится сводная информация об идентификаторах, рассмотренных выше.

Таблица 1

Идентификатор	Назначение	Отношение к LTE
Идентификатор RRC-контекста UE	Идентифицирует RRC-контекст UE в RAN. Используется, например, для извлечения контекста.	Он несколько подобен C-RNTI, но имеет отчасти другое назначение и не имеет некоторых зависимостей, связанных с C-RNTI. Идентификатор RRC-контекста UE, может идентифицировать RRC-контекст UE как в LTE, так и в NX.
Идентификатор UE для внутреннего поискового вызова RAN	Идентифицирует UE во время внутреннего поискового вызова RAN.	Нет соответствия в LTE.
Идентификатор UE для ответа UE на внутренний поисковый вызов RAN	Идентифицирует UE при ответе на внутренний поисковый вызов RAN. Обеспечивает возможность извлечения контекста.	Нет соответствия в LTE.
Идентификатор UE для перехода из неактивного в активное состояние	Идентифицирует UE во время перехода из неактивного в активное состояние. Обеспечивает возможность извлечения контекста.	Нет соответствия в LTE.
Идентификатор узла RAN	Поддерживает различные функции SON, такие как	Новые функции препятствуют повторному использованию eNode B

	ANR. Обеспечивает возможность извлечения контекста, когда используется как часть идентификатора RRC-контекста UE.	ID.
Код области отслеживания RAN	Идентифицирует область отслеживания RAN.	Нет соответствия в LTE.
Распределитель фазы циклов DRX поискового вызова (для внутреннего поискового вызова RAN)	Распределяет фазу цикла DRX внутреннего поискового вызова RAN между UE, так что аккумулятивная нагрузка поискового вызова UE распределяется более равномерно.	Внутренний поисковый вызов RAN не используется в LTE, но один из вариантов заключается в повторном использовании параметра IMSI modulo 1024, который используется для инициированного базовой сетью внутреннего поискового вызова в LTE.
Идентификатор виртуального луча	Идентификатор виртуального луча является абстракцией физического луча или группы физических лучей.	Нет соответствия в LTE.
Идентификатор луча	Идентификатор луча используется для идентификации луча физического уровня на более высоких уровнях протокола. Он может быть реализован как индекс, указывающий на последовательность опорного сигнала.	Нет подходящего соответствия в LTE.
Идентификатор контекста PDCP	Используется для идентификации контекста PDCP в распределенной архитектуре узла RAN.	В той мере, в какой концепция канала-носителя LTE повторно используется в NX, может использоваться идентификатор канала-носителя в сочетании с идентификатором RRC-контекста UE. В противном случае могут использоваться только внутренние/специфические для продукта соответствующие идентификаторы.
Идентификатор контекста для протокола нижнего уровня	Используется для идентификации контекста RLC или контекста MAC в распределенной архитектуре узла RAN.	В той мере, в какой концепция канала передачи данных LTE повторно используется в NX, может использоваться идентификатор канала в сочетании с идентификатором RRC-контекста UE (или только идентификатор RRC-контекста UE, в случае контекста MAC). В противном случае, могут существовать только внутренние/специфические для продукта соответствующие идентификаторы.
Идентификаторы соединений S1* и X2*	Идентифицируют соединения плоскости управления и пользовательской плоскости для S1* и X2*.	Может быть использован тот же принцип (и, возможно, те же идентификаторы), что и в LTE.
Идентификатор канала-носителя	Идентифицирует (радио) канал-носитель (при	В той мере, в какой концепция канала-носителя LTE повторно
	необходимости, в зависимости от существования каналов-носителей в NX.)	используется в NX, идентификатор канала-носителя LTE может быть использован повторно.
Идентификатор сетевого сегмента	Идентифицирует набор сетевых ресурсов, составляющих логическую сеть.	Нет соответствия в LTE.

2.1.3.2 Радиоканалы-носители сигнализации

[0313] Радиоканалы-носители сигнализации (SRB) определены как радиоканалы-носители (RB), которые используются только для передачи сообщений RRC и NAS. В соответствии с архитектурой, описанной здесь, для NX может быть определен тот же набор SRB, что и для LTE. Это также позволяет использовать сценарий тесной интеграции, где и те же самые SRB используются для переноса RRC-сообщений NX или LTE, по нижним уровням NX или LTE (см. раздел 1).

[0314] Более конкретно, могут быть определены следующие три SRB:

SRB0 предназначен для сообщений RRC с использованием общего логического канала;

SRB1 предназначен для сообщений RRC (которые могут включать в себя совмещенное сообщение NAS), а также для сообщений NAS перед установкой SRB2, все с использованием выделенных логических каналов;

SRB2 предназначен для сообщений RRC, которые включают в себя записанную информацию измерений, а также для сообщений NAS, все с использованием выделенных логических каналов. SRB2 обычно имеет более низкий приоритет, чем SRB1, и сконфигурирован посредством E-UTRAN, после активации безопасности.

[0315] Как только безопасность активирована, сообщения RRC на SRB1 и SRB2, включая те, которые содержат сообщения NAS- или He-3GPP сообщения, обеспечены защитой целостности и зашифрованы посредством PDCP.

[0316] Важно также отметить, что разнесение RRC может поддерживаться за счет использования общих SRB1 и SRB2, которые можно разделить для двух RAT, подобно отдельным выделенным радиоканалам-носителям (DRB), используемым в LTE Dual-Connectivity (двойной связности, DC), используя общий объект PDCP с отдельными объектами RLC/MAC для каждого доступа. UE или сеть не применяют разнесение RRC для SRB0, а также для начальной последовательности сообщений SRB во время начальной установки соединения или повторной установки/повторной активации соединения до тех пор, пока не будут сконфигурированы обе RAT и активирована безопасность. Как только разнесение SRB активировано, основанный на реализации динамический выбор линии в нисходящей линии связи может быть сделан сетью на основе по каждому PDCP PDU. В восходящей линии, правила отображения могут быть определены в стандарте.

[0317] Использование общего набора SRB с разделенным каналом-носителем является привлекательным вариантом, так как это гарантирует доставку по порядку всех сообщений RRC независимо от того, по какой RAT они передаются (поведение UE становится предсказуемым). Когда используется общий уровень PDCP, поддержка решений для передачи того же сообщения RRC по обеим RAT становится легкой, так как любое дублирование может быть обнаружено и удалено посредством уровня PDCP.

[0318] Альтернативное решение состоит в том, чтобы использовать отдельные SRB для разных RAT и иметь правила на уровне RRC относительно того, когда сообщения должны отображаться на какой SRB. Один из вариантов - определить NX-специфический SRB3, который затем используется для NX RRC для процедур, которые не нужно координировать с LTE RRC. Этот объект используется в случае несовместного расположения, при расположении в NX eNB для доставки NX RRC-сообщений непосредственно между NX eNB и UE, без необходимости передачи через LTE eNB. Отметим, что с точки зрения безопасности, это решение отличается от архитектуры DC с одним доверительным узлом, завершающим все SRB. Здесь, вторичный eNB должен быть одинаково доверительным и реализованным безопасно как главный eNB. В противном случае злоумышленник, взломавший вторичный eNB, мог бы контролировать UE с помощью RRC оттуда.

2.1.3.3 Обработка канала-носителя и QoS

[0319] Что касается SRB, то тесная интеграция с LTE также мотивирует поддержание общих радиоканалов-носителей также для пользовательской плоскости, позволяя UE перемещаться между покрытиями LTE и NX без необходимости реконфигурирования каналов-носителей.

[0320] Однако новые случаи использования для 5G могут привести к появлению новых определенных QoS для NX и новых типов каналов-носителей. В идеале, они должны быть также введены в LTE, чтобы можно было поддерживать плавную мобильность LTE-NX. В тех случаях, когда LTE не может обеспечить требуемое QoS, каналы-носители должны реконфигурироваться или освободиться при перемещении от NX к LTE.

2.1.3.4 Обработка DRX в неактивном состоянии

[0321] DRX конфигурируется вместе с поисковым вызовом, а "период прослушивания" рассчитывается на основе текущего системного номера кадра (SFN). Каждый TRA может иметь специальную конфигурацию DRX, которая предоставляется на UE через выделенную сигнализацию, например, ответ обновления TRA или реконфигурацию RRC. Диапазон циклов DRX, которые сеть может конфигурировать, может достигать нескольких часов или даже дней. Конечно, это необходимо учитывать при проектировании количества битов для включения в поле SFN.

[0322] В некоторых случаях, RAN может оказаться не в состоянии найти UE. В этой ситуации, RAN может информировать CN, и CN может тогда взять на себя функциональность поискового вызова для того UE.

[0323] Один аспект, который следует принимать во внимание, это взаимосвязь между периодом SSI (см. раздел 3.2.2.2) и конфигурацией DRX. Более длительные периоды SSI вызывают более высокое потребление энергии UE, из-за влияния ошибки синхронизации UE в сочетании с DRX. UE должно активироваться, прежде чем компенсировать эту ошибку. Как только UE получает информацию синхронизации, UE может возвратиться к DRX. Таким образом, чем дольше период SSI (время от одной передачи SSI до следующей), тем дольше UE должно прослушивать и, следовательно, тем выше потребление энергии UE. Более короткие периоды SSI, с другой стороны, вызывают меньшее потребление энергии UE. Это показано на фиг. 4, которая иллюстрирует оцененный срок службы батареи питания UE для UE в неактивном состоянии, когда сеть синхронизирована для другого периода SSI и циклов DRX. Когда сеть не может поддерживать хороший уровень синхронизации, потребление энергии UE увеличивается значительно, особенно для больших периодов SSI. Это показано на фиг. 5, которая иллюстрирует оцененный срок службы батареи питания UE для UE в неактивном состоянии, когда сеть не синхронизирована для других периодов SSI и циклов DRX.

2.1.4 NX RRC и интеграция с LTE

[0324] Предпочтительным аспектом архитектуры, описанной здесь, является поддержка тесной интеграции NX с LTE, например, как описано в разделе 3.7. Одной частью этой тесной интеграции является интеграция уровня RRC с использованием радиодоступа LTE и NX, для поддержки как двойной связности LTE-NX, так и автономной работы NX. В этом разделе описано несколько различных альтернатив реализации этой интеграции уровня RRC, начиная с функциональных концепций RRC.

2.1.4.1 Функциональная концепция RRC 1: одиночный протокол RRC

[0325] Одиночный протокол RRC определяется как опция архитектуры протокола, которая может интегрировать все или поднабор функций плоскости управления NX вместе с существующими функциями протокола LTE RRC с помощью механизма одиночного протокола RRC, для обеспечения функций, которые обеспечивают возможность LTE-NX с двумя соединениями и, возможно, автономную операцию NX.

[0326] Отметим, что этот вариант архитектуры может быть реализован путем расширения протокола LTE RRC. Это может быть достигнуто путем стандартизации:

- а) нового выпуска спецификации LTE RRC, TS 3 6.331, включая новые процедуры и информационные элементы (IE) для NX или
- б) новой спецификации, например спецификации NX RRC, которая содержит унаследованные функции LTE RRC, новые процедуры и IE для NX или
- с) пары спецификаций, состоящей из нового выпуска спецификации LTE RRC, включая прозрачные контейнеры для переноса IE NX, которые определены в новой спецификации NX RRC.

[0327] NX IE, которые могут быть определены в спецификации LTE RRC или в отдельной спецификации NX RRC, могут включать в себя элементы широкополосно передаваемой/выделенной системной информации и информации управления безопасностью.

[0328] В тех случаях, где RRC (например, RRM) находится в NX eNB, должны быть определены новые сообщения между узлами (например, несущие информационные элементы управления радиоресурсами) между NX и LTE. Эти сообщения переносятся в контейнерах RRC, которые также необходимо специфицировать.

[0329] Для обеспечения надежной обработки сигнализации плоскости управления, разделение/объединение уровня PDCP может быть использовано для обеспечения дополнительной надежности (разнесение RRC).

[0330] Отметим, что в случае автономной работы NX, из-за обратной зависимости протокола, одиночный протокол RRC может иметь ограниченную гибкость при добавлении новых функций к NX RRC, особенно если целью является путь развития одиночного RRC как для LTE, так и для NX.

[0331] Полный стек протоколов, включающий операцию одиночного RRC для работы LTE-NX DC, показан на фиг. 6, с точки зрения UE и eNB, соответственно. Узел, в котором находятся объекты RRC и PDCP, может быть узлом либо LTE, либо NX.

2.1.4.2 Функциональная концепция RRC 2: двойной протокол RRC

[0332] Двойной протокол RRC относится к варианту архитектуры протокола, содержащему отдельные объекты LTE и NX RRC, которые соответствуют независимым спецификациям плоскости управления для LTE и NX, соответственно. Координация между RAT предписывается на уровне RRC, чтобы выполнять принцип проектирования тесной интеграции LTE-NX.

[0333] Благодаря этому варианту архитектуры перспективные функции плоскости управления NX обеспечены для автономной работы NX и для плавного внедрения новых характеристик и вариантов использования благодаря функциональной гибкости с меньшей обратной зависимостью.

[0334] В двойном протоколе RRC сообщения NX RRC туннелируются к UE через объект LTE RRC и наоборот для двойной связности LTE-NX, что имеет место независимо от того, являются ли LTE и NX RAT совместно локализованными или нет. Поэтому необходимо специфицировать контейнеры RRC, которые несут сообщения NX/LTE RRC. Кроме того, чтобы поддерживать одиночное соединение S1 и координированные переходы состояний между NX и LTE, могут потребоваться дополнительные меха-

низмы, которые частично должны обсуждаться в рамках процедур RRC.

[0335] Аналогично, как и в случае с вариантом одиночного протокола RRC, разделение/объединение уровня PDCP (для обычных SRB), через один объект PDCP на плоскости управления, как предполагается, обеспечивает возможность разнесения RRC и надежную обработку плоскости управления. Еще один объект PDCP (для новых SRB), ассоциированный с NX SRB, например SRB3, также может быть сконфигурирован в узле NX для прямой передачи сообщений NX RRC, когда общий объект PDCP расположен в узле LTE.

[0336] Полный стек протоколов, который включает в себя операцию двойного RRC, проиллюстрирован на фиг. 7, с точки зрения UE и eNB, соответственно.

2.1.5 Процедуры RRC

[0337] Фиг. 8 иллюстрирует полную схему сигнализации RRC для установки двойного соединения LTE-NX, где пунктирные линии указывают на участие сигнализации RRC, ассоциированной с NX (независимо от вариантов архитектуры протокола RRC).

2.1.5.1 Первоначальная сигнализация соединения RRC

[0338] Первоначальная сигнализация RRC включает в себя последовательность сообщений запроса соединения RRC (SRB0) и установки/отклонения соединения RRC (SRB0) и завершения установки соединения/запрос о присоединении RRC (SRB1).

[0339] Как описано в разделе Сигнализация радиоканалов-носителей (раздел 2.1.3.1), для NX может использоваться тот же набор SRB, что и для LTE. Это также обеспечивает возможность сценария тесной интеграции, где одни и те же SRB используются для переноса сообщений NX или LTE RRC (или обоих сообщений, если оба должны быть настроены) по нижним уровням либо NX, либо LTE. Первоначальная сигнализация соединения также может быть повторно использована между LTE и NX.

[0340] В первоначальной процедуре установки соединения RRC, UE может выбрать, какая RAT будет выполнять доступ, на основе предопределенного критерия. Во время процедуры установки соединения RRC, UE может быть назначен идентификатор RRC-контекста UE (см. раздел 2.1.3.1.1), который сохраняется, когда UE переходит в неактивное состояние или обновляется посредством сигнализации деактивации соединения RRC, как будет обсуждаться далее.

[0341] Для того, чтобы активировать характеристики тесной интеграции, UE может быть указано как LTE+NX UE в запросе присоединения, когда UE переходит из режима RRC IDLE в режим RRC_CONNECTED. После этого, UE может быть сконфигурировано для двойной связности RAT с процедурой реконфигурации одиночной RAT, как описано в разделе 2.1.5.4.

2.1.5.2 Сигнализация безопасности

[0342] На фиг. 9 показана установка безопасности для LTE и NX, предполагая общее соединение MME.

[0343] Учитывая использование общего набора SRB для LTE и NX с общими объектами PDCP, отдельная конфигурация безопасности для сигнализации управления LTE и NX не требуется. Однако если сконфигурирован SRB3, описанный в разделе 2.1.3.2, то потребовалась бы отдельная конфигурация безопасности.

[0344] Установка безопасности может быть оптимизирована с помощью сигнализации общих возможностей, единой аутентификации, генерации единых ключей и общей команды режима безопасности, как показано, например, на фиг. 9. Общая установка безопасности может быть обработана одиночным или двойным вариантом архитектуры протокола RRC. В случае двойного RRC, заголовок LTE указывает прозрачный контейнер для сообщений RRC NX. В любой архитектуре, один объект PDCP может обеспечить общее шифрование (как в операции LTE DC), а также защиту целостности для общих SRB. Также возможно реализовать отдельный объект PDCP, позволяющий создавать новые NX SRB.

2.1.5.3 Сигнализация возможностей UE и связанная сигнализация

[0345] Для NX, новая структура сигнализации возможностей UE устраняет ограничения сигнализации возможностей 2G/3G/LTE UE. В частности, новая структура сигнализации возможностей UE решает одну или более из следующих проблем:

Фиксированный набор возможностей: UE обычно указывает поддерживаемые характеристики (функции). Однако характеристики могут представлять собой соединение из нескольких компоновочных блоков и иметь разные параметры. Хотя они могут не быть полностью протестированными или быть полностью функциональными. Таким образом, желательно, чтобы UE могло сообщать больше возможностей/компоновочных блоков/разрешенных конфигураций, как только они были протестированы.

Взаимозависимости сетевых поставщиков: в соответствии с отраслевой практикой, характеристики тестируются по меньшей мере у двух сетевых поставщиков (NW), перед активацией характеристик в UE. Чтобы учитывать характеристики, специфические для рынков/операторов/устройств или специфические для сети UE, желательно избежать таких взаимозависимостей NW.

Неисправные UE: после того, как UE выпущено на рынок, трудно фиксировать ошибки реализации, так как трудно определить неисправные UE. Сетевые решения для обхода проблемы обычно вводятся тогда, когда была обнаружена основная проблема, и эти решения для обхода проблемы обычно применяются ко всем UE в пределах выпуска, в котором была найдена неисправность.

Проприетарные реализации: на сегодняшний день не существует структуры для внедрения проприетарных характеристик/компоновочных блоков/конфигураций или других проприетарных улучшений между сетью и UE.

Непрерывное увеличение возможностей UE: по мере развития технических спецификаций системы, возможности UE увеличиваются, что напрямую влияет на радиоинтерфейс, а также на обмен информацией внутри сетевых узлов.

[0346] Новая структура возможностей UE, которая решает эти проблемы, включает один или оба из следующих двух элементов:

Указатель/индекс возможностей UE: это указатель/индекс, который UE передает сети. Этот указатель определяет все потенциальные возможности UE и другую релевантную информацию для этого конкретного UE и даже для возможностей UE, релевантных для конкретного сетевого поставщика.

База данных возможностей UE: база данных возможностей UE содержит всю информацию, соответствующую каждому из указателей. Эта база данных хранится в другом месте, например, в центральном узле, у третьей стороны и т.д. Отметим, что эта база данных может содержать больше информации, чем просто информация о возможностях UE. Потенциально, она может быть настроена для каждого сетевого поставщика, например, протестированных характеристик/конфигураций, отчетов об ошибках, проприетарной информации UE-NW и т.д. Поэтому важно, чтобы сетевая информация не была доступна другим и была защищена/зашифрована.

[0347] На фиг. 10 показаны особенности описанной выше структуры возможностей UE.

2.1.5.4 Сигнализация реконфигурации соединения RRC

[0348] Сообщение реконфигурации соединения RRC может устанавливать/изменять/освобождать радиоканалы-носители, настраивать параметры и процедуры L1, L2 и L3 (например, для мобильности и/или установления двойной связности).

[0349] В случае автономного NX, сообщение реконфигурации соединения RRC может использоваться для однократной реконфигурации соединения NX (подобно эквивалентному сообщению в LTE), а также для установки множественной связности NX, как описано в разделе 3.13.

[0350] В случае установки двойной связности LTE-NX, реконфигурация соединения RRC может быть либо инициируемой сетью, либо инициируемой UE.

[0351] В случае инициируемой сетью процедуры, описаны два варианта:

[0352] Если предполагается, что используется вариант одиночной архитектуры RRC, общий протокол RRC (например, как указано в будущем выпуске NX, 3GPP TS 36.331) отвечает за процедуры установки соединения двойной связности LTE-NX. В этом случае, процедура реконфигурации соединения RRC для LTE и NX может обрабатываться в течение одного раунда обмена сообщениями RRC, как показано на фиг. 11. IE, содержащие конфигурацию NX, переносятся в ответе установки.

[0353] Фиг. 11 иллюстрирует установку двойной связности LTE-NX, используемую с архитектурой одиночного протокола RRC, где проиллюстрированная сигнализация основана на предположении, что первый узел представляет собой LTE eNB. Сигнализация другим способом, где первый узел представляет собой NX eNB, будет следовать той же последовательности сообщений.

[0354] В случае варианта с двойным RRC, существует более одного способа реализовать установку двойной связности LTE-NX.

[0355] В одной альтернативе, один из протоколов RRC может обрабатывать процедуру реконфигурации соединения RRC, позволяя осуществлять конфигурацию двойной связности NX/LTE в одиночном раунде реконфигурации. Это показано на фиг. 12. Это можно сделать с использованием существующего объекта PDCP и ассоциированной безопасности в узле, где плоскость управления (либо LTE, либо NX) запущена и работает. Сообщения RRC второй RAT могут быть переданы к UE через первую RAT в прозрачном контейнере или непосредственно к UE через новый SRB, такой как SRB3. На фиг. 12 показана установка двойной связности LTE-NX для использования с архитектурой двойного протокола RRC с общей процедурой реконфигурации RRC. Проиллюстрированная сигнализация основана на предположении, что первый узел представляет собой LTE eNB. Сигнализация другим способом, где первый узел представляет собой NX eNB, будет следовать той же последовательности сообщений.

2.1.5.5 Деактивация соединения RRC

[0356] Эта процедура обрабатывает переход состояния от RRC_CONNECTED ACTIVE к DORMANT, который эффективно помещает UE в "сон" в LTE и/или NX. Переход может быть инициирован посредством таймера, конфигурируемого сетью или сообщением RRC Connection Inactivation (деактивации соединения), отправленным сетью, которое может включать в себя информацию о повторной активации безопасности (например, nextHopChainingCount) для следующего состояния RRC_CONNECTED ACTIVE. После приема этого сообщения, UE входит в состояние RRC DORMANT. Учитывая двойное RRC для LTE и NX, сообщение должно быть определено в обеих спецификациях RRC, например, с использованием аналогичных IE.

[0357] Некоторая конфигурация RRC UE в RRC_CONNECTED DORMANT может быть сконфигурирована сетью во время процедур установки, деактивации и повторной активации соединения RRC, в рамках которых также может быть назначена идентичность (идентификатор) RRC-контекста UE. Сеть

также гарантирует, что информация для неактивного поведения UE обновляется. Эта информация особенно важна в случае NX, когда системная информация или не транслируется (например, параметры мобильности спящего режима), или редко транслируется (например, AIT, см. раздел 3.2.2.2).

[0358] Обновленная конфигурация может также быть предоставлена UE в сообщении RRC Connection Inactivation, так как UE, возможно, переместилось в местоположение с другой конфигурацией неактивного состояния. Могут быть внесены другие изменения в информацию в сообщении RRC Connection Inactivation. Например, UE может быть сконфигурировано, чтобы базироваться на MRS (подробнее см. раздел 3.4.4) и повторно активировать соединение, соответственно. Сеть могла бы также уполномочить UE сохранять идентификаторы MAC и ассоциировать некоторые таймеры при переходе в неактивный режим.

[0359] При входе в состояние RRC DORMANT (без какой-либо дополнительной конфигурации для оптимизированного перехода состояния) UE должно:

Освободить все радиоресурсы, включая объект RLC и конфигурацию MAC, например, включая MAC-Id.

Хранить все объекты PDCP (общие для LTE и NX) SRB и RB, и идентификатор RRC-контекста UE (см. раздел 2.1.3.1.1), который принимается в установке соединения RRC (либо через NX, либо через LTE RRC в случае двойного RRC). Этот идентификатор кодирует как идентификатор контекста, так и точку привязки мобильности в RAN, которая может быть, например, Id соты LTE или Id узла NX.

Базирование на той же RAT (NX или LTE), которая была активной (по умолчанию), если не была предусмотрена определенная конфигурация. Для большей надежности, двойное базирование также является вариантом, как описано в разделе 3.2.

2.1.5.6 Повторная активация соединения RRC

[0360] В LTE были определены требования к латентности (задержке) для перехода от RRC IDLE к RRC_CONNECTED. В выпуске 8 спецификаций LTE, переходные задержки <100 миллисекунд (мс) были целевыми из состояния базирования. В случае перехода из спящего состояния (соединенный DRX) в активное, целью была задержка в 50 мс. В выпуске 10 спецификаций LTE, требования были сокращены до <50 мс и <10 мс (исключая задержку DRX). Эти значения должны быть дополнительно сокращены для 5G, особенно учитывая некоторую критическую услугу, которая может иметь высокие требования в отношении задержки.

[0361] С точки зрения RRC, чтобы минимизировать непроизводительные издержки и достигнуть более низкой задержки, предоставляется облегченный переход, как показано на фиг. 13. Если UE приняло информацию о повторной активации безопасности, такую как nextHopChainingCount в RRC Connection Inactivation, последующая процедура реконфигурации RRC не требуется, поскольку процедура повторной активации соединения RRC могла бы реконфигурировать SRB и DRB, активируя их пользовательскую плоскость.

[0362] На фиг. 13 показан поток сигнализации для процедуры повторной активации соединения RRC, предполагая, что первым узлом является LTE eNB. Сигнализация другим способом, когда первый узел представляет собой NX eNB, следует той же последовательности сообщений.

[0363] Целью процедуры повторной активации соединения RRC является повторная активация соединения RRC, которая связана с возобновлением SRB и DRB. Повторная активация соединения выполняется только в том случае, если доступный целевой узел (NX или LTE) может найти RRC-контекст UE и привязку мобильности для S1*. По этой причине ID RRC-контекста UE включен в RRC Connection Re-activation Request (запрос повторной активации соединения RRC), который является сообщением SRB0. Это сообщение может быть обеспечено защитой целостности, чтобы защищать сеть от ложных запросов.

[0364] Процедура, например, может быть запущена посредством UE либо в ответ на поисковый вызов, когда UE имеет данные UL в буфере, либо когда ему нужно отправить обновления TRA. UE запускает процедуру повторной активации соединения RRC, которая должна быть определена как в спецификациях RRC как NX, так и LTE, когда реализовано решение двойной RRC.

[0365] После приема RRC Connection Re-activation Request, сеть извлекает RRC-контекст UE (включая информацию о повторной активации безопасности) на основе ID RRC-контекста UE, выполняет необходимые действия мобильности и отвечает RRC Connection Reactivation (повторной активацией соединения) для реконфигурации SRB и DRB. После приема этого сообщения, UE выполняет следующие действия:

- повторно устанавливает PDCP и RLC для SRB и DRB,
- выполняет конфигурацию радиоресурса,
- выполняет связанные с измерением действия в соответствии с конфигурацией измерения,
- возобновляет SRB и DRB.

2.1.5.7 Конфигурация измерений

[0366] В NX измеряется несколько разных видов измерений и/или сигналов (например, MRS, SSI, TRAS и т.д.). Таким образом, события и процедуры мобильности должны быть рассмотрены для NX.

[0367] Сообщение RRC Connection Reconfiguration (реконфигурации соединения) должно иметь возможность конфигурировать как измерения NX, так и существующие измерения LTE для варианта

одиночного RRC. Конфигурация измерения должна включать в себя возможность конфигурирования UE для измерения зоны покрытия NX/LTE, например, для инициирования установки DC или меж-RAT HO (как в предыдущих версиях).

2.1.5.8 Отчетность об измерениях

[0368] Существует два различных механизма отчетности об измерениях для NX, отчетность не на основе RRC (см. раздел 2.3.7.2), где UE указывает на лучший из набора лучей DL, через предварительно сконфигурированную последовательность USS; и отчетность на основе RRC, которая в некоторых отношениях сходна с иницируемой событиями отчетностью об измерениях LTE. Эти два механизма отчетности об измерениях предпочтительно развертываются параллельно и используются избирательно, например, в зависимости от состояния мобильности UE.

2.1.6 Системная информация

[0369] Системная информация, как известно из предыдущих выпусков стандартов LTE, состоит из очень разных типов информации, информации доступа, специфической для узла информации, информации в масштабе системы, информации общественной системы предупреждения (PWS) и т.д. Доставка этого широкого диапазона информации не использует ту же реализацию в NX. В системе с формированием лучей с высоким усилением, стоимость предоставления большого количества данных в широкополосном режиме может быть дорогостоящей по сравнению с двухточечным распределением в выделенном луче с высоким усилением линии.

2.1.6.1 Желательные функции и принципы

[0370] Желательные функции и принципы проектирования для NX включают в себя одно или более из следующего. Таким образом, следует иметь в виду, что не все это может быть выполнено в рамках конкретной реализации.

NX должно поддерживать "гибкий" механизм передачи системной информации:

необходимо избегать ограничений на длину системной информации;

значения параметра системной информации могут быть изменены в любое время;

системная информация может использовать преимущества параметров, которые не изменяются или являются общими для большой области;

системная информация может переносить другую информацию для различных типов/групп UE и/или услуг;

выделенная сигнализация должна быть рассмотрена, если она более эффективна;

должна поддерживаться эффективная сигнализация к тысячам (например, 512k) UE на каждую "область обслуживания".

NX должно минимизировать транслируемую информацию и быть "всегда в эфире"

должна поддерживаться сетевая DTX.

Получения/обновления должны минимизировать:

воздействие на UE, которым информация не адресована; отрицательные побочные эффекты в сети, например, синхронизированные доступы UL;

вклад в потребление батареи питания UE.

Получения/обновления не должны:

увеличивать задержку доступа (до тех пор, пока не будет извлечена "релевантная информация") более чем на xx^* мс (например: при первоначальном включении, роуминге (поиск PLMN), после RLF (восстановления), перенаправления на новый уровень/соту, хэндовера, RAT, "длинных" циклов DRX), обновлять системную информацию (*характеристика точной задержки может зависеть от услуги/типа/группы UE).

"Релевантная" информация должна быть точной и "актуальной" перед использованием может быть приемлемым, что используется "устаревшая" информация, если вероятность очень мала/влияние на систему незначительно.

Диапазон покрытия системной информации не должен зависеть от диапазона покрытия пользовательской плоскости,

например, узел может не передавать системную информацию, в то время как он может передавать данные пользовательской плоскости.

Системная информация должна передаваться эффективно для всех типов развертываний

NX как автономное с минимальным и/или без перекрытия зоны обслуживания;

NX должно иметь возможность автономного развертывания на нелицензированных диапазонах частот;

NX, развернутое с LTE/UTRAN/GERAN с полным или частичным покрытием;

развертывание двойного уровня NX, макро NX и малых сот NX, два сценария:

когда UE находится в зоне обслуживания как макро-соты, так и малой соты одновременно,

когда UE не находится в зоне обслуживания как макро-соты, так и малой соты одновременно.

Вторичные несущие могут не требовать обеспечения SI (например, LAA, выделенная частота).

Каждый узел может динамически изменять/обновлять некоторую часть своей системной информации изменения/обновления системной информации могут не быть скоординированными и могут не за-

полняться среди других узлов/уровней во всех случаях.

Системная информация должна обрабатывать/рассматривать обработку:
совместно используемых сетей;

мобильности;

общественных систем предупреждения (PWS)

механизма (например, поискового вызова) для запроса UE, чтобы:

а) контактировать с NX или, б) получать системную информацию,

должна иметься возможность учитывать группы/типы UE/услуг;

функции MBMS;

совместного использования нагрузки и управления политикой между NX и другими RAT;

управления доступом (обновленная характеристика);

NX должно соответствовать характеристикам SA (например, как в 3GPP TS 22.011),

информация управления доступом может быть доступна на основе по каждому узлу,

управление доступом в "соединенном состоянии" должно иметь возможность конфигурировать типы/группы UE и/или разных услуг.

2.1.6.2 Получение системной информации

[0371] Получение системной информации для автономной работы NX подробно описано в разделе 3.2.

[0372] При тесной интеграции с LTE, получение системной информации в некоторых отношениях напоминает таковое для двойной связности для LTE. Предполагая, что UE сначала получает доступ к LTE, а затем активирует NX, то UE принимает системную информацию NX в выделенной передаче через LTE RRC, при установке соединения NX. В LTE DC, это применяется ко всей системной информации, кроме SFN, получаемого от MIB основной обслуживающей соты (PSCell) SCG. Для NX, SFN может быть включен в TRAS (см. раздел 3.2.4.1.3). Тот же принцип применяется и к другому способу: UE, сначала получающий доступ к NX, а затем активирующий LTE, получает системную информацию LTE в выделенной передаче через NX RRC.

2.1.7 Поисковый вызов

[0373] Решение поискового вызова для NX использует один или оба из двух каналов: канал индикации поискового вызова и канал сообщения поискового вызова.

Канал индикации поискового вызова (PICH)

Индикация поискового вызова может содержать одно или более из следующего: флаг поискового вызова, флаг предупреждения /тревоги, список ID и распределение ресурсов.

Канал сообщения поискового вызова (PMCH)

PMCH может опционально передаваться после PICH. При отправке сообщения PMCH, оно может содержать одно или более из следующего содержания: список ID и сообщение предупреждения/тревоги. Предупредительные и ширококвещательные сообщения предпочтительно передавать через PMCH (а не в AIT).

[0374] Чтобы обеспечить тесную интеграцию с LTE, конфигурация поискового вызова (и поэтому конфигурация DRX) основана на SFN.

[0375] Для поддержки функциональности поискового вызова, в UE конфигурируются области отслеживания RAN. Область отслеживания RAN (TRA) определяется набором узлов, передающих тот же сигнал области отслеживания RAN (TRAS). Этот сигнал содержит код области отслеживания RAN, а также SFN.

[03706] Каждая TRA может иметь конкретную конфигурацию поискового вызова и TRAS, которая предоставляется в UE через выделенную сигнализацию, например, через ответ обновления TRA или сообщение реконфигурации RRC. Кроме того, ответ обновления TRA может содержать сообщение поискового вызова. Более подробную информацию о поисковом вызове можно найти в разделе 3.2.

2.1.8 Установление двойной связности LTE-NX

[0377] В разделе 2.1.5.4, инициированное сетью установление двойного соединения LTE-NX описано с использованием процедуры реконфигурации RRC. В приведенном примере, UE имеет соединение RRC с сетью, и обмен сообщениями RRC производится с использованием LTE eNB. Как и в других процедурах RRC, описанных в разделе 2.1.5.4, более высокие уровни (асинхронные функции, например, RRC/PDCP) могут быть общими для LTE и NX. После приема отчетов об измерениях по линии LTE (например, содержащих измерения NX), сеть принимает решение об установлении двойной связности с NX путем отправки сообщения реконфигурации соединения RRC, содержащего необходимую информацию для UE для установления соединения с NX. Это сообщение можно рассматривать как команду для UE, чтобы установить соединение с вторичным eNB (SeNB).

[0378] Другой сценарий является инициированной UE процедурой, где UE непосредственно контактирует с NX для установления двойной связности LTE-NX. Пример такого подхода показан на фиг. 14. Преимущества прямого доступа к NX включают в себя процедуру с более низкой задержкой и некоторый дополнительный уровень разнесения (например, когда первая линия связи нестабильна). Предположим, что UE имеет соединение RRC с сетью и использует линию связи из одной из RAT, например,

LTE, для обмена сообщениями RRC. Затем UE инициирует доступ к вторичной RAT (например, выполняя синхронизацию и произвольный доступ через NX) и отправляет через вторичную линию связи RAT (например, NX) сообщение RRC, содержащее идентификатор контекста UE (например, идентификатор RRC-контекста UE, описанный в разделе 2.1.3.1), в котором указывается запрос на установление двойной связности. Этот идентификатор контекста содержит местоположение точки привязки, так что при приеме этого сообщения вторичная RAT могла определить местоположение единственной точки управления в сети, откуда осуществляется управление UE. После того, как сеть вычислит это (например, через X2* в сценарии несовместного расположения), сеть передает сообщение RRC к UE для конфигурирования ресурсов NX для существующих SRB/DRB (ранее установленных по LTE) и/или конфигурирования новых NX SRB/DRB, ассоциированных с NX. Это же применяется для конфигураций измерения. Инициированная UE процедура может применяться для случая как одиночного, так и двойного RRC, однако она может быть более полезна в случае двойного RRC, где могла бы, вероятно, выполняться другая процедура реконфигурации RRC по вторичной RAT (NX, в настоящем примере). Отметим, что тот факт, что эта альтернатива является инициированной посредством UE, не означает, что она является управляемой посредством UE. То, что инициирует UE для отправки запроса к вторичному узлу (NX в данном примере), может быть событием, сконфигурированным сетью через RRC.

2.2 Проектирование уровня 2 для NX

[0379] Архитектура NX и детали, раскрытые в настоящем документе, решают одну или более из ряда проблем с LTE, например, следующие: LTE использует фиксированную временную диаграмму (тайминг) обратной связи HARQ, что является проблемой в некоторых сценариях реализации (например, при централизованном развертывании базовой полосы или при неидеальной транспортной сети) и при работе в нелицензированном спектре (например, когда прослушивания перед передачей иногда препятствует UE отправлять обратную связь HARQ); каналы управления LTE UL и DL L1 могут быть усовершенствованы для лучшей поддержки формирования луча с высоким усилением, поскольку переключатели между режимами передачи и конфигурациями являются излишне негибкими и медленными; может возникнуть довольно продолжительная задержка, исходящая из планирования UL; поведение DRX не всегда оптимально; и структура канала запроса планирования не так гибка или эффективна, как желательно, для всех приложений.

[0380] Кроме того, поддержка взаимной массивной передачи MIMO и массивного формирования луча MIMO может быть улучшена, чтобы работать лучше в NX, чем в LTE. Другими областями усовершенствования являются одно или более из динамического TDD; работы в нелицензированном диапазоне; доступа на конкурентной основе; мультисвязности; многоскачковости; D2D и т.д. NX может обеспечить собственную и оптимизированную поддержку для все более важных случаев использования, такие как multi-x (мульти-X) (мультисвязность, мульти-RAT, многоскачковость, мульти-несущая, мульти-узел, мульти-луч, развязка UL/DL и т.д.

[0381] Для обработки ожидаемых и неожиданных миграций в комбинации, все радиоканалы в NX способны работать на ограниченном наборе радиоресурсов (сегменте ресурса), таким образом, избегая того, чтобы терминалы делали предположения или полагались на сигналы вне этих ресурсов. Сценарии трафика, поддерживаемые NX, варьируются от одного 100-битного пакета каждый час вплоть до нескольких Гбит/с непрерывной передачи данных. Диапазон частот, который должен поддерживаться, гораздо шире: начиная от частот ниже 1 ГГц и до 100 ГГц. Существуют широкие предположения о возможностях устройств и узлов (например, от 1 до 400 антенн, от часов до 20 лет срока службы батареи питания и т.д.).

2.2.1 Принципы проектирования - воздействие на проектирование L2

[0382] Принципы проектирования для проектирования уровня 2 (L2) NX детально изложены ниже.

[0383] Инвариантное к услуге проектирование, обеспечивающее гибкие ориентированные на услугу конфигурации: Различные варианты использования имеют очень разнообразные требования. Например, в некоторых вариантах использования C-MTC требуется предельная надежность с BLER порядка 10⁻⁹; для тактильных интернет-услуг требуется очень низкая сквозная задержка в 1 мс; сверх-MBB извлекают выгоду из нескольких Гбит/с пропускной способности пользователя и т.д. Стандарт NX обеспечивает большой набор инвариантных к услуге характеристик, которые сеть может конфигурировать и позволять выполнять специфические для услуги требования. Это обеспечивает сосуществование нескольких услуг, сохраняя при этом низкую сложность и высокую эффективность для каждой услуги.

[0384] "Оставаться в коробке" (в ограниченных пределах): важной особенностью LTE является то, что весь трафик динамически преобразуется в одну пару общих каналов (PDSCH/PUSCH). Это максимизирует статистическое мультиплексирование и позволяет одному UE получать мгновенный доступ ко всем радиоресурсам несущей или даже нескольких несущих. Соответствующие конфигурации RLC и политики планирования гарантируют, что требования QoS удовлетворены. В то время как NX поддерживает этот фундаментальный принцип, некоторые услуги просто не могут быть мультиплексированы. Например, недопустимо, если команде торможения на перекрестке мешает пакет из развлекательной системы в соседнем автомобиле. Следовательно, для некоторых критических случаев использования (например, интеллектуальная транспортная система, общественная безопасность, промышленная автоматизация)

ция, и т.д.), может оказаться неприемлемым сосуществование на одних и тех же радиоресурсах с любой другой услугой. С этой целью, некоторые услуги могут работать на выделенных сегментах временных и частотных ресурсов радиоспектра. Разделение радиоресурса таким образом также позволяет понизить сложность реализации и тестирования в некоторых ситуациях. Если услуга теряет значение в одной определенной области (например, закрылась фабрика), то этот спектр может быть быстро переназначен другой услуге путем управления сегментами ресурса, назначенными другим услугам. По умолчанию предполагается, что все услуги должны сосуществовать на одной несущей, но использование выделенных сегментов ресурса является решением для поддержки так называемых вертикальных услуг. Таким образом, в NX, любая услуга может содержаться в пределах определенного набора радиоресурсов.

[0385] Гибкость: NX имеет минималистичную и масштабируемую структуру, которая способна справляться с различными задержками на транспортном интерфейсе и радиоинтерфейсе, а также с различными возможностями обработки на стороне UE и сетевой стороне. Чтобы гарантировать это, устраняются временные связи между управляющими сообщениями, такими как HARQ (MAC), ARQ (RLC) и сигнализация RRC.

[0386] Проектирование для потоков: для NX управляющая сигнализация может быть оптимизирована путем использования корреляций в трафике. Это позволяет избежать негибкой и медленной реконфигурации. Всякий раз, когда будущее поведение может быть предсказано (например, что-то отправлено в нисходящей линии связи, значит, будет иметься трафик восходящей линии связи через короткое время), структура L2 может получить выгоду из этого: например, начать с передачи разомкнутого контура и плавно переключиться на формат передачи замкнутого контура, как только информация о состоянии канала станет доступной на стороне передатчика.

[0387] Уровни координации: когда затраты на наблюдение и управление становятся слишком высокими, например, с точки зрения задержки или служебных издержек, решения о распределении делегируются узлам и UE на время, необходимое для сбора достаточной информации и обеспечения надлежащей координации. Централизованный планировщик ресурсов по-прежнему владеет и управляет правом на использование радиоресурсов, но в ситуациях, когда наблюдение и управление проще и эффективнее поддерживать в другом узле (например, в многоскачковой ретрансляции или D2D), мгновенные решения о том, как назначить ресурсы, могут быть распределены.

[0388] Минималистичность и, следовательно, перспективность: обязательные передачи, выполняемые NX eNB в определенное время, редки по времени и частоте. Например, терминал NX не должен ожидать сообщений управления на конкретных временных/частотных ресурсах (как это имеет место на сегодняшний день для обратной связи HARQ в LTE). Конфигурируемость обеспечивает прямую совместимость, так как сеть может свободно назначать ресурсы другим (более новым) терминалам без необходимости отправки большого количества унаследованных сигналов для унаследованных терминалов. В частности, при работе в нелицензированном спектре, радиоинтерфейс NX может отправлять управляющую информацию в динамические моменты времени. В дополнение к содержанию всех сигналов в ограниченном сегменте ресурсов, пользовательское оборудование должно быть способно игнорировать любые "неопределенные ресурсы" внутри сегмента ресурсов, если явно не проинструктировано иначе. "Неопределенные ресурсы" могут быть динамически сконфигурированы как набор периодических шаблонов по времени и/или частоте.

2.2.2 Структура канала L2

[0389] Для NX, исключается определение отдельных каналов управления для различных целей, за исключением случаев, когда это абсолютно необходимо. Основная причина этого заключается в оптимизации проектирования для массивированного MIMO и формирования луча с высоким усилением. Отдельные каналы имеют тенденцию полагаться на частотное разнесение, а также на отдельные опорные сигналы демодуляции, и пространство ресурсов может быстро загромождаться. Как только хороший канал установлен к конкретному UE, например, посредством очень большого количества антенн, намного более эффективно будет использовать это также для передачи управляющей информации.

[0390] Это соответствует принципу проектирования "остаться в коробке", описанному выше. Кроме того, это основано на том наблюдении, что при передаче пользовательских данных в одной линии связи, зачастую передачи осуществляются и в обратной линии связи.

[0391] К тому же, любая услуга должна иметь возможность доставляться в ограниченном наборе радиоресурсов (сегменте ресурсов), таким образом избегая структуры, где каналы управления L1 и опорные сигналы распространены по всей ширине полосы системы. Для обеспечения этого, структура канала L2 поддерживает внутриполосную управляющую информацию, с различным кодированием канала, модуляцией, конфигурацией HARQ и т.д.

2.2.2.1 Прямой и повторно передаваемый физический канал данных (PDCH)

[0392] NX обеспечивает гибкость и масштабируемость, будучи системой, поддерживающей несколько физических каналов. Вместо того чтобы иметь разные типы каналов для управления и данных, каналы могут рассматриваться как прямые или повторно передаваемые. В этом документе, прямой канал обозначается как dPDCH, а повторно передаваемый канал обозначается как rPDCH. Структура с наличием прямого и повторно передаваемого канала одинаково применима к передачам как по восходящей ли-

нии, так и по нисходящей линии связи. Разница между такими каналами заключается в том, что они могут быть оптимизированы для разных рабочих точек. Прямой канал может, например, быть спроектирован на BLER 10-3 без мягкого объединения HARQ, в то время как повторно передаваемый канал может обеспечивать 10% BLER и поддерживать несколько повторных передач HARQ с мягким объединением в приемнике. Отметим, что здесь имеются в виду каналы для обработки данных уровня 2 (L2).

[0393] Некоторая информация, такая как обратная связь информации управления нисходящей линии связи (DCI) или информации о качестве канала (CQI), может быть релевантной только в том случае, если eNB может декодировать ее при первой попытке передачи, в то время как другие типы данных, такие как данные пользовательской плоскости или управляющие сообщения RRC, извлекают выгоду из успешной доставки, даже если для этого требуется несколько повторных передач HARQ. Одна структура одиночного канала, оптимизированная несколько иначе, удовлетворяет обе эти очень разные потребности. Отметим, что в некоторых случаях данные пользовательской плоскости могут требовать гораздо более низкой вероятности ошибки, чем управляющая сигнализация L1/L2 (например, до 10-9 для C-MTC и 10-3 для управляющей сигнализации, связанной с L1/L2 MBB), и в таких сценариях можно использовать два прямых канала или один, который выполнен с возможностью удовлетворения самых высоких требований. По сравнению с LTE, разница с этой структурой заключается в том, что тут предполагается, что нет необходимости в разработке индивидуальных каналов для специальных видов управляющей информации L1/L2. Внутриполосное управление, мультиплексированное с передачами данных, является предположением по умолчанию.

[0394] Это может представляться как наличие прямого и повторно передаваемого канала, где критическая по времени информация отображается на первое, в то время как другие данные отображаются на последнее. В общем, является ли канал повторно передаваемым или нет, это просто настройка параметров, а не принципиальная разница в структуре. Таким образом, на каналы можно ссылаться обычным числом, например, 1 и 2, указывая на то, что они просто имеют различные конфигурации. В приведенных примерах, каналы с различной конфигурацией могут использоваться для различных целей. Для поддержки различных услуг может использоваться разное количество физических каналов. Поскольку как сеть решает, как заполнить транспортный блок нисходящей линии связи, какой MCS использовать, и следует ли выполнять повторные передачи, такая схема могла бы альтернативно быть реализована с одним каналом.

[0395] На фиг. 15 показано, как элемент управления MAC, такой как отчет CSI или предоставление UL, может быть отображен на прямой или повторно передаваемый канал. Следует иметь в виду, что решение о том, передавать ли какой-либо данный информационный элемент по оптимизированному (и более дорогому, как правило) прямому каналу с низкой задержкой или по повторно передаваемому каналу с высокой спектральной эффективностью, принимает планировщик в NX.

[0396] Отметим, что даже если большая часть управляющей информации находится в луче, все еще желателен некоторого рода канал управления физическим уровнем. В дополнение к каналу данных, желательно использовать загрузочный ресурс, который, например, можно использовать для планирования начального использования канала. Для этой цели определен физический канал управления нисходящей линией связи (PDCCCH), где приемник UE осуществляет слепой поиск PDCCCH в предопределенном или полустатически сконфигурированном пространстве поиска. Использование этого PDCCCH показано на фиг. 16. Отметим, что этот физический канал управления можно использовать в большей или меньшей степени, чем в современной системе LTE, например, его можно использовать в каждом TTI для планирования передач DL и UL. Тем не менее, важным использованием PDCCCH в контексте NX является поддержка сдвига в сторону наличия большей части выделенных пользовательских данных и ассоциированной управляющей информации L1/L2, передаваемой с агрессивным формированием луча.

[0397] Как показано на фиг. 16, PDCCCH используется в NX для формирования луча с высоким усилением и передачи управляющей информации в луче. PDCCCH спроектирован так, чтобы быть надежным и простым, а также иметь отдельный набор опорных сигналов демодуляции для поддержки другого (как правило, более широкого) формирования луча, чем в PDCH.

[0398] Поскольку использование формирования луча с очень высоким усилением для канала данных также увеличивает риск сбоев радиосвязи, желателен более надежный резервный канал. По этой причине, PDCCCH для NX спроектирован как минималистичный и простой. Для быстрого возобновления передачи в этом резервном сценарии, PDCCCH очень надежен и оптимизирован для более широкой зоны покрытия. Это подразумевает более низкое усиление антенны и более высокую стоимость на бит. Но это позволяет передавать большую часть управляющей информации "в луче".

[0399] PDCCCH также позволяет передавать управляющую информацию до того, как CSI станет доступной, например, в качестве начального загрузочного канала. Поскольку передача управляющей информации на PDCCCH, как правило, более дорогая (из-за более низкого усиления луча), поддерживается только ограниченный набор простых форматов DCI, содержащих только небольшое количество битов. Это не является ограничением на практике, так как без CSI и в самом начале пакета передачи (например, во время медленного запуска TCP), сложные процедуры, которые требуют много управляющей информации, не выполняются в любом случае.

[0400] Мультиплексирование UE на совместно используемом канале управления требует нескольких попыток слепого декодирования. Но, если не использовать PDCCH так часто, общее количество слепых попыток декодирования, которые должно выполнить UE, уменьшается. Большинство UE получают свою управляющую информацию в луче на "непосредственно декодируемом" канале данных, большую часть времени, что дает лучшее управление тем, как мультиплексировать управляющую информацию к различным UE.

[0401] Отметим, что новые форматы DCI могут быть добавлены только в "непосредственно декодируемый" канал в луче, а не в PDCCH, в некоторых случаях. Это позволяет расширить функциональность канала управления в NX без изменения совместно используемого PDCCH. Точнее, NX может быть расширено таким образом, что новые форматы DCI добавляются только в dPDCCH, а не в PDCCH.

2.2.2.2 Связь между PDCCH и dPDCCH

[0402] Выше описаны два разных канала управления для нисходящей линии связи: PDCCH и dPDCCH. Основное различие между этими двумя каналами состоит в том, что dPDCCH использует тот же опорный сигнал демодуляции, что и канал данных (rPDCCH), в то время как PDCCH использует другой DMRS. Как PDCCH, так и dPDCCH/rPDCCH могут быть сформированы лучом в направлении UE. Как PDCCH, так и dPDCCH/rPDCCH также могут передаваться в широком луче или вместе с формирователем луча, основанным на разнесении.

[0403] PDCCH в основном предназначен для использования, когда очень точная информация CSI не доступна в базовой станции, так что базовая станция не может выполнять формирование луча на основе взаимности. PDCCH использует DMRS, который обычно совместно используется несколькими UE. Он проектируется так, чтобы больше полагаться на частотное разнесение, чем на антенное разнесение, и поэтому его можно использовать в развертываниях NX с небольшим (например, 2 или 4) количеством антенн.

[0404] Каналы dPDCCH/rPDCCH в основном предназначены для поддержки формирования луча на основе взаимности и динамического TDD (основанного на UL RRS). В этом сценарии, DL DMRS теоретически не нужны, но на практике в этом случае также могут использоваться опорные сигналы демодуляции нисходящей линии связи, поскольку совершенная и абсолютная калибровка UL/DL непрактична.

[0405] PDCCH, с другой стороны, не полагается на опорный сигнал взаимности UL (RRS). Он мультиплексируется по времени с dPDCCH/rPDCCH для поддержки гибридного формирования луча. Одна из причин, почему сообщения на PDCCH должны быть малыми, состоит в том, что иначе проблемы покрытия могут стать узким местом на более высоких частотных диапазонах. Если покрытие PDCCH на высокочастотных диапазонах является проблемой, то PDCCH может быть обеспечен только в более низком частотном диапазоне, а dPDCCH/rPDCCH используется на более высоком частотном диапазоне. Передача UL RRS в высокочастотном диапазоне, которая обеспечивает возможность формирования луча на основе взаимности dPDCCH/rPDCCH, затем может управляться посредством PDCCH в низкочастотном диапазоне.

[0406] Как описано в следующем разделе ниже, существует разница в том, как пространство поиска используется в PDCCH, и в dPDCCH. Пространство поиска в PDCCH поддерживает мультиплексирование пользователей, адаптацию линий связи и адаптацию скорости передачи. С другой стороны, пространство поиска dPDCCH не нуждается в поддержке мультиплексирования пользователей.

2.2.2.3 Динамическое пространство поиска

[0407] На фиг. 17 показано, с левой стороны, как PDCCH может использоваться для динамического обновления пространства поиска DCI в UE. Средняя часть на фиг. 17 показывает, что нет необходимости отправлять обновление поиска в UE, если не изменяется начальное местоположение пространства поиска DCI. С правой стороны на фиг. 17 показано, что при изменении начального местоположения dPDCCH (в пространстве поиска DCI UE) используется прямая DCI. Это может вызвать распространение ошибок.

[0408] Можно видеть, что нижняя часть фиг. 17 изображает случай, когда DCI принимается в луче, на запланированном ресурсе. Это может быть обеспечено путем расширения пространства поиска UE для управляющей информации нисходящей линии связи, чтобы также включать ресурсы, которые должны быть динамически запланированы. В левой части фиг. 17, UE принимает DCI_0 на PDCCH, которая указывает, где начать поиск дополнительной управляющей информации. В непосредственно декодируемой части назначенного ресурса (dPDCCH), UE может найти управляющую информацию, релевантную для этого TTI (DCI_1). В данном примере, PDCCH планирует только расширение пространства поиска, а не фактическую DCI.

[0409] Средняя часть фиг. 17 указывает, что UE может продолжить поиск в том же местоположении, для множества TTI. Фактическое назначение канала физических данных может измениться без принудительного изменения динамического пространства поиска UE. UE может по-прежнему выполнять несколько попыток слепого декодирования, чтобы обеспечить адаптацию скорости передачи и линии связи dPDCCH.

[0410] Новую DCI необходимо отправлять только при изменении расположения dPDCCH. Это показано в самой правой части фиг. 17. Поскольку эта DCI влияет на то, что происходит в следующем TTI, существует риск распространения ошибки в случае, если UE не может принять "прямую DCI", содержащий информацию о расширении пространства поиска.

[0411] Когда информация DCI, переносящая информацию о том, где искать предоставления UL и будущие назначения DL, встроена в PDCCH, тогда необходимо учитывать случаи распространения ошибок, которые могли бы произойти. Случаи распространения ошибок во многих ситуациях легко обнаруживаются сетью и возникают только при обновлении пространства поиска UE DCI. Некоторые из них изображены на фиг. 18. В верхней части фиг. показана безошибочная операция для этой "DCI-последовательной цепочки". В общем, на фиг. 18 показаны примеры возможных сценариев распространения ошибок при использовании внутриполосной DCI для обновления пространства поиска UE. Так помеченные ячейки указывают использование загрузочного канала (например, PDCCH или физического канала данных на конкурентной основе), слегка заштрихованные ячейки указывают непосредственно декодируемый PDCCH, в то время как более темно заштрихованные ячейки указывают повторно передаваемый PDCCH.

[0412] В случае если UE не принимает dPDCCH, то он не принимает встроенное предоставление UL. Когда NW обнаруживает, что запланированная передача UL от UE пропущено, она может предположить, что также было пропущено следующее назначение DL. Эти безуспешные назначения можно отличить от безуспешной передачи UL с помощью обнаружения энергии, например, оценки SINR на DMRS, передача UL содержит данные, но не обратную связь HARQ. Распространение ошибок можно дополнительно уменьшить путем введения "квотирования приема управляющей информации" при изменении пространства поиска. В качестве ответа, NW может повторно передать DCI для второго DL TTI с помощью PDCCH. Это показано в средней части фиг. 18.

[0413] В случае, если UE ожидает приема предоставления UL, но не принимает его, то вместо этого, оно может использовать предварительно запланированный ресурс на конкурентной основе. Использование канала восходящей линии связи на конкурентной основе вместо запланированного выделенного канала указывает на то, что первое декодирование dPDCCH было безуспешным (см. нижнюю часть фиг. 18).

[0414] В дополнение к механизмам неявного обнаружения распространения ошибок, изображенным на фиг. 18, сеть может также запросить UE отправить явные и инициированные событиями отчеты об успешном обнаружении передач dPDCCH. Пример этого показан на фиг. 19, который показывает, что при планировании в UL, UE может сообщать об успешном приеме dPDCCH в предыдущих TTI. В зависимости от характеристик внутри-лучевой DCI, этот дополнительный уровень прекращения распространения ошибок может не потребоваться в данной реализации.

[0415] Таким образом, пространство поиска для управляющей информации нисходящей линии связи (DCI), динамически обновляется посредством сигнализации DCI. DCI может передаваться непосредственно по физическому каналу управления нисходящей линии связи (PDCCH) или встраиваться в элемент управления MAC внутри запланированного канала данных нисходящей линии связи (как правило, dPDCCH).

[0416] Изменения пространства поиска UE, такие как добавление/удаление/перемещение, могут сигнализироваться явно, например, в ранее принятом элементе управления DCI или MAC. Изменения пространства поиска могут быть неявными, например, путем автоматического расширения пространства поиска UE для включения местоположений, используемых для DCI в предыдущих N TTI, или путем автоматического удаления самого старого места пространства поиска UE при добавлении нового места пространства поиска.

2.2.2.4 Совместно используемые опорные сигналы

[0417] Использование каналов управления в луче основывается на наличии того же выделенного опорного сигнала демодуляции (DMRS) для dPDCCH и gPDCCH. Это показано на фиг. 20, где показан пример использования одного набора опорных сигналов демодуляции для конкретного терминала (четыре затененных области, каждая из которых содержит 8 элементов ресурсов) для демодуляции двух физических каналов, dPDCCH и gPDCCH.

[0418] На первый взгляд, иллюстрация на фиг. 20 в некоторых отношениях похожа на то, как в LTE используются CRS в качестве общих опорных сигналов для демодуляции PDCCH и PDSCH. Однако, есть различия. Хотя CRS в LTE могут быть сформированы лучом, например, наклоном антенны вниз, формирование луча не может быть изменено динамически по отношению к конкретному UE, поскольку имеются другие UE, выполняющие измерения на CRS. Таким образом, при использовании ePDCCH+DMRS на PDSCH в LTE, используются два набора опорных сигналов, что приводит к более высоким пилотным служебным издержкам. Когда используется передача на основе CRS в LTE (PDCCH+PDSCH TM4), то отсутствует возможность динамического формирования опорных сигналов лучом в направлении принимающего пользователя.

2.2.2.5 Сегментирование ресурсов

[0419] В LTE, общая пропускная способность системы сигнализируется на PBCH. Для NX, не предполагается, что пользователь осведомлен о ширине полосы системы. Понятие специфической для пользователя ширины полосы все еще желательно, например, для фильтрации канала и целей сигнализации. BW, которой оперирует UE, здесь определяется как "сегмент ресурсов". Сегмент ресурсов - это поднабор частотных и временных радиоресурсов, в которой можно определить радиолинии и режимы передачи. Одним из свойств вырезки (сегмента) ресурсов является то, что его можно полустатически переконфигу-

рировать (что не имеет места в случае "ширины полосы системы", например, в LTE).

[0420] Это означает, что все режимы передачи, определенные для NX, могут работать на поднаборе частотных и временных радиоресурсов. Такие поднаборы или сегменты ресурсов охватывают масштабы от полного использования до минимального использования. Отметим, что это также включает все опорные сигналы, специфичные для ТМ. Эти ограничения по времени и частоте являются полустатическими - они конфигурируются посредством RRC.

2.2.3 Транспортные каналы

[0421] Таким образом, радиоканал NX может иметь один или более физических каналов данных (например, dPDCCH и gPDCCH) в каждом направлении (UL и DL), а объект планирования также имеет доступ к физическому каналу управления (PDCCH), используемому только для передачи управляющей информации. Структура MAC каждого физического канала одинакова как для UL, так и для DL. Пример с двумя PDCCH, первый из которых имеет 1 транспортный блок (TB), а второй имеет два транспортных блока, показан на фиг. 21. Каждый канал имеет заголовок MAC и часть полезной нагрузки, которая содержит элементы MAC. Элементами MAC являются либо элементы управления, либо MAC SDU (блоки данных услуги).

[0422] На фиг. 21 показана базовая структура каналов MAC в NX. Для инициирования потока обмена пакетами используется минимизированный и простой канал начальной загрузки, обозначаемый как физический канал управления (PDCCH). Первый или "непосредственно декодируемый" физический канал (обозначаемый как dPDCCH) несет в основном внутрисполосную управляющую информацию. Вторым или "повторно передаваемый" канал физических данных (обозначаемый как gPDCCH) несет в основном данные пользовательской плоскости и плоскости управления. Предполагается, что оба физических канала данных повторно используют структуру транспортных каналов LTE.

[0423] Содержание подзаголовков MAC в принципе такое же, как и для LTE на сегодняшний день. Подзаголовок может состоять из 1, 2 или 3 байтов информации. Структура [R/R/E/LCID] используется для фиксированной длины MAC SDU и элементов управления MAC с фиксированной длиной, а структура [R/R/E/LCID/F/Длина] используется для переменной длины MAC SDU и элементов управления. Это показано на фиг. 22, где показано, как структура транспортного канала и формат заголовка MAC из LTE повторно используются для NX.

[0424] В LTE, идентификатор логического канала (LCID) определен в отдельных таблицах для UL и DL. NX следует тому же основному подходу. На фиг. 23 показаны примеры того, как таблицы LCID могут быть обновлены для UL и DL, где показаны дополнительные LCID в NX. Для DL, одно дополнение поддерживает передачу DCI (управляющую информацию нисходящей линии связи) в качестве элемента управления MAC. DCI может, как и в LTE на сегодняшний день, использоваться для назначения предоставления UL, планирования передачи DL или отправки команды управления мощностью. Кроме того, DCI расширена, чтобы также поддерживать команду на передачу опорных сигналов, таких как опорные сигналы взаимности (RRS) UL, обозначена как команда передачи RS на фиг. 23. Также информация о передачах опорного сигнала, например, для поддержки мобильности активного режима с динамически активированными и сформированными лучом опорными сигналами, может передаваться в DCI. Это может быть включено в элемент информации о передаче RS на фиг. 23. Отметим, что разные типы DCI также могут быть закодированы как отдельные поля LCID. Для UL не существует подобного определенного поля UCI, и вместо этого различные виды управляющей информации UL имеют, каждый, свое собственное поле LCID.

[0425] В дополнение к DCI и UCI, разрешена передача обратной связи HARQ в управляющем элементе MAC. Это, в свою очередь, позволяет внедрять новые схемы обратной связи, такие как избирательный повтор или схемы, в которых используется более одного бита обратной связи для каждого процесса. Кроме того, введен LCID для обратной связи CSI, а также элемент записи для обратной связи измерения опорного сигнала. Отметим, что не все LCID релевантны во всех случаях. Некоторые из них в основном релевантны в DL, в то время как другие в основном релевантны для UL.

[0426] На фиг. 24 показан пример нисходящей линии связи, в котором сконфигурированы два PDCCH. На фигуре показан пример структуры канала нисходящей линии связи, содержащий физический канал управления (PDCCH), первый "непосредственно декодируемый" физический канал данных (dPDCCH) и второй "повторно передаваемый" канал физических данных (gPDCCH). dPDCCH не использует мягкое объединение повторных передач HARQ и может переносить только один транспортный блок (TB₁), в то время как gPDCCH поддерживает HARQ и поддерживает передачу до двух транспортных блоков (TB₂ и TB₃). Кроме того, PDCCH нисходящей линии связи может передавать DCI и, возможно, некоторые другие элементы управления MAC, встроенные в один транспортный блок ТВО. Идентификатор UE неявно (или явно) закодирован в CRC PDCCH нисходящей линии связи. Отметим, что разница между PDCCH нисходящей линии связи и любым из каналов PDCCH заключается в том, что PDCCH нисходящей линии связи не может переносить никаких SDU MAC. Кроме того, PDCCH нисходящей линии связи вслепую декодируется посредством UE, в то время как каналы PDCCH являются запланированными (неявно, полупостоянно или динамически)

[0427] Соответствующий пример для восходящей линии связи изображен на фиг. 25, на которой

приведен пример структуры канала восходящей линии связи, содержащий физический канал управления, выполненный с возможностью доступа на конкурентной основе (сPDCH), первый динамически планируемый "непосредственно декодируемый" физический канал данных (dPDCH) и второй динамически планируемый "повторно передаваемый" канал передачи данных (rPDCH). Отметим на то, что восходящая линия связи не имеет планировщика, а вместо этого имеет объект обработчика приоритетов, который выбирает данные из логических каналов и управляет мультиплексированием MAC в обеспеченных предоставлениях. Поскольку нет планировщика, то вообще нет необходимости в каком-либо канале PDCH. Вместо этого, передатчик UE имеет канал сPDCH, который в основном предназначен для использования на конкурентной основе. Разница между сPDCH и двумя другими физическими каналами данных (dPDCH и rPDCH) заключается в том, что они предоставляются по-разному.

[0428] Канал на конкурентной основе (сPDCH) использует полупостоянное предоставление, которое может быть назначено другим UE. Следовательно, идентификатор UE кодируется в канале (неявно в CRC или явно с использованием элемента управления MAC с LCID 11000, см. фиг. 23) всякий раз, когда используется сPDCH. В случае, если UE не имеет предоставления достаточного размера, оно может отправить запрос планирования (например, отчет о состоянии буфера) на сPDCH. В зависимости от размера предоставления "в канале на конкурентной основе" сPDCH, UE может также включать данные пользовательской плоскости при передаче по этому каналу. Следует отметить, что каналы, несущие информацию доступа к системе, и сигналы, такие как PRACH, не включены в проиллюстрированную структуру на фиг. 25. Если UE не имеет действительного предоставления для какого-нибудь канала, то передача преамбулы PRACH является альтернативой (дополнительную информацию см. в разделе 3.2).

[0429] "Прямой канал" (dPDCH) и "повторно передаваемый канал" (rPDCH) могут планироваться динамическим образом. При использовании предоставленных ресурсов на этих каналах, предполагается, что приемник знает, кто передает, и, следовательно, идентификацию UE не требуется встраивать.

[0430] Отметим, что это просто примеры, используемые, чтобы показать, что базовая структура PDCH на фиг. 21 работает как для UL, так и для DL, для варианта использования типичной широкополосной мобильной связи. Для других вариантов использования, радиолинии UL и DL могут быть сконфигурированы несколько иначе, например, без второго "повторно передаваемого" канала данных. Предоставляя ресурсы по-разному и встраивая идентификаторы пользователей в некоторые каналы, но не в другие каналы, можно поддерживать множество различных вариантов использования.

[0431] Для восходящей линии связи, отметим, что все каналы, не связанные с доступом к системе, планируются некоторым образом (полупостоянно, динамически или неявно). Так называемые каналы на конкурентной основе не являются специальными в каком-либо конкретном аспекте. Независимо от того, является ли ресурс "выделенным" или нет, он становится нерелевантным в некоторых сценариях, например, когда для обеспечения возможности пространственного мультиплексирования используется массивное MIMO или формирование луча с высоким усилением. Когда ресурсы могут быть пространственно разделены, временные/частотные ресурсы должны быть "выделенными", и, следовательно, приемник в базовой станции должен иметь возможность определить, кто является передатчиком. На каналах на конкурентной основе, в канал встроены идентификаторы UE, в то время как на выделенных каналах это не требуется. Идея здесь состоит в том, что разные физические каналы имеют разные свойства. Разные каналы могут использовать разные поднаборы большой общей таблицы форматов передачи (например, различные кодеры каналов). Продолжая пример на фиг. 25, например, три PDCH могут быть сконфигурированы следующим образом:

сPDCH: Оптимизирован для "конкурентного использования". Например, малое предоставление может быть доступным каждые 2 мс для передачи отчета о состоянии буфера, когда это необходимо. UE разрешено не использовать это предоставление. Обычно, если UE запланировано на UL и не имеет данных для передачи, оно должно заполнить предоставленный ресурс заполнением, но для этого канала UE может просто воздержаться от передачи чего-либо вообще в этом случае. Предоставление может также иметь ограничение (например, в основном может использоваться 10 раз подряд) и, возможно, таймер охлаждения (например, не разрешено использование в течение 100 мс после исчерпания предоставления). Кодер канала может быть сконфигурирован как малый блочный код. При использовании этого канала, необходимо сигнализировать "идентификатор UE" и порядковый номер пакета.

dPDCH: Не поддерживает мягкое объединение повторных передач; использует надежные транспортные форматы; оптимизирован для встроеной управляющей информации, такой как "обратная связь HARQ", "обратная связь CSI" и "обратная связь измерения RS".

rPDCH: Переносит 1 или 2 транспортных блока данных восходящей линии связи; использует мягкое объединение повторных передач на основе обратной связи HARQ; оптимизирован для эффективной транспортировки MAC-SDU (пользовательских данных).

2.2.4 Планирование

[0432] Распределение ресурсов может быть упрощено в NX, особенно когда узлы оснащены множеством антенн. Это связано с так называемым "упрощением" канала, что по существу означает, что после применения правильно выбранного предкодера к передаваемому сигналу, эффективный беспроводной канал между передатчиком и приемником выглядит частотно-плоским (см. раздел 3.4.4.3), и поэтому в

NX может не потребоваться улучшенное частотно-избирательное планирование. Тем не менее, для того, чтобы обеспечить координацию и отличную производительность сети также при высокой нагрузке, по-прежнему существует необходимость проектирования сетевого планирования. Предполагается, что сеть может управлять использованием радиоресурсов посредством явной сигнализации назначения. Назначения планирования могут быть отправлены по выделенному каналу управления или в полосе, как элемент управления MAC, для будущих подкадров. Поддержание потока назначений планирования может быть особенно эффективным для основанного на взаимности массивированного MIMO, где управляющая сигнализация с использованием действительной CSI значительно более эффективна, чем отправка управляющей сигнализации без CSI. Возможно как динамическое, так и полупостоянное распределение ресурсов. По меньшей мере для полупостоянно выделенных ресурсов можно сконфигурировать вариант неиспользования выделенного ресурса, если нет данных или управляющей сигнализации для отправки в данный временной интервал.

[0433] Однако, в некоторых ситуациях, задержки и/или затраты на обеспечение возможности наблюдения и управления из сети также мотивируют распределенные средства управления. Это достигается за счет делегирования управления ресурсами, сеть делегирует часть радиоресурсов, ассоциированных с набором правил и ограничений. Ограничения могут включать в себя, например, приоритеты между ресурсами, указание на то, являются ли ресурсы выделенными или совместно используемыми, правила прослушивания перед передачей, ограничения на использование мощности или суммарного ресурса, ограничения на формирования луча и т.д. Этот принцип проектирования охватывает D2D (раздел 3.1.1), доступ на конкурентной основе (раздел 2.2.6), многоточечную связность (раздел 3.12) и другие характеристики, где строгое управление сетью неосуществимо и/или неэффективно.

2.2.4.1 Опорные сигналы

[0434] В NX предусмотрено несколько разных опорных сигналов для оценки канала и мобильности. Как наличие опорных сигналов, так и отчеты об измерениях управляются планировщиком. Наличие сигналов может динамически или полупостоянно сигнализироваться одному пользователю или группе пользователей.

[0435] Также, можно динамически планировать опорные сигналы для мобильности активного режима (MRS). Затем для UE назначается пространство поиска для передач мобильности. Отметим, что это пространство поиска потенциально контролируется одним или более UE и/или передается от одной или более точек передачи.

[0436] Запланированные передачи опорного сигнала (например, MRS) содержат локально уникальный (по меньшей мере в пределах пространства поиска) идентификатор измерения в сообщении данных и повторно используют некоторые или множество пилот-сигналов в передаче как для целей демодуляции, так и для целей измерения, подразумевая, что это автономное сообщение. Более подробная информация об опорных сигналах приведена в разделе 2.3.

2.2.4.2 Адаптация линии связи

[0437] Выбор скорости передачи также выполняется сетью, чтобы использовать характеристики координации, обеспечивающие возможность более надежного предсказания состояния канала. Различные варианты использования и сценарии NX имеют весьма различающиеся вход и требования к адаптации линий связи. Для поддержки адаптации восходящей линии связи, желательны оценки мощности (или потери на трассе) и зондирующие сигналы. Для адаптации нисходящей линии связи желательно оценивание восходящей линии связи (взаимности), так и нисходящей линии связи на основе пилот-сигнала. Для адаптации нисходящей линии связи на основе пилот-сигнала, может поддерживаться концепция CSI из LTE с CSI-процессами и CSI-RS и CSI-IM (для измерений помех) (см. раздел 3.4). Передача и измерения CSI-RS управляются из планировщика как по времени, так и по частоте. Для большинства случаев использования, CSI-RS может поддерживаться в полосе вместе с передачами данных, но в некоторых сценариях желательна явная сигнализация CSI-RS, например, для совместного использования ресурсов CSI-RS между пользователями. CSI-IM и отчеты о помехах также используются для формирования луча на основе взаимности.

2.2.4.3 Оценка буфера и отчетность

[0438] Оценка буфера используется для поддержки планирования восходящей линии связи. Уведомление данных может быть сделано с использованием передачи данных на предварительно назначенном ресурсе или с использованием однобитного (или на нескольких битах) указания по каналу восходящей линии связи. Оба варианта могут быть либо на конкурентной основе, либо на неконкурентной основе, например, для этой цели может использоваться полустатически сконфигурированный канал UL на конкурентной основе или динамически запланированный непосредственно декодируемый канал UL. Существующий ресурс данных может обеспечить более низкую задержку, в то время как бит запроса планирования позволяет лучше управлять радиоресурсами и обеспечивает потенциально лучшую спектральную эффективность. Канал запроса планирования может не понадобиться в NX, если достаточно обычных каналов восходящей линии связи, потенциально использующих кодовое разделение. Планирование передач запросов, когда UE не является динамически запланированным, полагается на наличие предварительно настроенного предоставления; другими словами, запросы планирования не имеют ника-

кого специального физического канала. Обычно запросы планирования передаются неявно, посредством передачи предопределенных опорных сигналов UL (например, RRS), или явно, с использованием предвзятительно предоставленного канала cPDCH.

2.2.4.4 Планирование нескольких соединений

[0439] Сценарии, такие как многоскачковость и мульти-связность, могут приводить к нескольким управляющим узлам для одного обслуживаемого узла. Координация управляющих узлов имеет важное значение, когда управляемый узел может быть использован для принятия некоторых решений, например, для выбора между конфликтующими назначениями или для распространения информации о состоянии на управляющие узлы. Для наблюдаемости, результат любого распределенного принятия решений может быть передан обратно в управляющие узлы.

[0440] Структура, описанная здесь, с внутрисполосным и внутрилучевым управлением, значительно упрощает варианты использования с мультисвязностью. В сценариях, когда, например, канал данных нисходящей линии связи запланирован из одного узла, а канал данных восходящей линии связи запланирован другим узлом, дополнительные каналы управления восходящей линии связи и нисходящей линии связи для обоих узлов, как правило, также желательны. Путем обеспечения того, что эти каналы управления являются внутрисполосными, упрощается обслуживание и использование каналов управления, ассоциированных с множеством узлов.

2.2.4.5 Координация помех и CoMP

[0441] При более интенсивном использовании направленного формирования луча, помехи, как ожидается, будут прерывистыми в высокой степени. Это свойство обеспечивает более высокий потенциал для координации усиления, путем координации пространственного использования и использования дополнительной степени свободы для управления помехами в тех немногих случаях, когда это необходимо.

[0442] В NX, помехи могут исходить из большого количества различных источников, например, из обычных сигналов соседних узлов, пилотного загрязнения в MIMO, основанном на взаимности, помех UE2UE и BS2BS в динамическом TDD и связи по прямым соединениям и других системах в совместно используемых полосах спектра.

[0443] Для поддержки такого рода характеристик, желательно иметь набор измерений. Для некоторых характеристик подходят инициированные UE отчеты об испытываемых помехах или высокой принимаемой мощности данной последовательности. В некоторых хорошо скоординированных сценариях, предпочтительно использование отчетов CSI, которые были измерены на CSI-RS/-IM.

2.2.4.6 Групповое и выделенное планирование

[0444] UE могут контролировать одно или более запланированных по группе сообщений в дополнение к выделенным сообщениям. Это делается путем конфигурирования UE, чтобы не только контролировать DCI для специфического для UE CRC (как правило, временный идентификатор UE используется для маскирования CRC), но также и для одного или более групповых CRC.

[0445] Типичным вариантом использования этого будет позволить UE измерять динамически запланированные опорные сигналы, такие как CSI-RS, мобильность RS и лучевой-RS. На фиг. 26 показан пример, где для UE1 назначены ресурсы, содержащие дополнительные опорные сигналы CSI, и в более общем плане изображает пример использования группового планирования для распространения информации о динамически доступных опорных сигналах (CSI-RS в данном примере). Эти опорные сигналы могут быть полезны также для других UE, и для этой цели групповое запланированное сообщение может передаваться, например, на PDCCH, чтобы позволить незапланированным UE принимать и выполнять измерения на сигналах CSI-RS.

2.2.5 Управление направленными помехами

2.2.5.1 Методы управления направленными помехами

[0446] При формировании луча с высоким усилением, один или более из трех аспектов могут быть рассмотрены в управлении помехами. Во-первых, испытываемая помехи площадь от узкого луча TX намного меньше, чем от широкого. Во-вторых, формирование луча приемника с высоким усилением является достаточно сильным для режекции помех. В-третьих, испытываемая помехи площадь узкого луча TX может иметь высокую плотность мощности помех. С учетом этих аспектов, могут быть два эффекта: во-первых, количество существенных источников помех для одного подавляемого приемника может быть очень мало, скорее всего, может быть только один значительный источник помех в любой момент времени; во-вторых, испытываемая подавляемым приемником помеха может очень быстро и сильно изменяться, в зависимости от того, передает ли передатчик линии-подавителя или нет. Управление помехами в NX учитывает вышеуказанные характеристики:

Использование дорогостоящего способа управления помехами должно быть осторожным. Способ управления помехами за счет значительного сокращения использования радиоресурсов (например, мощности передачи, пространственно-временных-частотных ресурсов) создающей помеху линии связи может быть отнесен к дорогостоящему способу управления помехами, например, равномерное управление мощностью передачи, подкадр уменьшенной мощности или почти пустой подкадр. Поскольку существует риск того, что выгода для подавляемой линии связи от снижения помех может не скомпенсировать

потерю создающей помеху линии связи из-за сокращения использования радиоресурсов, такие способы должны применяться с осторожностью, с точки зрения системы. Однако, когда существует риск того, что подавляемая линия связи испытывает голод в ресурсах из-за продолжительной и сильной помехи от создающей помеху линии связи, некоторые из таких способов могут быть применены для обеспечения минимально приемлемого опыта работы подавляемой линии связи.

Один или более способов управления помехами без затрат или с небольшими затратами (если не имеется или имеется низкое снижение использования радиоресурсов) могут быть упорядочены по приоритету следующим образом:

- скоординированная адаптация линии связи для защиты возможностей TX с низкой помехой от возможностей TX с высокой

- помехой в соответствии с информацией о помехах, основанной на DLIM;

- скоординированное планирование, чтобы избежать одновременного планирования создающей помеху и подавляемой линий связи при наличии нескольких линий связи-кандидатов;

- скоординированный выбор AP для изменения направления луча TX создающей помеху линии связи или направления RX подавляемой линии связи для достижения выигрыша от совместного использования нагрузки и выигрыша от управления помехами.

2.2.5.2 Согласованное направленное зондирование и считывание (ADSS)

[0447] Как видно из раздела 2.2.5.1, осведомленность о помехах важна для управления помехами при формировании луча с высоким усилением. Разработана схема согласованного направленного зондирования и считывания (ADSS) для получения карты помех направленными линиями связи (DLIM), где DLIM используется для управления помехами. ADSS предназначено для выравнивания зондирования и измерения помех в сети по частотно-временной схеме, определяемой интервалом направленного зондирования и считывания (DSSI) и периодом направленного зондирования и считывания (DSSP). Во время DSSI, каждый передатчик передает один специфический для линии связи сформированный лучом зондирующий сигнал на сконфигурированном блоке ресурсов зондирования (SRU) в направлении его линии связи, и каждый приемник сохраняет состояние считывания в направлении своей линии связи для всех возможных сигналов зондирования по всем SRU. Каждый приемник линии связи сообщает результаты измерений (периодические или инициированные событиями), включая идентификатор создающей помеху линии связи и соответствующий уровень помех. Основываясь на собранных результатах измерений, сеть может получать DLIM.

[0448] На фиг. 27 показана частотно-временная схема для ADSS, показывающая схему ADSS и размерность DSSI для ADSS (T для Tx DSSW и R для Rx DSSW). DSSP (эффективное время DLIM) зависит от различных факторов: скорости передвижения UE, ширины луча для луча TX, развертывания и размерности узлов доступа. DSSP может составлять 203 мс (снаружи) и 389 мс (в помещениях), и общие непроизводительные издержки намного меньше чем 1%, например. ADSS может быть либо отдельным процессом, либо совместным процессом с другими измерениями канала. Следующее решение предполагает, что ADSS - это отдельный процесс.

[0449] В предположении системы TDD, в дополнение к помехам AP-UE и UE-AP, там могут быть помехи AP-AP и UE-UE. Один DSSI разделен на N окон направленного зондирования и считывания. Каждая AP обладает одним TX DSSW (TDSSW) для передачи зондирующего сигнала для линий связи плюс N-1 RX DSSW (RDSSW) для считывания зондирующего сигнала из соседних линий связи. "Глухота" (нечувствительность) ADSS преодолевается с помощью такой размерности и предотвращается пропуск помех.

[0450] ADSS может быть доработано для уменьшения служебных издержек, так что частое ADSS может применяться для пакетного трафика, например, совместное использование одного и того же процесса между ADSS и измерением канала является одним из способов совместного использования служебных издержек.

Непроизводительные издержки отчетности могут быть также уменьшены, с помощью точно определенного условия запуска. Также возможно децентрализованное и реактивное (ответное) направленное зондирования и считывание помех. В случае если нет никакого центрального контроллера, или возникновение помех происходит редко, этот способ может оказаться полезным.

2.2.5.3 Варианты использования

[0451] ADSS является привлекательным во многих аспектах. Первый из них заключается в том, что линия связи доступа и линия связи самотранспортировки измеряются посредством одного и того же процесса. Результаты зондирования могут использоваться для управления маршрутом транспортной сети (пропускной способностью и путем). Второй заключается в том, что все типы помех (AP-AP, UE-UE, AP-UE и UE-AP) измеряются одним и тем же процессом. Нет необходимости в нескольких типах зондирующих сигналов, что является привлекательным для систем как TDD, так и FDD, особенно для системы динамического TDD. Третий аспект заключается в том, что с помощью определенного выравнивания между сосуществующими сетями в совместно используемых диапазонах спектра, можно добиться межсетевой осведомленности о помехах с помощью ADSS.

2.2.6 Доступ на конкурентной основе

[0452] В сценариях с высокой нагрузкой, режимы передачи по умолчанию основаны на поддержании координации с помощью планировщика ресурсов. Однако доступ на конкурентной основе может обеспечить более низкую задержку для первоначальных передач восходящей линии связи и в узлах ретрансляции. Это показано на фиг. 28. Как показано в верхней части фиг. 28, доступ на основе планирования свободен от конкуренции, и производительность выше в сценариях с высокой нагрузкой. Как показано в нижней части фиг. 28, доступ на конкурентной основе может обеспечить более низкие задержки для начальных передач восходящей линии связи и в узлах ретрансляции с большой задержкой к центральному блоку планирования.

[0453] Канал восходящей линии связи на конкурентной основе cPDSCH очень сильно отличается от обычных каналов восходящей линии связи на неконкурентной основе, dPDSCH и rPDSCH. Для UE требуется предоставление, чтобы передавать по cPDSCH, но оно не вынуждается использовать предоставление в случае, если у него нет данных восходящей линии для передачи (в случае, когда UE имеет предоставление для dPDSCH/rPDSCH и не имеет данных, оно должен заполнять предоставление заполнением).

[0454] При использовании cPDSCH, UE должно включать в себя временный идентификатор UE (он может быть длиной в 24 бита в NX, например), так что принимающая базовая станция знает, от кого происходит передача. UE должно также добавлять порядковый номер для указания буфера HARQ, из которого поступают данные. Это объясняется тем, что предоставления для передачи dPDSCH/rPDSCH включают в себя ID процесса HARQ и указатель новых данных которого не имеет предоставление для cPDSCH. Дополнительное различие заключается в том, что канал cPDSCH на конкурентной основе не поддерживает мягкое объединение повторных передач HARQ, т.е. то, что поддерживается на динамически планируемом и свободном от конкуренции rPDSCH (подробнее см. подраздел 2.2.8).

[0455] Передачи по cPDSCH могут создавать помехи другим каналам, прежде всего потому, что синхронизация UL в UE не может быть столь же точной, когда используется этот канал. Решения для этого могут быть специфическими для реализации. Планировщик может, например, рассмотреть потребность в защитных полосах в направлении к каналам без конкуренции и гарантировать, что производительность является достаточно хорошей. Кроме того, так как некоторые недостаточно синхронные UE будут иметь случайное смещение временной диаграммы, может потребоваться, чтобы фактическое время передачи было значительно меньшим, чем распределение ресурса восходящей линии в некоторых случаях. Отметим, что при использовании массивного формирования луча MIMO, существуют пространственные способы борьбы с помехами.

[0456] Передачи по cPDSCH могут также быть ограничены дополнительными правилами доступа, такими как прослушивание перед передачей, и это может относиться как к сценариям как совместно используемого, так и выделенного спектра. В выделенном спектре, например, динамически планируемые передачи (dPDSCH/rPDSCH) могут быть приоритетными. Для эффективного использования обоих принципов передачи (планирования и доступа на конкурентной основе), NX проектируется, чтобы приоритизировать запланированный доступ по сравнению с доступом на конкурентной основе интервальным способом, путем добавления периода прослушивания перед передачей (LBT) в начале каждого подкадра. Если конкретный опорный сигнал или энергия выше порога обнаруживается в этом периоде, то подкадр предполагается занятым, и передача на конкурентной основе откладывается. Передача данных для доступа на конкурентной основе, следовательно, короче по времени, поскольку она первоначально резервирует набор символов для LBT. Для последующей передачи UL запланированный доступ обычно лучше (поскольку он является бесконфликтным), и, следовательно, NX использует доступ на конкурентной основе главным образом, когда время, необходимое для поддержания координации, увеличивает задержку. Это показано на фиг. 29, на которой показано, что приоритизация между запланированными данными и доступом к данным на конкурентной основе разрешается, если запланированные данные начинаются раньше, чем данные на конкурентной основе. Это позволяет доступу на конкурентной основе обнаруживать запланированную передачу данных с использованием контроля несущей. Дополнительная приоритизация между разными доступами на конкурентной основе также возможна за счет различной длины периода контроля несущей, начиная с начала подкадра.

[0457] Для обработки ситуаций "скрытого узла", например, когда мобильный терминал с предоставлением на конкурентной основе не способен обнаруживать, что существует продолжающаяся передача восходящей линии связи (что канал занят), может быть добавлен сигнал "готовности к передаче" (CTS). Это показано на фиг. 30, которая иллюстрирует доступ на конкурентной основе с предотвращением конфликтов, используя как прослушивание перед передачей (LBT), чтобы приоритизировать запланированные передачи, так и сигнал "готовности к передаче" (CTS), для разрешения проблем скрытого узла. Передача на конкурентной основе затем делится на два временных интервала, где указание того, может ли передаваться вторая часть, получают приемом сигнала CTS из сети во время между двумя временными интервалами. Время между двумя временными интервалами (передачи) называется временем прерывания.

[0458] При доступе на конкурентной основе в динамическом TDD, имеется, таким образом, как интервал между прослушиванием перед передачей для предотвращения конфликтов с запланированными кадрами, так и CTS-подобный механизм разрешения конфликта. Таким образом, каналы NX с доступом

на конкурентной основе используют следующий протокол для предотвращения конфликтов:

- прослушивание N (одного или более) символов;
- передача одного символа;
- прослушивание для разрешения конфликтов одного/нескольких символов (<N);
- передача до окончания TTI, если необходимо.

[0459] Первая передача на конкурентной основе может рассматриваться как запрос планирования (SR) или передача запроса на отправку (RTS). Поскольку мобильный терминал может иметь дополнительную информацию о текущем использовании канала (например, путем обнаружения помехи и/или передач PDCCH от других узлов), одним из вариантов в NX является указывать в сигнализации RTS, какие ресурсы мобильный терминал хотел бы использовать. Это обозначается как "избирательный-RTS" (S-RTS) и может быть далее расширено с помощью сообщения настройки-CTS (A-CTS) из сети. Это показано на фиг. 31, на которой показан пример проактивной схемы RTS/CTS с избирательным-RTS (запрос планирования, содержащий предложение физического ресурса) и настроенным-CTS (предоставление передачи восходящей линии связи). Пользовательские терминалы основывают выбор ресурсов S-RTS на возможности контролировать несколько физических каналов управления нисходящей линии связи (PDCCH) (конфигурируемых в сообщении "набор контроля PDCCH" от обслуживающего узла).

[0460] Отметим, что S-RTS может основываться на том, что терминал является реактивным или проактивным при выборе ресурсов, которые ему желательно использовать. Выбор может быть основан, например, на измерениях помех (реактивный) или декодировании канала управления (проактивный).

[0461] Отметим Использование сообщения настройки-CTS из сети полезно также, например, в сценариях с мультисвязностью, например, сетевой режим может использовать некоторые из ресурсов, уже выбранных мобильным терминалом в каком-либо другом соединении.

2.2.7 Механизм мультисвязности L2

[0462] Отметим Мультисвязность является случаем использования, который предъявляет особые требования к структуре протокола. Понятно, что несколько потоков могут поддерживаться на разных уровнях стека протоколов в зависимости от способности координировать обработку буфера.

[0463] Отметим В простейшем случае, одна базовая станция управляет одной несущей, но использует несколько кодовых слов. В этом сценарии естественно выполнять мультиплексирование между MAC и RLC, например, для работы с одним и тем же объектом сегментации/конкатенации. Это может также иметь место для быстрой координации между узлами или несущими.

[0464] Отметим В случае более медленной координации невозможно полностью координировать построение транспортных блоков. В этом случае мультиплексирование должно быть выполнено до сегментации объекта. В этом случае желательно управление потоком.

[0465] Отметим ARQ, если используется, может помещаться до или после разделения.

[0466] Отметим Поскольку разделение/слияние может выполняться на разных уровнях, доставка по порядку, если используется, работает выше самого высокого разделения.

2.2.8 Механизмы повторной передачи

[0467] Отметим Современный протокол обратной связи HARQ в LTE основан на быстрой, но подверженной ошибкам однобитной обратной связи с фиксированной временной диаграммой. Поскольку он далеко не на 100% надежный, необходим более высокий уровень RLC AM для обеспечения надежности, что добавляет задержку. Кроме того, современный протокол HARQ основан на многих строгих временных отношениях (например, синхронная временная диаграмма буфера HARQ), что является очень негибким и вызывает ряд проблем, например, при работе с использованием динамического TDD.

[0468] Отметим Для NX протокол HARQ должен быть быстрым, иметь низкие непроизводительные издержки, быть надежным и не требовать фиксированной временной диаграммы. Протокол повторной передачи RLC все еще желателен для эффективной поддержки сценариев многоскачковости и мобильности.

[0469] Отметим Различные архитектуры протоколов L2 приводят к различным вариантам структуры для функциональностей L2 в отношении многоскачковой связи, таких как ARQ или маршрутизация.

2.2.8.1 Проектирование HARQ/ARQ нисходящей линии связи

[0470] Отметим Для NX двухуровневая структура ARQ поддерживается, как это сделано с RLC/HARQ в LTE. Отличия от LTE заключаются в уровне повторной передачи HARQ, который является быстрым и экономным, но также надежным и не требующим фиксированной временной диаграммы.

[0471] Отметим Для NX улучшенный протокол HARQ имеет один или оба из двух компонентов:

обратная связь "супер-быстрого HARQ" (A), которая обеспечивает по возможности быструю обратную связь HARQ, хотя и не полностью надежную;

обратная связь "запланированного HARQ" (B), которая обеспечивает эффективную, почти 100% надежную обратную связь HARQ, подходящую для использования, например, в сценариях динамического TDD.

[0472] Отметим Кроме того, может быть применен дополнительный RLC ARQ (C), который похож на современный RLC AM ARQ в LTE.

[0473] Отметим Детальная операция ARQ зависит от сценария, например, можно использовать все

или подгруппу этих компонентов ARQ (A, B, C). Иллюстрация структуры ARQ показана на фиг. 32. На фиг. показан усовершенствованный процесс ARQ для односкачкового NX. Как обсуждалось выше, протокол HARQ, показанный на фиг. 32, использует два разных механизма обратной связи: один "супер-быстрый" (A) и один "запланированный" (B). Кроме того, уровень RLC (C) обрабатывает остаточные ошибки (например, из-за мобильности) и повторную сегментацию.

[0474] Обратная связь "супер-быстрого HARQ" (A) проектируется как минимизированная и передается по возможности быстро. Она обеспечивает обратную связь для одной или более передач нисходящей линии связи. Содержание обратной связи может быть одним битом (ACK/NACK), как в LTE, и отправляться после декодирования (или сбоя декодирования) на основе принятого назначения нисходящей линии связи, или обратная связь даже может быть отправлена до полного декодирования, например, "вероятность декодирования низкая/высокая". Кроме того, не ограничивается, что содержание должно быть только одним битом, но это также может быть мягкой мерой качества. Пример использования обратной связи "супер-быстрого HARQ" показан на фиг. 33. В изображенных примерах, быстрая обратная связь HARQ передается в конце первого доступного события передачи UL. На левой стороне фигуры показан пример FDD или TDD малой соты, где обратная связь HARQ включена в один символ OFDM. На правой стороне изображен пример с полудуплексным FDD или TDD большой соты, где быстрая обратная связь HARQ включена в последний сигнал OFDM запланированной передачи восходящей линии связи.

[0475] После приема этой обратной связи "супер-быстрого HARQ" (A), эта сеть действует на принятой информации, например, либо - в случае (вероятно) безуспешного декодирования повторной передачи одних и тех же данных в одном и том же процессе HARQ, либо - в случае (вероятно) успешного декодирования - передачи новых данных в другом процессе HARQ (или, возможно, том же процессе HARQ, если новый процесс HARQ недоступен). Предполагается, что обратная связь "супер-быстрого HARQ" передается на запланированном ресурсе dPDCCH, который обычно предоставляется вместе с ассоциированным назначением DL.

[0476] Обратная связь "запланированного HARQ" (B) также в данном документе обозначается как обратная связь "опрашиваемого HARQ", которая представляет собой мульти-битную обратную связь HARQ, запланированную на канале данных восходящей линии связи, как правило, dPDCCH. Это обеспечивает хорошую и простую структуру, предпочтительную для сценариев динамического TDD, например, где требуется, чтобы протоколы могли обрабатывать динамические и, возможно, разные временные отношения. Будучи в состоянии передать много битов информации, эта обратная связь может быть довольно обширной, и, следовательно, хорошей для обеспечения того, чтобы формирователь луча базовой станции указывал на UE при передаче, чтобы гарантировать максимально благоприятный бюджет линии связи. Это также обеспечивает надежность, например, путем защиты CRC, а также путем включения встроенных методов уменьшения ошибок, как описано ниже.

[0477] Будучи запланированной обратной связью, сеть отправляет предоставление UCI к UE, указывающее, какие или по меньшей мере количество процессов HARQ, о которых следует сообщать в обратной связи. Это предоставление UCI также указывает явные ресурсы, на которых должна проходить эта передача, если, конечно, это уже не было назначено через RRC, и в этом случае предоставление UCI не должно содержать такую подробную информацию.

[0478] Что касается содержания отчета, то оно может быть полноразмерным, охватывая все выделенные процессы HARQ для этого UE в направлении нисходящей линии связи. Также, может быть отправлен малый отчет, который охватывает только части выделенного процесса HARQ. Кроме того, может быть отправлен дифференцированный отчет, в котором, например, сообщается о состоянии процессов HARQ, о которых не сообщалось в последних отправленных отчетах. Какой из этих типов отчетов используется, может быть либо сконфигурировано через RRC, либо это явно указано в принятом предоставлении UCI.

[0479] Для NX, обратная связь (B) "запланированного/ опрашиваемого HARQ" может состоять из 2 битов на каждый процесс HARQ. Эта обратная связь HARQ передается только тогда, когда UE запланировано для нормальной передачи UL, как показано на фиг. 34, которая показывает, что отчеты обратной связи опрашиваемого HARQ передаются в непосредственно декодируемой части обычных запланированных передач восходящей линии связи. Отметим, что транспортный блок dPDCCH защищен посредством CRC, и, следовательно, вероятность приема ошибочного отчета обратной связи опрашиваемого HARQ является низкой. Двумя битами обратной связи на каждый процесс HARQ являются:

NDI-бит переключения: указывает, относится ли обратная связь к нечетному или четному пакету в процессе. Этот бит переключается каждый раз, когда UE принимает указатель новых данных (NDI) в предоставлении нисходящей линии связи, ассоциированном с этим процессом HARQ;

ACK/NACK-бит для процесса HARQ

[0480] Максимальное количество процессов HARQ конфигурируется между $N=\{1, 2, 4, 8, 16, 32, 64\}$, и, следовательно, полный отчет обратной связи опрашиваемого HARQ состоит из $2N$ битов. Возможно, использование меньших отчетов обратной связи опрашиваемого HARQ, например, с использованием дифференциальных, со сжатием или частичных схем отчетности. Возраст отчета обратной связи опрашиваемого HARQ является конфигурируемым (например, 1, 2, 3 или 4 TTI).

2.2.8.2 Структура HARQ/ARQ восходящей линии связи

[0481] Для запланированных передач данных восходящей линии связи, обратная связь HARQ не передается явно, а динамически обрабатывается путем выделения предоставлений восходящей линии связи с тем же ID процесса и указателем новых данных (NDI), который используется для запроса повторных передач.

[0482] Для поддержки повторной сегментации можно добавить дополнительный бит в DCI, например, указатель состояния приема (RSI), чтобы указать, что данные в процессе HARQ не доставлены корректным образом, но запрашивается новый транспортный блок.

[0483] Одно основное событие ошибки, которое может возникнуть для HARQ восходящей линии связи, является ложное обнаружение предоставлений восходящей линии связи, приводящих к отбрасыванию UE недоставленных данных. Однако вероятность множественных последовательных ложных событий обнаружения, при наличии данных в буфере восходящей линии связи, очень мала при разумном размере CRC и пространстве поиска.

[0484] В случае группирования TTI или устойчивого планирования восходящей линии связи, UE также включает ID процесса в передачу восходящей линии связи в UCI внутри dPDCH восходящей линии связи. Специальный отчет обратной связи HARQ (подобный сообщению опрашиваемой обратной связи, используемому для HARQ нисходящей линии связи) отправляется как элемент управления MAC по dPDCH нисходящей линии связи.

[0485] В каналах на конкурентной основе восходящей линии, мягкое объединение попыток повторной передачи не требуется поддерживаться, причина заключается в том, что каналы на конкурентной основе являются обычно конфликтующими, и тогда мягкие буферы, вероятно, будут очень зашумленными, и лучше отбросить данные. В том случае, если это предположение неверно, например, при очень большом количестве антенных элементов, можно использовать мягкое комбинирование.

[0486] При передаче на ресурсе на конкурентной основе, UE должно включать дополнительный порядковый номер, который закодирован как элемент управляющей информации восходящей линии связи (UCI), в dPDCH восходящей линии. ARQ без мягкого комбинирования поддерживается, и в этом случае обратная связь ARQ может быть предоставлена в отдельном сообщении обратной связи в элементе управления MAC. Однако, как правило, за передачей на конкурентной основе восходящей линии связи следует DCI, содержащая предоставление для запланированной передачи восходящей линии связи, которая тогда неявно также содержит обратную связь ARQ для передачи на конкурентной основе.

2.2.8.3 Динамические мягкие буферы HARQ

[0487] Размер мягкого буфера является функциональной возможностью UE для NX. Для UE, поддерживающего определенное максимальное количество процессов HARQ, не требуется также поддерживать мягкое объединение пакетов при работе с очень высокой скоростью передачи данных. См. фиг. 35, где показано, что количество процессов HARQ, для которых UE выполняет мягкое объединение пакетов, может зависеть от размера пакета.

[0488] Мягкие буферы для нескольких десятков Гбит/с могут быть очень большими и поэтому весьма дорогостоящими. По сравнению с этим, мягкие буферы для более низких скоростей передачи являются малыми и дешевыми, и поэтому от UE может потребоваться поддержка мягкого объединения в этой ситуации. Использование очень большого мягкого буфера в устройстве должно быть опциональным, например, в качестве компромисса между затратами и выгодой. Преимущество повышения производительности при мягком объединении пакетов в сложных сценариях (например, край соты низкой скорости передачи) является значительным, в то время как стоимость по-прежнему является разумной.

2.2.8.4 Архитектуры протокола многоскачкового ARQ

[0489] В разделах 2.2.8.1 и 2.2.8.2 описывается, как желательная архитектура протокола ARQ для NX выглядит в сценарии с одним скачком. Теперь в сценарии с многоскачковой/самотранспортируемостью необходимы некоторые дополнительные меры.

[0490] Прежде всего, разные скачки в многоскачковой/самотранспортируемой цепочке могут иметь весьма различные характеристики. Они могут различаться по одному или более параметрам, например:

- условия/качество радиолинии (например, SINR, свойства канала и т.д.);
- возможности Rx/Tx (например, число антенн, максимальная мощность Tx, формирование луча, процедуры приемника, возможности подавления помех и т.д.);
- трафик и маршрутизация (например, количество мультиплексированных пользователей, количество мультиплексированных маршрутов, объемная буферизация и т.д.);
- конфигурация (динамического) TDD;
- и т.п.

[0491] Следовательно, желательны механизмы RRM для каждого скачка (например, адаптация линии связи, сегментация и т.д.). В частности, механизм ARQ для каждого скачка, такой, как описано в разделах 2.2.8.1 и 2.2.8.2, все еще желателен, как далее обсуждается в этом разделе.

[0492] Во-вторых, по мере роста числа скачков увеличивается кумулятивная вероятность сбоя в механизме ARQ для каждого скачка где-то в многоскачковой/самотранспортируемой цепочке. Кроме того, случаи классической мобильности (например, UE присоединяется к другому AP/RN - возможно, также

принадлежащему к BS/CN другой привязки), или когда путь к UE повторно маршрутизируется (например, RN в многоскачковой/самотранспортируемой цепочке удален/добавлен), должны быть учтены. По существу, в сценарии с мобильностью и/или не полностью надежным (H)ARQ для каждого скачка используется отдельный механизм для обеспечения сквозной надежности. Проще говоря, еще один сквозной уровень ARQ является желательным в этих ситуациях, как обсуждается ниже.

[0493] Существуют три возможные архитектуры протокола ARQ для сценариев с многоскачковостью/самотранспортируемостью.

Альт. 1 "HARQ/RLC ARQ для каждого скачка": Архитектура ARQ с одним скачком, как описано в разделах 2.2.8.1 и 2.2.8.2, используется на каждом скачке, включая как HARQ, так и RLC ARQ.

Альт. 2 "Сквозной RLC ARQ": Вновь, на каждом скачке используется та же архитектура ARQ с одним скачком, что и в Alt. 1 выше, но теперь только с HARQ и без RLC на каждом скачке. RLC более высокого уровня (включая ARQ, сегментацию и т.д.) вместо этого размещается только в конечных узлах, например, в BS и UE.

Альт. 3 "Двухуровневый RLC ARQ": Это, по сути, комбинация двух других архитектур ARQ с полным односкачковым ARQ, включая HARQ и RLC ARQ для каждого скачка и, кроме того, более высокий уровень RLC размещается поверх этого в узлах конечной точки.

Перечисленные выше альтернативы показаны на фиг. 36.

[0494] Преимущества и недостатки вышеупомянутых трех возможных архитектур протокола ARQ для многоскачковой/самотранспортируемой связи кратко изложены в табл. 2 ниже.

Таблица 2

	Альт. 1: ARQ на скачок	Альт. 2: Сквозной ARQ	Альт. 3: Двухуровневый ARQ
Преимущества	– Низкая задержка, быстрый. – Меньше сигнализация обратной связи.	– Решает ограничения Альт. 1.	– Преимущества Альт. 1 + преимущества Альт. 2.
Недостатки	– Не очень хорошо справляется со сбоями, повторной маршрутизацией и мобильностью для узлов ретрансляции. – Вся мобильность UE требует повторных передач PDCP из конечной точки. – Необходимо ввести доставку по порядку в PDCP.	– Потеря преимуществ Альт. 1. – Если HARQ не 100% надежный, то дорогостоящие повторные передачи из конечной точки. – Необходимо добавить функцию сегментации в MAC.	– Дополнительные непроизводительные издержки из-за двух уровней протокола.

[0495] Передающий объект RLC в одной конечной точке (например, в BS или UE) сквозного уровня RLC для Альт. 2 и Альт. 3 выше буферизирует каждый переданный пакет, пока тот не будет положительно квитирован принимающим объектом RLC (например, в UE или BS), и после этого он будет удален из буфера. Передающий объект RLC должен иметь свой таймер повторной передачи ARQ, соответственно установленный в зависимости от полной сквозной задержки, к одноранговому объекту RLC в другой конечной точке, чтобы не вызывать преждевременные повторные передачи. Поэтому соответствующее значение таймера может быть оценено различными способами, но эта процедура, очевидно, может быть громоздкой в динамически изменяющейся среде и/или сложных сценариях маршрутизации. В таких случаях лучше, если этот таймер отключен, и повторные передачи конечной точки запускаются только явными отрицательными квитированиями от объекта RLC конечной точки приема.

[0496] Следует отметить, что этот сквозной уровень RLC для Альт. 2 и Альт. 3 выше не обязательно должен быть новым уровнем протокола сам по себе, но он мог бы быть частью PDCP. Фактически, существующие механизмы повторной передачи PDCP могут использоваться для обеспечения этой желаемой сквозной надежности. Это, однако, немного проблематично в отношении маршрутизации, как описано в разделе 2.2.8.5 ниже.

[0497] Подводя итог вышеизложенному, ясно, что выгодно иметь возможность выполнять повторные передачи и сегментацию по каждому скачку, что может исключить Alt.1 в качестве подходящего кандидата - по меньшей мере, в сценариях с мобильностью, возможно повторной маршрутизацией или с не полностью надежным механизмом (H)ARQ на каждый скачок. Кроме того, может быть неэффективным полагаться только на повторные передачи конечной точки, как в Альт. 2, и может потребоваться сегментация уровня MAC (если желательна поддержка повторной сегментации для каждого скачка). Следовательно, также можно исключить Альт. 2 в качестве подходящего кандидата. Следовательно, двухуровневый ARQ согласно Альт. 3 может быть единственной осуществимой и достаточно общей архитектурой, удовлетворяющей прогнозируемым сценариям.

[0498] Ретрансляционный ARQ представляет собой улучшенную версию двухуровневой архитектуры ARQ согласно Alt.3 выше, которая интегрирует ARQ дополнительного уровня RLC в уровень RLC ретрансляции для каждого скачка, как показано на фиг. 37.

[0499] Аспект ретрансляционного ARQ заключается в том, что временная ответственность за повторную передачу делегируется от узла-отправителя (узла-источника или узла-ретранслятора) поэтапно от узла к узлу, пока, наконец, блок данных не будет принят в приемнике. Однако окончательная ответственность за повторную передачу остается с исходным узлом (BS или UE). Это является тем же самым, как то, что происходит в Альт. 3.

[0500] Исходное предположение для ретрансляционного ARQ, однако, состоит в том, что каждый узел использует ту же нумерацию последовательностей, размер PDU и состояние протокола и т.д. что может оказаться невозможным для динамического изменения качества канала для каждого скачка. Однако для решения этой проблемы могут быть приняты некоторые решения. Добавляя таблицу отображения отношения порядковых номеров в узле ретрансляции, функциональность сегментации все равно может поддерживаться. Альтернативно, существующий механизм ретрансляции LTE может использоваться вместе с некоторыми возможными оптимизациями, чтобы, например, уменьшить непроизводительные издержки, вызванные многоступенчатыми повторными сегментациями. Например, в некоторых вариантах осуществления, только полностью скомпонованные RLC SDU, а не отдельные их сегменты, перенаправляются по следующей линии связи.

[0501] Независимо от того, используется ли подход двухуровневого ARQ согласно Alt. 3 или архитектура ретрансляционного ARQ, только в конечных точках (например, BS и UE) должна использоваться доставка по порядку блоков RLC SDU, тогда как промежуточные ретрансляционные узлы (RN) должны доставлять SDU RLC не в последовательности. Причиной этого является то, что только более высокие уровни протоколов в конечных точках могут потребовать доставки данных по порядку, тогда как требование доставки по порядку в промежуточных узлах может вызвать риск недоиспользования линий связи. Кроме того, не требуя доставки по порядку в каждом промежуточном узле, пакет данных может свободно отображаться по нескольким путям, следовательно, достигается балансировка нагрузки по промежуточным линиям связи и узлам.

2.2.8.5 Рассмотрение маршрутизации в многоскачковом L2

[0502] Выбор структуры для архитектуры ретрансляции для поддержки многоскачковой маршрутизации в многоскачковой сети влияет на структуру ARQ. Как обсуждалось в разделе 3.6.6, ретрансляция может выполняться на L3/IP или в L2, где для ретрансляций LTE, например, маршрутизация выполняется над уровнем PDCP. Однако для NX, уровень PDCP имеет свои объекты только в узлах привязки, например, BS и UE, но не в промежуточных ретрансляционных узлах, так как в противном случае механизмы шифрования/защиты PDCP потребовали бы сложной обработки каждого такого ретрансляционного узла. Следовательно, проблема заключается в том, как выполнять маршрутизацию в NX без наличия уровня PDCP в каждом узле.

[0503] Один из вариантов заключается в том, что каждый пользователь обрабатывается отдельно по всем скачкам, например, отдельные протокольные объекты установлены во всех узлах вдоль маршрута, и между пользователями не выполняется мультиплексирование. Это просто с точки зрения протокола, но плохо масштабируется для многих пользователей и многих скачков. Также, процедуры L1 являются сложными, поскольку каждый ретрансляционный узел должен контролировать и обрабатывать данные отдельно для любого пользователя, маршрутизируемого через узел.

[0504] Другим вариантом является то, что маршрутизация включена в или между одним из уровней L2 протокола. Уровень, в который включен идентификатор маршрутизации, зависит от уровня многоскачковой схемы. Это могло бы, например, быть сделано на дополнительном уровне RLC', представленном в разделе 2.2.8.4 или в подходе двухуровневого ARQ (Alt. 3). Этот уровень тогда содержит, помимо обычной функциональности RLC, также функциональность маршрутизации PDCP, но не другие части PDCP, например, шифрование/безопасность. Следовательно, малый контекст UE мог бы быть желательным в каждом узле ретрансляции в дополнение к тому, что было показано на фиг. 36. В случае, когда используется ARQ с ретрансляцией, RLC' может тогда просто рассматриваться как "маршрутизирующий" уровень RLC.

[0505] На фиг. 38 показан обзор многоскачковой архитектуры для поддержки маршрутизации реле. Как показано на фигуре, в каждом узле ретранслятора информация о маршрутизации основана на идентификаторе PDCP и обрабатывается на уровне RLC'. Это возможно, потому что существует механизм маршрутизации уровня 3, который гарантирует наличие обновленных таблиц маршрутизации в каждом узле (ретрансляторе).

2.2.9 Структура MAC для C-MTC

[0506] Услуги с низкой задержкой и высокой надежностью описаны далее в разделе 3.1. Здесь обсуждаются некоторые дополнительные соображения MAC, связанные с C-MTC.

2.2.9.1 Динамическое планирование для C-MTC

[0507] Динамическое планирование, как в LTE на сегодняшний день, рассматривается как базовый метод MAC для C-MTC. В соответствии с этой схемой, базовая станция (BS) назначает блоки ресурсов

для разных пользователей динамическим способом (например, по мере необходимости). Это требует управляющей сигнализации в виде запросов планирования (SR) и предоставлений планирования (SG), что также увеличивает общую задержку. Для удовлетворения требований к задержке и надежности для приложений С-МТС, динамическое планирование подразумевает некоторые изменения по сравнению со стандартом LTE в слое физического уровня, например, сокращение ТТІ, большое разнесение антенн и т.д. На фиг. 39 показана диаграмма сигнализации для динамического планирования. В динамическом планировании ресурсы назначаются по мере необходимости, а минимальная достижимая задержка равна трем ТТІ, предполагая нулевые задержки обработки.

2.2.9.2 Мгновенный доступ к восходящей линии для С-МТС

[0508] Мгновенный доступ к восходящей линии (IUA) является формой предварительного планирования, чтобы позволить передавать пакеты данных без запросов планирования. Ресурсы предварительно зарезервированы на основе требований задержки, объема и типа трафика. IUA является оптимальным для периодического трафика, где структура трафика предварительно известна, и, таким образом, передачи IUA могут быть предварительно сконфигурированы соответствующим образом на уровне MAC. Однако, чтобы гарантировать детерминированную задержку для спорадического трафика, каждое устройство требует выделенных предварительно назначенных ресурсов, чтобы гарантировать то, что сообщения о чрезвычайной ситуации, когда они происходят, всегда передавались в требуемые сроки. Это означает, что ресурсы не могут использоваться другими устройствами, хотя их фактическое использование спорадическими данными (редкие события) является очень низким. Чтобы увеличить использование ресурсов, может использоваться IUA на конкурентной основе (CB-IUA). CB-IUA позволяет совместно использовать одни и те же ресурсы между двумя или более устройствами. Поскольку использование одних и тех же ресурсов двумя устройствами может привести к конфликтам пакетов, механизмы разрешения конфликтов становятся обязательными для достижения требуемых уровней надежности в границах задержки. Обнаружение конфликтов может быть выполнено с использованием опорных сигналов демодуляции (DMRS) для дифференциации пользователей. После обнаружения столкновения и идентификации устройств/пользователей, участвующих в конфликте, базовая станция может индивидуально опрашивать устройства для достижения более высокой надежности. Кроме того, порядок, в котором базовая станция опрашивает пользователей, может быть скорректирован в соответствии с требованиями приложения, включая потребности трафика и приоритизацию. Процесс разрешения конкуренции после конфликта показан на фиг. 40.

[0509] Более того, риск конфликта в CB-IUA может быть сведен к минимуму благодаря некоторым расширенным функциональностям, таким как интеллектуальное группирование устройств С-МТС. Группирование может быть основано на географическом местоположении, функциональном поведении или аспекте схемы передачи. Можно также выполнить реконфигурацию групп "на лету", как только пройден заданный порог конфликта.

2.2.9.3 Доступ на конкурентной основе с использованием прослушивания перед передачей для С-МТС

[0510] Эта схема основана на известном принципе прослушивания перед передачей (LBT). Чтобы избежать чрезмерного предоставления ресурсов для не столь частого трафика в сценариях использования С-МТС, становится доступным канал доступа на конкурентной основе (сPDCH). Однако ширина полосы ресурса на конкурентной основе распределяется в соответствии со сценарием (например, количеством устройств в сети и генерируемым трафиком и т.д.), так что требования к задержке для приложений С-МТС выполняются.

[0511] Кроме того, канал на конкурентной основе может быть использован запросом планирования (SR) для регулярного (традиционного) трафика или любого другого спорадического трафика с большим размером полезной нагрузки. В случае спорадического трафика реального времени с небольшим размером полезной нагрузки (например, сигналов тревоги), спорадические данные могут быть переданы непосредственно по каналу восходящей линии связи на конкурентной основе с использованием принципа LBT. Таким образом, для приложений С-МТС решение о том, отправлять или нет данные реального времени по каналу восходящей линии связи на конкурентной основе, принимается на основе размера данных. Объем требуемой ширины полосы может быть фиксированным во времени или адаптивно корректируемым в соответствии с нагрузками трафика, количеством узлов и вероятностью конфликтов.

[0512] Одной расширенной альтернативой является совместное использование ресурсов канала на конкурентной основе с другими каналами. В соответствии с этой альтернативой, все ресурсы считаются доступными для конкуренции, если они не зарезервированы. Базовая станция, как центральный контроллер, управляет всеми ресурсами и всегда гарантирует наличие ресурсов для конкуренции. Преимущество этого усовершенствования заключается в уменьшении вероятности конфликтов между пакетами за счет увеличения числа доступных каналов конкуренции. Однако для координации использования ресурсов между устройствами на основе уровней приоритета требуются дополнительные непроизводительные издержки на управление ресурсами. Кроме того, каждое устройство поддерживает таблицу распределения ресурсов, которая отражает ресурсы, доступные для конкуренции.

2.2.9.4 Механизмы опроса для С-МТС

[0513] Выделение ресурсов для C-MTC можно увеличить с использованием хорошо известного механизма опроса. Согласно этой схеме, базовая станция опрашивает устройства и корректирует частоту опроса на основе требований приложения, количества устройств, уровней приоритета и скорости генерации данных. Опрос увеличивает требуемые непроизводительные издержки на управление по сравнению с IUA, где ресурсы предварительно конфигурируются однократно для нескольких передач.

[0514] Еще одним усовершенствованием этой схемы является групповой опрос, при котором базовая станция одновременно опрашивает группу устройств. Количество устройств в одной конкретной группе зависит от доступности ресурсов, общего количества устройств, задержки и требований к трафику. Существует две альтернативы для распределения ресурсов в групповом опросе, как показано на фиг. 41, где показан групповой опрос с использованием методов доступа на неконкурентной основе (слева) и на конкурентной основе (справа). В соответствии с этими альтернативами, устройства, опрошенные как группа, могут либо конкурировать за совместно используемый ресурс, либо использовать выделенные ресурсы. Основным преимуществом использования механизмов опроса является их детерминированная сущность. Это также позволяет избежать чрезмерного выделения ресурсов, как в случае IUA. С другой стороны, механизмы опроса требуют дополнительной управляющей сигнализации в форме "опросов".

2.2.10 Примеры использования

[0515] Для объяснения того, как различные аспекты решения NX L2, описанного в этом подразделе, работают вместе, здесь приведены дополнительные примеры.

2.2.10.1 Примеры многопользовательского MIMO

[0516] На фиг. 42 и 43 показаны два разных примера планирования MU-MIMO с использованием внеполосной и внутриволновой DCI, соответственно. Во внеполосном (и за пределами полосы) примере согласно фиг. 42, все DCI передаются по PDCCH. Поскольку PDCCH должен переносить относительно большое количество битов, ему требуется больше ресурсов. UE должны выполнять больше попыток слепого декодирования, поскольку большее количество UE мультиплексируется в PDCCH. Так как PDCCH обычно должен использовать полную мощность, ресурсы PDCCH, перекрывающиеся с ресурсами PDCCH, не могут быть использованы. Доставка DCI является дорогостоящей по сравнению с данными, так как в этом примере не используется оптимизированное для UE формирование луча.

[0517] На фиг. 43 показан пример планирования MU-MIMO с использованием внутриволновой и внутриволновой DCI на непосредственно декодируемом физическом канале данных (dPDCCH). Когда DCI вместо этого передаются в луче и в полосе, как на фиг. 43, на запланированных ресурсах, ресурс PDCCH может быть сделан значительно меньшим. Это также оставляет больше ресурсов для PDCCH. DCI передается на динамически расширенное пространство поиска внутри запланированного канала данных. Как непосредственно декодируемые, так и повторно передаваемые физические каналы данных (dPDCCH и rPDCCH) используют одни и те же опорные сигналы демодуляции, которые формируются лучом к каждому отдельному UE. Доставка управляющей информации дешевле, поскольку она извлекает выгоду из усиления антенной решетки. Кроме того, пространство поиска UE может быть уменьшено, поскольку нет необходимости поддерживать мультиплексирование пользователей на выделенном канале управления dPDCCH.

2.2.10.2 Пример случая использования взаимности

[0518] Поддержка работы с взаимным массивным MIMO и динамическим TDD является важным аспектом NX. Этот случай использования является основой для приведенных ниже примеров.

[0519] Начиная с примера с передачей данных нисходящей линии связи, поддерживающей взаимное массивное формирование луча MIMO, как показано на фиг. 44, обслуживающий узел использует PDCCH для планирования передачи взаимных опорных сигналов (RRS) с мобильного терминала. Кроме того, PDCCH содержит DCI с расширением динамического пространства поиска. Передача RRS должна покрывать ширину полосы передачи PDCCH нисходящей линии связи, чтобы позволить осуществлять формирование луча на основе взаимности канала.

[0520] В ответ на передачу RRS, базовая станция передает PDCCH, содержащий прямую (dPDCCH) и повторно передаваемую (rPDCCH) часть. Мобильный терминал находит DCI в dPDCCH, которая указывает формат передачи, и которая также содержит предоставление для передачи ответа.

[0521] Первый ответ для восходящей линии связи содержит новый RRS и быструю обратную связь ACK/NACK. Поскольку RRS должен покрывать ширину полосы канала нисходящей линии связи, стоимость включения дополнительной информации в dPDCCH во многих случаях незначительна. Поэтому первый ответ, как правило, содержит дополнительную обратную связь, такую как обратная связь CSI, MRS-измерения и/или информацию обогащенной обратной связи HARQ.

[0522] Для второй передачи DL, UE уже сконфигурировано для поиска DCI в dPDCCH, и никакое явное сообщение не требуется, чтобы позволить UE выполнять этот поиск. Вторая передача обратной связи в данном примере также содержит обратную связь более высокого уровня (обратную связь TCP и/или обратную связь RLC). Это передается как данные восходящей линии связи в поле rPDCCH. В дополнение к быстрому ACK/NACK, dPDCCH может также содержать большой отчет обратной связи HARQ (обозначено опрашиваемыми ACK/NACK в примере), а также дополнительную обратную связь (CSI, BSR и т.д.).

[0523] Отметим, что в нисходящей линии связи dPDCH помещен в начале передачи, в то время как в восходящей линии связи dPDCH помещен в конце передачи. Это должно позволить UE обрабатывать и генерировать обратную связь, которую оно размещает в dPDCH восходящей линии связи.

[0524] На фиг. 45 показан соответствующий пример передачи данных восходящей линии связи для взаимного массивированного формирования луча MIMO. В этом примере UE сначала сконфигурировано с малым RRS и ассоциированным динамическим пространством поиска для dPDCH нисходящей линии связи. Когда UE имеет данные для передачи, оно отправляет RRS на предварительно предоставленном ресурсе. Этот RRS неявно служит в качестве запроса планирования, и он также позволяет базовой станции отправлять первый dPDCH нисходящей линии связи с использованием формирования луча на основе взаимности. Предоставленные передачи восходящей линии связи содержат RRS (используемый также для демодуляции канала восходящей линии связи), повторно передаваемый PDCN и прямой PDCN в конце. Передачи нисходящей линии связи содержат прямой PDCN, содержащий предоставления UL (с неявной обратной связью HARQ) и дополнительный запрос обратной связи, которая должна передаваться посредством UE. Передачи нисходящей линии связи также включают в себя повторно передаваемый PDCN, содержащий в основном обратную связь более высокого уровня.

2.3 Физический уровень радиointерфейса

2.3.1 Схема модуляции

[0525] Краткое содержание раздела: NX использует OFDM в качестве схемы модуляции в UL и DL, возможно, также включает в себя режим низкого PAPR (например, DFTS-OFDM) для энергоэффективной работы с низким PAPR и фильтруемым/кадрированным OFDM для смешивания нумерологий в частотной области. Отметим, что "нумерология", как этот термин используется здесь, относится к конкретной комбинации ширины полосы поднесущей OFDM, длины циклического префикса и длины подкадра. Термин "ширина полосы поднесущей", который относится к ширине полосы, занятой одной поднесущей, непосредственно связан, а иногда используется взаимозаменяемо, с шагом поднесущей.

[0526] Схема модуляции NX представляет собой OFDM с циклическим префиксом, как для UL, так и для DL, что обеспечивает более симметричную конструкцию линий связи. Учитывая большой рабочий диапазон NX, от 1 ГГц до 100 ГГц, многочисленные нумерологии могут поддерживаться для различных частотных областей, см. раздел 2.3.2.3. OFDM является хорошим выбором для NX, так как оно очень выгодно сочетается с многоантенными схемами, еще одним важным компонентом в NX. В OFDM, каждый блок символов очень хорошо локализован по времени, что делает OFDM также очень привлекательным для коротких пакетов передачи, важных для различных приложений МТС. OFDM не обеспечивает столь же хорошую изоляцию между поднесущими, как некоторые схемы на основе фильтров; однако кадрирование или поддиапазонная фильтрация обеспечивает достаточную изоляцию между поддиапазонами (например, не отдельных поднесущих, а наборов поднесущих), где это необходимо.

[0527] В разделе 2.3.3 описывается, что для некоторых случаев использования, смешивание различных нумерологий OFDM является полезным. Смешивание различных нумерологий OFDM может быть выполнено во временной области либо в частотной области. В разделе 2.3.3 показано, что для смешивания данных MBW и чрезвычайно критичных к задержке данных МТС на одной и той же несущей, выгодно использовать смешивание нумерологий OFDM в частотной области. Смешивание частотной области может быть реализовано с использованием фильтруемого/кадрированного OFDM. Фиг. 46a показывает блок-схему фильтруемого/кадрированного OFDM. В этом примере, верхняя ветвь использует узкие (16,875 кГц) поднесущие 400-1100. Нижняя ветвь использует широкие (67,5 кГц) поднесущие 280-410, которые соответствуют узким поднесущим 1120-1640. На фиг. 46b показано отображение верхней и нижней ветвей на частотно-временную плоскость. В течение временной длительности большого IFFT (2048 выборок) выполняются четыре малых IFFT (512 выборок).

[0528] В фильтруемом OFDM, поддиапазоны фильтруются для уменьшения помех другим поддиапазонам. В кадрированном OFDM, начало и конец символов OFDM умножаются на гладкое окно временной области (обычное OFDM использует прямоугольное окно, охватывающее длину символа OFDM, включая циклический префикс), уменьшая разрывы при символьных переходах и, таким образом, улучшая характеристику крутизны спектра. Это показано на фиг. 47, которая изображает, как начало и конец символа OFDM умножаются на плавное окно во временной области.

[0529] В примерном смешивании нумерологий OFDM в частотной области, показанном на фиг. 46, нижняя ветвь использует нумерологию с поднесущими в четыре раза шире, чем в верхней ветви, например, 16,875 кГц и 67,5 кГц для верхней и нижней ветви, соответственно (см. раздел 2.3.2.3 для поддерживаемых нумерологий). В данном примере, обе ветви используют одну и ту же тактовую частоту после обработки IFFT и могут непосредственно суммироваться. Однако в практической реализации это может быть не так; особенно если одна из нумерологий охватывает гораздо более узкую ширину полосы, чем другая, предпочтительна обработка с более низкой частотой дискретизации.

[0530] Хотя возможно фильтруемое OFDM, кадрированное OFDM является предпочтительным из-за его большей гибкости.

[0531] Поддиапазонная фильтрация или кадрирование (как в передатчике, так и в приемнике) и защитные полосы желательны для подавления помех между поднесущими, так как поднесущие разных

нумерологий не ортогональны друг к другу. В дополнение к поддиапазонной фильтрации или кадрированию, фильтрация по ширине полосы передачи также желательна, чтобы выполнить требования по желательному внеполосному излучению. Защитная полоса 12 узкополосных поднесущих обеспечивает SNR 20+ дБ на всех поднесущих, тогда как защитная полоса 72 узкополосных поднесущих обеспечивает SNR 35+ дБ на всех поднесущих. Чтобы избежать ненужных потерь защитной полосы, фильтруемое/кадрированное OFDM может быть ограничено двумя смежными блоками различных нумерологий. До такой степени, в которой фильтруемое/кадрированное OFDM поддерживается стандартом NX, каждое устройство NX - даже устройство, поддерживающее только одну нумерологию, - должно поддерживать фильтрацию/кадрирование при передаче и приеме, поскольку оно могло бы работать на несущей NX, работающей со смешанными нумерологиями (учитывая низкую сложность кадрирования, разумно будет предположить, что каждое UE может реализовать кадрирование). Сетевой узел, с другой стороны, должен поддерживать фильтруемое/кадрированное OFDM, только если он поддерживает смешанные варианты использования, требующие смешивания нумерологий в частотной области. Отметим, что для тестирования выбранной реализации подробные спецификации кадрирования или поддиапазонной фильтрации не нужны, нужны скорее требования к производительности. Поддиапазонная фильтрация и кадрирование также могут быть смешанными в передатчике и приемнике.

[0532] OFDM может также включать режим низкого PAPR, такой как DFTS-OFDM. OFDM используется, чтобы максимизировать производительность, в то время как режим низкого PAPR может использоваться в реализациях узла (как eNB, так и UE), где отношение пиковой к средней мощности (PAPR) волновой формы важно с аппаратной точки зрения, например, на очень высоких частотах.

2.3.2 Структура кадра и нумерология

Краткое содержание раздела:

[0533] На физическом уровне, минимальным блоком передачи является подкадр. Более длинные передачи могут быть реализованы путем агрегации подкадров. Данная концепция допускает переменный TTI, для данной передачи TTI соответствует длине подкадра или длине агрегата подкадров, в случае агрегации подкадров.

[0534] Три ширины полосы поднесущей определены для покрытия рабочего диапазона от частот ниже 1 ГГц до 100 ГГц и большого спектра случаев использования.

[0535] NX поддерживает как FDD, так и динамический TDD. Хотя это не относится к первым выпускам NX, концепция расширяется до полного дуплекса, особенно на базовой станции, поскольку технология полного дуплекса становится более "зрелой".

2.3.2.1 Структура кадра

[0536] Физический уровень NX, как описано здесь, не имеет кадров, а только подкадры. Не исключено, что понятие кадров может быть введено позже. Определены два основных типа подкадра: один для UL и один для DL. Эти типы подкадров идентичны для FDD и TDD. На фиг. 48 показаны основные типы подкадров, где T_{sf} - длительность подкадра. T_{DL} и T_{UL} являются длительностью активной передачи в DL и UL, соответственно. Подкадр состоит из N_{symb} символов OFDM (см. табл. 3), но не все символы в подкадре всегда используются для активной передачи. Передача в подкадре DL начинается в начале подкадра и может продолжаться от 0 до не более N_{symb} символов OFDM (более поздний запуск передачи в подкадре DL для операции прослушивания перед передачей также возможен). Передача в подкадре UL останавливается в конце подкадра и может продолжаться от 0 до не более N_{symb} символов OFDM. Промежутки - если они присутствуют - используются в TDD для передачи в обратном направлении внутри подкадра, как описано ниже.

[0537] На фиг. 49 показано, как эти два типа подкадра вместе создают структуру кадра для FDD и TDD. На фиг. 49а показана структура кадра для TDD. В подкадрах с передачей UL в конце передача DL останавливается раньше. На фиг. 49b показана структура кадра для TDD, передачи UL, а на фиг. 49с показана структура кадра для FDD. T_A представляет собой значение опережения временной диаграммы, на величину которого передача UL предшествует передаче DL. $T_{GP,DU}$ и $T_{GP,UD}$ являются защитными периодами, необходимыми для переключения DL→UL и UL→DL в TDD, соответственно. Важно отметить, что подкадры DL и UL существуют одновременно - в течение каждой длительности T_{sf} подкадра существуют как подкадр DL, так и подкадр UL, даже при том, что никакая передача может не произойти в дуплексном направлении (чтобы избежать одновременной передачи и приема в TDD и полудуплексных приемопередатчиках). При таком определении, передачи UL происходят только в подкадрах UL, а передачи DL только в подкадрах DL. Это упрощает спецификацию, поскольку один подкадр затем передается только от одного узла.

[0538] Как показано на фиг. 49а, структура кадра также допускает передачу UL в конце длительности интенсивного подкадра DL, останавливая передачу DL раньше, как объяснялось ранее. Как минимум, передача DL должна останавливаться за два символа OFDM до окончания подкадра для обеспечения требуемых защитных периодов для дуплексного переключения и самой UL передачи. Эта передача UL может использоваться для быстрой обратной связи ACK/NACK, а также для другой информации UL, такой как CQI, RRS, и малого количества пользовательских данных. В FDD, например, как показано на фиг. 49с, быстрое ACK/NACK отправляется в конце следующего подкадра UL, чтобы обеспечить полное

использование подкадра DL и сохранить общую структуру с TDD. Даже для TDD время обработки для декодирования и подготовки ACK/NACK является очень коротким, поэтому даже здесь поддерживается передача быстрого ACK/NACK в следующем подкадре UL. Если решения ACK/NACK могут быть основаны на принятых опорных сигналах, которые передаются рано в подкадре DL, то быстрая обратная связь ACK/NACK в конце настоящего подкадра UL даже возможна для FDD. Отметим, что NX в дополнение к быстрому ACK/NACK также предоставляет механизм запланированного ACK/NACK для квитирования нескольких передач; см. раздел 2.2.8.1.

[0539] На фиг. 49b показана (для TDD) длительность подкадра, содержащего только UL. Необходимый защитный период генерируется оставлением начала подкадра UL пустым.

[0540] На фиг. 49 также показано самое раннее возможное время повторной передачи. Для TDD, в принципе, можно было бы запланировать повторную передачу уже в следующем подкадре DL. Однако, учитывая реалистичные задержки декодирования в eNB, это невозможно; поэтому самая ранняя практическая возможность повторной передачи находится в подкадре, следующем за следующим подкадром DL. Важно отметить, что для NX в направлении как DL, так и UL, используется протокол асинхронного гибридного ARQ, где повторные передачи планируются в произвольное время, где подкадр, следующий за следующим подкадром DL, являющимся самым ранним возможным временем повторной передачи. Для FDD, самой ранней возможностью повторной передачи является на один подкадр позже, чем в TDD, из-за задержки ACK/NACK. Чтобы соответствовать задержке повторной передачи TDD, можно использовать очень большое временное опережение, что дало бы eNB достаточно времени для планирования повторной передачи в подкадре, следующем за следующим подкадром DL.

[0541] Пример на фиг. 49a показывает передачу DL, сопровождаемую передачей UL, например, для быстрого ACK/NACK. Тем не менее, та же самая основная структура применяется, даже если начало длительности подкадра использовано для управления DL, а оставшаяся часть - для защиты и UL. Управление DL в начале могло бы, например, содержать предоставление UL; однако в большинстве случаев предоставление UL будет действительно для следующего подкадра UL. Если предоставление будет действительно для текущего подкадра UL, это будет означать чрезвычайно короткое время подготовки в UE, а в случае FDD также бесполезную трату ресурсов, так как начало подкадра UL будет пустым. См. фиг. 50 для примера. Как показано на фиг. 50, предоставление UL, переданное в начале подкадра DL, обычно действительно для следующего подкадра UL. Если бы предоставление было действительно для текущего подкадра UL, то начало подкадра UL будет пустым. Для чрезвычайно критичных к задержке приложений, например, для некоторых вариантов использования C-MTC, может рассматриваться также действительность предоставления для того же самого подкадра UL.

[0542] Длительность одного подкадра является очень короткой. В зависимости от нумерологий, длительность может составлять несколько сотен мкс или даже менее 100 мкс, в крайнем случае даже менее 10 мкс; более подробную информацию см. в разделе 2.3.2.2. Очень короткие подкадры важны для устройств C-MTC, требующих короткой задержки, и такие устройства обычно проверяют управляющую сигнализацию, передаваемую в начале каждого подкадра DL. Учитывая критическую природу задержки, сама передача также может быть очень короткой, например, один подкадр.

[0543] Для устройств MBW, экстремально короткие подкадры обычно не требуются. Таким образом, можно агрегировать несколько подкадров и планировать агрегацию подкадров с помощью одного канала управления. Примеры приведены на фиг. 49b и 49c и фиг. 50. Агрегация подкадров поддерживается в DL и UL; из-за ограничений полного дуплекса подкадры UL и DL (агрегаты) не могут перекрываться. Одиночный транспортный блок (без учета MIMO и возможности иметь два транспортных блока, отображаемых на dPDSCH и rPDSCH; см. раздел 2.2.2.1) отображается на агрегат подкадров, и квитирование корректного приема выполняется для агрегата подкадров, а не для отдельных подкадров. Это также уменьшает непроизводительные издержки, если быстрое ACK/NACK используется, в частности, для TDD, так как теперь быстрая передача ACK/NACK (плюс защитный период) происходит только один раз на каждый агрегат подкадров, а не один раз на каждый подкадр.

[0544] Поддерживается мультиплексирование отдельных подкадров и агрегация подкадров. В DL, когда отдельные подкадры перекрываются с агрегатами подкадров, и UE, принимающие отдельные подкадры, должны квитировать их с помощью быстрого ACK/NACK, агрегированный подкадр должен содержать промежутки отсутствия передачи для обеспечения приема UL в eNB.

2.3.2.2 Мультиплексирование данных и управление

[0545] Физический канал управления нисходящей линии (PDCCH), когда он присутствует, начинается в начале подкадра DL (возможно более позднее начало передачи в подкадре DL для операции прослушивания перед передачей; более подробно о прослушивании перед передачей см. раздел 3.8.4). PDCCH охватывает предпочтительно 1 символ OFDM во времени, но может расширяться до N_{sym} символов (то есть до одного подкадра). PDCCH может запланировать физический канал данных (PDSCH) в том же самом и следующем подкадре для DL и PDSCH в следующем подкадре для UL. PDCCH может быть или не быть в состоянии запланировать UL того же подкадра.

[0546] PDSCH может охватывать несколько подкадров DL. Он может начаться позже в подкадре DL, если мультиплексируется по времени с PDCCH, иначе он начинается в начале подкадра DL. Для TDD, он

может закончиться до конца подкадра DL, чтобы позволить осуществить передачи UL в конце подкадра.

[0547] На фиг. 51 показаны примеры мультиплексирования данных и управления для нисходящей линии связи, в нумерологии 67,5 кГц. Конфигурация внизу справа не поддерживается.

[0548] PDCH и PDCCH могут занимать различные части полосы и, таким образом, должны быть самодостаточными по отношению к опорным сигналам. См. фиг. 52, где показан пример отображения управления и данных на физические ресурсы. Желателен механизм управления ресурсами канала управления для данного пользователя, перекрывающимися с ресурсами данных для другого пользователя. Даже если PDCCH и запланированный PDCH в DL всегда перекрывались бы в частотной области, PDCCH, перекрывающий DL PDCH других пользователей, может иметь место для предоставлений UL.

[0549] Для восходящей линии связи и TDD, передача PDCH может начаться поздно в подкадре UL для создания защитного периода для переключателя DL-UL; в FDD, передачи PDCH начинаются в начале подкадра UL. Передача заканчивается в конце подкадра UL. Управляющая информация восходящей линии связи передается в последнем символе(ах) OFDM подкадра UL, или на dPDCH (см. раздел 2.2.2.1) и/или PUCCH. Возможно частотное мультиплексирование управления и данных.

2.3.2.3 Нумерология

[0550] Хорошо известно, что устойчивость системы OFDM к фазовому шуму и доплеровскому сдвигу возрастает с увеличением ширины полосы поднесущей. Однако более широкие поднесущие подразумевают более короткие длительности символа, что, вместе с постоянной длиной циклического префикса на символ, приводит к более высоким служебным издержкам. Циклический префикс должен соответствовать разбросу задержки и, таким образом, задается развертыванием. Требуемый циклический префикс (в мкс) не зависит от ширины полосы поднесущей. "Идеальная" ширина полосы поднесущей поддерживает непроизводительные издержки циклического префикса как можно ниже, но она достаточно широка, чтобы обеспечить достаточную устойчивость к доплеровскому сдвигу и фазовому шуму. Поскольку действие как доплеровского сдвига, так и фазового шума увеличивается с увеличением несущей частоты, требуемая ширина полосы поднесущей в системе OFDM увеличивается с более высокой несущей частотой.

[0551] Принимая во внимание широкий рабочий диапазон от частот ниже 1 ГГц до 100 ГГц, невозможно использовать одну и ту же ширину полосы поднесущей для всего диапазона частот и поддерживать приемлемый уровень служебных издержек. Вместо этого, три ширины полосы поднесущей охватывают диапазон несущей частоты от частот ниже 1 ГГц до 100 ГГц.

[0552] Чтобы обеспечить длительности подкадра в несколько 100 мкс с использованием нумерологии LTE (для частот LTE), один подкадр должен быть определен как несколько символов OFDM. Однако в LTE, длительности символов OFDM, включая циклический префикс, варьируются (первый символ OFDM в сегменте (слоте) имеет немного больший циклический префикс), что приводит к изменению длительностей подкадра. (Переменные длительности подкадров на практике, вероятно, не являются существенной проблемой и могут быть решены. В LTE, переменная длина циклического префикса приводит к нескольким более сложным оценкам ошибок частоты.) Альтернативно, подкадр может быть определен как сегмент в LTE, что приводит к длительности подкадра в 500 мкс. Это, однако, считается слишком длинным.

[0553] Поэтому даже для частот LTE здесь описана новая нумерология. Нумерология близка к нумерологии LTE, чтобы позволить те же развертывания, что и для LTE, но обеспечивает подкадры в 250 мкс. Ширина полосы поднесущей составляет 16,875 кГц. На основе этой ширины полосы поднесущей получено несколько других нумерологий: 67,5 кГц для 6-30/40 ГГц или плотных развертываний (даже на более низких частотах) и 540 кГц для очень высоких частот. В табл. 3 перечислены наиболее важные параметры этих нумерологий, например, f_s : тактовая частота, N_{symb} : символов OFDM на подкадр, N_{sf} : выборок на подкадр, N_{ofdm} : размер FFT, N_{cp} : длина циклического префикса в выборках, T_{sf} : длительность подкадра, T_{ofdm} : длительность символа OFDM (исключая циклический префикс), и T_{cp} : длительность циклического префикса. Табл. 3 основана на размере FFT 4096 и тактовой частоте 34,56 МГц, чтобы позволять покрытие больших ширин полос несущих. Предложенные нумерологии основаны не на тактовой частоте LTE (30,72 МГц), а на $16,875/15 \times 30,72 \text{ МГц} = 9/8 \times 30,72 \text{ МГц} = 9 \times 3,84 \text{ МГц} = 34,56 \text{ МГц}$. Эти новые тактовые частоты связаны посредством (фракционного) целочисленного отношения с тактовыми частотами LTE и WCDMA, и поэтому могут быть получены из них.

Таблица 3

Ширина полосы несущей	16,875 кГц, нормальный СР	16,875 кГц, длинный СР	67,5 кГц, нормальный СР	67,5 кГц, длинный СР	540 кГц нормальный СР
Основной Сценарий	<~6 ГГц	<~6 ГГц передача SFN	от ~6 до 30-40 ГГц или плотное развертывание	Низкая задержка в развертывании широкой области	>30-40 ГГц
f_s в МГц	69,12=2×34,56		276,48=2×138,24		2212=2×1105,92
N_{ymb}	4	3	4	7	4 (возможно большее)
					число)
N_{sf}	17280	17280	17280	34560	17280
N_{ofdm}	4096	4096	4096	4096	4096
N_{cp}	224	1664	224	4×848, 3×832	224
Непроизводительные издержки СР в %	5,5	40,6	5,5	20,5	5,5
T_{sf} в мкс	250	250	62,5	125	7,81
T_{ofdm} в мкс	59,26	59,26	14,82	14,82	1,85
T_{cp} в мкс	3,24	24,07	0,81	3,01	0,10
$T_{ofdm}+T_{cp}$ в мкс	62,5	83,33	15,625	17,86	1,95
Max ширина полосы несущей	60	60	250	250	2000

[0554] Отметим, что нумерологий реализаций могут отличаться от приведенной в табл. 3. В частности, нумерологий с длинными циклическими префиксами могут быть скорректированы.

[0555] На фиг. 53 показаны несколько примеров нумерологий.

[0556] Табл. 3 показывает, что длительность символа OFDM и длительность подкадра уменьшаются с шириной полосы поднесущей, что делает нумерологий с более широкими поднесущими подходящими для приложений с низкой задержкой. Длина циклического префикса также уменьшается с шириной полосы поднесущей, ограничивая более широкие конфигурации поднесущей плотными развертываниями. Это может быть скомпенсировано конфигурацией длинного циклического префикса ценой увеличения служебных издержек. Другими словами, более короткие подкадры и, следовательно, задержки более эффективно доступны в малых сотах, чем в больших сотах. На практике, однако, ожидается, что для многих критичных к задержке приложений, развернутых в широкой области (и, следовательно, требующих циклического префикса больше 1 мкс), не требуются длительности подкадров меньше, чем 250 мкс. В редких случаях, когда для развертываний в широкой области требуются меньшие длительности подкадров, можно использовать ширину полосы поднесущей 67,5 кГц с длинным циклическим префиксом, если это необходимо. Нумерология 540 кГц обеспечивает даже более короткие подкадры.

[0557] Максимальными величинами ширины полосы канала разных нумерологий являются, приблизительно, 60 МГц, 240 МГц и 2 ГГц для 16,875 кГц, 67,5 кГц и 540 кГц нумерологии, соответственно (при условии, что размер FFT составляет 4096). Более широкие полосы могут быть достигнуты с помощью агрегации несущих.

[0558] В разделе 2.3.1 описано смешивание различных нумерологий на одной и той же несущей с использованием фильтруемого/кадрированного OFDM. Одной из мотиваций является достижение более низкой задержки на части несущей. Смешивание нумерологий на несущей TDD должно подчиняться полудуплексной природе TDD - не может предполагаться возможность одновременной передачи и приема приемопередатчика. Таким образом, наиболее частое дуплексное переключение в TDD ограничено "самой медленной" нумерологией среди одновременно используемых. Одна возможность состоит в том, чтобы обеспечивать дуплексное переключение на основе подкадра "самой быстрой" нумерологий в случае необходимости и допускать потерю текущей передачи в обратной линии связи.

2.3.3 Физические каналы, нисходящая линия связи

[0559] Краткое содержание раздела: Физический канал привязки (PACH) используется для распределения АГТ. Конструкция PACH поддерживает слепое обнаружение используемых нумерологий. PACH поддерживает формирование луча и/или повторение для улучшения бюджета линии связи.

[0560] Физический канал управления нисходящей линии связи (PDCCCH) планирует физический канал данных (PDCH). PDCCCH охватывает только часть системной ширины полосы и имеет свои собственные опорные сигналы демодуляции, обеспечивающие возможность специфического для пользователя формирования луча.

Таблица 4

Физические каналы в NX

Канал	Назначение
Физический канал привязки (PACH)	Распределяет AIT
Физический канал управления нисходящей линии связи (PDCCH)	Планирует PDCN и может запускать передачи опорного сигнала и отчеты CQI

2.3.3.1 Физический канал привязки (PACH)

[0561] AIT может распространяться через PDCN или через PACH, в зависимости от состояния UE. См. фиг. 54, где показано отображение AIT на физические каналы. Общая AIT (C-AIT) периодически транслируется в PACH, как описано в разделе 2.2.2.2. В этом разделе описываются обработка сигнала передачи, формат передачи и возможное слепое обнаружение PACH. В разделе 3.2 обсуждаются различные развертывания того, как распределять C-AIT. Поскольку UE не осведомлены о развертывании, конструкция PACH должна работать во всех возможных конфигурациях. Обзор процедуры обработки передачи PACH показан на фиг. 55. Поддерживаются гибкие размеры полезной нагрузки; заполнение используется для отображения размера полезной нагрузки, включая CRC, на одни из {200, 300, 400} битов. При необходимости этот набор может быть расширен. Моделирование с этими размерами полезной нагрузки показывает, что турбо кодирование лучше, чем сверточное кодирование, в качестве канального кодирования. Однако специальная схема кодирования для PACH может рассматриваться во взаимосвязи с кодированием, используемым для MBV, для гармонизации схем кодирования.

[0562] Закодированные данные отображаются на символы QPSK и предварительно кодируются с использованием DFT для реализации волновой формы сигнала с низким PAPR. Предварительно закодированный сигнал отображается на предопределенную группу поднесущих. Широковещательные/широкие лучи являются предпочтительными для передачи. Однако в некоторых сценариях всенаправленная передача не обеспечивает необходимое покрытие, и должно поддерживаться свипирование луча во временной области, которое должно быть прозрачным для терминалов.

[0563] Различные форматы передачи (разное количество подкадров) определяются для размещения различных размеров полезной нагрузки. Базовый блок передачи PACH для данной полезной нагрузки состоит из N_{sf}^{PACH} смежных подкадров и N_{sc}^{PACH} смежных поднесущих. Для подбора ширины полосы LTE RVCH (1,08 МГц), если развернута нумерология шага поднесущей 16,875 кГц, то здесь выбирается $N_{sc}^{PACH}=72$, 1,215 МГц. Если эта ширина полосы слишком велика и не может быть передана в пределах ширины полосы канала 1,4 МГц, то может быть выбрано меньшее N_{sc}^{PACH} .

[0564] Для поддержки гибких размеров полезной нагрузки без дополнительной сигнализации, N_{sf}^{PACH} неявно конфигурируется в соответствии с предопределенной таблицей отображения. UE вслепую обнаруживает формат передачи (количество подкадров N_{sf}^{PACH}) и получает размер полезной нагрузки из обнаруженного количества подкадров. Определены три различных формата - по одному для каждого размера полезной нагрузки, показанного выше, - состоящие из 4, 6 и 8 подкадров. Опорные сигналы, каждый в виде предопределенной последовательности, вставляются в 1-й символ OFDM в каждой паре подкадров, например, {1-й, 3-й}, {1-й, 3-й, 5-й} и {1-й, 3-й, 5-й, 7-й} подкадры для форматов, содержащих 4, 6 и 8 подкадров, соответственно. Схема отображения ресурсов PACH с четырьмя подкадрами показана на фиг. 56. UE может вслепую обнаруживать шаблон опорного сигнала и получать формат передачи и размер полезной нагрузки.

[0565] Для поддержки множества аналоговых лучей, фиксированная абсолютная длительность, например, 10 мс, зарезервирована для свипирования лучей. Отметим, что для TDD передающий узел не может принимать передачи UL в течение этого периода времени. Таким образом, для TDD можно использовать более гибкую схему. Максимальное количество поддерживаемых лучей зависит от используемого формата передачи и нумерологий, так как оба параметра определяют длительность основного блока передачи PACH. Основной блок передачи PACH может также повторяться в пределах луча по длительности, чтобы получить выигрыш от повторения, кроме выигрыша (усиления) формирования луча каждого блока.

[0566] Схемы отображения ресурсов проектируются в соответствии с нумерологиями в разделе 2.3.2.3. Современная конструкция заключается в том, чтобы гарантировать, что скорость кодирования каждой нумерологий составляет около 0,1, подобно значению LTE RVCH без повторения блока.

[0567] Поскольку UE может не иметь априорной информации о том, какая нумерология используется для передачи PACH, оно должно обнаруживать нумерологию вслепую. Чтобы свести к минимуму сложность, число возможных нумерологий должно быть малым, например, в сочетании с полосой частот. Для нижней части диапазона 1-100 ГГц релевантны нумерологий 16,875 кГц и 67,5 кГц, которые могут быть использованы для распределения AIT. Для среднего диапазона и высокого диапазона 1-100 ГГц предпочтительными нумерологиями являются 67,5 кГц и 540 кГц, соответственно. Несколько нуме-

рологий поддерживают нормальный и расширенный циклический префикс. Конструкция PACH обеспечивает слепое обнаружение длины циклического префикса, хотя в некоторых случаях может быть предпочтительным длинный циклический префикс, например, если для распределения АИТ используется односторонняя сеть (SFN).

[0568] Связывание нумерологий АИТ для каждой полосы частот только с одним кандидатом - так что для данной частоты всегда используется одна и та же нумерология для передачи АИТ обеспечивает преимущества в отношении слепого декодирования, но, с другой стороны, вынуждает поддерживать несущие со смешанной нумерологией (одна нумерология для АИТ и одна нумерология, используемая для других передач на несущей) с большими воздействиями на конструкцию, и поэтому возможно, но не желательно.

2.3.3.2 Физический канал управления нисходящей линии связи (PDCCH)

[0569] Физический канал управления нисходящей линии связи (PDCCH) переносит управляющую информации нисходящей линии связи, DCI. DCI включает в себя, без ограничения указанным, информацию планирования для PDCCH, как восходящей линии связи, так и нисходящей линии связи. PDCCH также содержит опорные сигналы для демодуляции, идентификатор пользователя (явно или неявно, например, маску CRC) и CRC для проверки подлинности.

[0570] На фиг. 57 показаны примеры минимального блока распределения PDCCH (CCE) и их максимальные размеры полезной нагрузки DCI (исключая 16-битовый CRC) при использовании 16-QAM. RS помещаются в частотные кластеры, чтобы облегчить сжатие антенного порта.

[0571] PDCCH передается предпочтительно в первом символе OFDM в подкадре NX DL, может предусматриваться многосимвольный PDCCH, если желательно с точки зрения емкости и/или покрытия. PDCCH передается в части спектра. Размер этой части зависит от условий канала и размера полезной нагрузки. Может передаваться несколько PDCCH, частотно-мультиплексированных и/или пространственно-мультиплексированных в одном и том же символе OFDM. Пространственные/частотные ресурсы, не использованные для передачи PDCCH, могут быть использованы для передачи PDCCH.

Размеры полезной нагрузки

[0572] PDCCH предпочтительно определяется для малого количества размеров сообщений, чтобы ограничить сложность слепого декодирования. Если желателен больший набор размеров полезной нагрузки, возможно, что определяются дополнительные размеры сообщений, или что используется заполнение в следующий больший размер сообщения PDCCH. QPSK и даже 16-QAM модуляция предусмотрены в качестве форматов модуляции для PDCCH. Временные/частотные ресурсы выделяются в единицах элемента канала управления (CCE). Размер CCE связан с размерами сообщений. Размер CCE должен быть таким, чтобы максимальная скорость кодирования составляла $4/5$ для самого высокого индекса модуляции. В случае 16-QAM, 40 бит, это переводится в $\text{ceil}(5 \times 40 / 4) = 13$ RE. Альтернативно, фиксированный размер CCE может быть установлен, например, в 18 RE, который переводится в размер сообщения $\text{floor}(18 \times 4 \times 4 / 5) = 56$ битов, включая CRC.

[0573] Ресурсы, принадлежащие одиночному CCE, поддерживаются как смежный, локализованный набор поднесущих, включая опорные сигналы демодуляции. Агрегаты CCE используются для улучшения покрытия и/или переноса больших полезных нагрузок. Термин "уровень агрегации" относится к числу CCE, выделенных для одного PDCCH. Как ожидается, уровень агрегации будет равен степеням двух, от одного до 32. Агрегаты CCE являются непрерывными по частоте, то есть локализованными.

[0574] PDCCH кодируется с помощью сверточного кода LTE. После канального кодирования, данные скремблируются с использованием аналогичной последовательности скремблирования, как для ePDCCH в LTE.

[0575] PDCCH содержит CRC тела сообщения, скремблированный идентификатором UE. UE обнаруживает PDCCH, если совпадает дескремблированный CRC декодированного сообщения.

[0576] DCI в LTE имеет присоединенный CRC-16 (CCITT-16). Вероятность пропущенного обнаружения CRC для не обнаружения ошибки, например, в 4 8-битовой DCI, может быть ограничена сверху на $4,3 \times 10^{-4}$. Что касается требований C-MTC к вероятности пропущенного обнаружения, можно заметить, что, учитывая, что рабочая точка BLER настолько низкая и что C-MTC, как предполагается, практически не использует повторные передачи, где пропущенное обнаружение привело бы к остаточной блочной ошибке, вероятность пропущенного обнаружения в $4,3 \times 10^{-4}$ представляется приемлемой.

[0577] Вероятность ложной тревоги для обнаружения соответствующего CRC на одной позиции пространства поиска, где никакая DCI не была передана, а UE просто принимает шум, может быть хорошо аппроксимирована посредством $P_{\text{false}} = 2^{-16} = 1,5 \times 10^{-5}$ для CRC-16. Для N позиций пространства поиска, вероятность возрастает на первый порядок в N раз, для малых P_{false} . Возможные эффекты ложных тревог различны для предоставлений DL и предоставлений UL. В худшем случае, когда UE останавливает поиск после первого совпадения CRC, вероятность ложной тревоги из-за случайного шума может привести к одинаково большой BLER, которая для CRC-16 с $1,5 \times 10^{-5}$ намного выше, чем экстремальная цель C-MTC 1×10^{-9} . Для CRC-24, вероятность ложной тревоги с 6×10^{-8} все еще слишком высока. Для того чтобы достичь $\text{BLEP} < 1 \times 10^{-9}$, требуется CRC-30. CRC-32 обеспечило бы возможность 4 позиций пространства поиска при $\text{BLEP} < 1 \times 10^{-9}$.

[0578] Кроме того, необходимо учитывать вероятность ложной тревоги для обнаружения совпадения CRC на DCI с CRC, логически связанной операцией XOR с другим RNTI. Это P_{false} зависит от количества используемых RNTI и передаваемых DCI в подкадре.

[0579] В каждом подкадре, BS может адресоваться к определенному UE через предопределенный набор возможных PDCCH. Каждый возможный PDCCH называется кандидатом, а набор (с размером) называется пространством поиска. UE оценивает всех кандидатов в подкадре, доставляя проверенных кандидатов на более высокие протокольные уровни. Пространство поиска ограничивается путем ограничения количества возможных размеров полезной нагрузки, уровней агрегации и распределений частот.

[0580] Все PDCCH-кандидаты в пространстве поиска скачкообразно изменяются по частоте между подкадрами. Скачкообразное изменение контролируется псевдослучайной последовательностью.

[0581] Пространство поиска PDCCH, установленное по умолчанию, передается в фундаментальной нумерологии несущей. Оно может передаваться с формированием луча, но, как правило, этого не ожидается. Пространство поиска по умолчанию в основном используется, когда BS имеет ограниченное знание или не имеет знания об условиях канала, и/или для общих сообщений. По этой причине, кандидаты пространства поиска по умолчанию обычно переносят малые полезные нагрузки на высоких уровнях агрегирования.

[0582] Специфические для конкретного UE пространства поиска могут использоваться, когда известны условия канала. В случае смешанных нумерологий, нумерология PDCCH будет частью определения пространства поиска. Для поддержки различных случаев использования может потребоваться значительная гибкость. Конфигурируемость включает в себя, без ограничения указанным, порядок модуляции, размер CRC, нумерологию, конфигурацию DRX, размеры сообщений и т.д. Уровни агрегации кандидатов, специфических для UE, являются конфигурируемыми в соответствии с условиями канала. Для критичных к задержке приложений, терминал может быть сконфигурирован с ресурсами PDCCH для каждого подкадра, в то время как терминалы, работающие с менее критичными к задержке приложениями, не имеют ресурсов PDCCH, сконфигурированных для каждого подкадра.

2.3.4 Физические каналы, восходящая линия связи

[0583] Краткое содержание раздела: Физический канал управления восходящей линии связи (PUCCH) используется для передачи информации быстрого ACK/NACK и передается в последнем символе(ах) OFDM подкадра UL.

Таблица 5

Физические каналы в NX

Канал	Назначение
Физический канал управления восходящей линии связи (PUCCH)	Используется для быстрой обратной связи ACK/NACK и потенциально другой управляющей информации UL.

2.3.4.1 Физический канал управления восходящей линии связи (PUCCH)

[0584] Этот канал содержит быструю обратную связь ACK/NACK и потенциально другую управляющую информацию UL. Отметим, что можно устранить необходимость в этом физическом канале, передавая его полезную нагрузку с помощью dPDCCH. Основным назначением dPDCCH является передача информации планирования и обратной связи CQI, а его полезная нагрузка моделируется как транспортные блоки. dPDCCH включает в себя защиту CRC для обеспечения обнаружения ошибок. Этот формат может быть подходящим для быстрой обратной связи ACK/NACK (обычно состоящей только из нескольких битов), так что достаточно обобщения dPDCCH, а не использования нового физического канала, PUCCH.

Конструкция PUCCH

[0585] Что касается полезной нагрузки PUCCH, предполагается примерно до 10 битов. Этот размер полезной нагрузки получен из HARQ ACK/NACK. Предполагается, что один или более битов (мягкие значения) используются для предоставления HARQ ACK/NACK для одного транспортного блока. Предположение, что один PUCCH может использоваться для нескольких транспортных блоков, приводит к предположению о примерно 10 битах ACK/NACK.

[0586] Кроме того, разнесение передачи второго порядка предполагается для PUCCH, как для MBW, так и для S-MTC UE. Если UE имеет больше чем две передающие антенны, они могут использоваться для расширенного разнесения передачи и/или формирования луча (желательно по меньшей мере на более высоких частотах). Однако некоторые UE M-MTC могут поддерживать только одну передающую антенну. Поэтому должны поддерживаться даже 1-антенные форматы PUCCH.

[0587] Процедура быстрого ACK/NACK полезна для высоких скоростей передачи данных, поскольку она обеспечивает быструю адаптацию линии связи и короткое время двустороннего распространения. Чтобы обеспечить быструю обратную связь ACK/NACK в том же самом подкадре, PUCCH помещается в

конец подкадра; см. раздел 2.3.2.1. Как минимум, область управления PUCCH состоит из 1 символа OFDM, однако несколько символов OFDM могут быть выделены для PUCCH для расширенного покрытия. Следовательно, с учетом структуры кадра NX, от 1 до 3 или даже 4 символа OFDM выделяются для PUCCH (ввиду опережения временной диаграммы, первый символ в подкадре UL перекрывается с последним символом подкадра DL и должен быть пустым, по меньшей мере, если PUCCH передается сразу после данных DL). Можно также рассмотреть мульти-подкадровый PUCCH.

[0588] Частотная позиция PUCCH могла быть неявно задана назначением DL и потенциально другой информацией, доступной UE; дополнительная сигнализация может быть сведена к минимуму за счет этого. Кандидатами для получения местоположения частотной области PUCCH являются, например, то, как передается PDCCH планирования, частотное местоположение PDCCH или идентификатор UE. С другой стороны, это вводит связь между DL и UL, которая может быть нежелательной по отношению к перспективности на будущее.

[0589] Многосимвольный PUCCH для улучшения покрытия может быть основан на блочном расширении односимвольного PUCCH по нескольким символам. Для повышения емкости, несколько UE с одинаковой длительностью PUCCH могут совместно использовать одни и те же частотные ресурсы, используя различные коды блочного расширения (ортогональные коды покрытия). Это означает, что UE, использующие PUCCH равной длины, должны быть сгруппированы вместе.

[0590] PUCCH передается с той же нумерологией, что и UL PDCCH.

Специфика TDD

[0591] Как показано на фиг. 49а, быстрое ACK/NAK требует выровненной передачи PUCCH в конце подкадра UL, что приводит к потере емкости DL в случае TDD. Защитные периоды до и после передач UL также необходимы для обеспечения времени переключения, по меньшей мере одна длительность символа OFDM делится на время защиты до и после передачи UL. UE требуется минимальное время для декодирования данных и подготовки быстрого ACK/NAK; если время обработки, заданное временем защиты, слишком короткое для обеспечения быстрого ACK/NAK в конце текущего подкадра, то обратная связь может быть передана в конце более позднего подкадра.

2.3.4 Физические каналы, общие

[0592] Краткое содержание раздела: Физический канал данных (PDCCH) существует как в UL, так и в DL. Он может конфигурироваться по-разному для поддержки различных типов полезной нагрузки и режимов передачи. Канальное кодирование для MBV может быть основано на полярных кодах; однако пространственно связанные коды LDPC также могут использоваться и демонстрируют сходную производительность. Для C-MTC предпочтительными являются сверточные коды с концевыми битовыми комбинациями, благодаря их простому декодированию и хорошей производительности для блока малой длины.

Таблица 6

Физические каналы в NX

Канал	Назначение
Физический канал данных (PDCCH)	UE может быть сконфигурировано с несколькими PDCCH. PDCCH могут конфигурироваться по-разному для поддержки передачи данных и управляющей информации.

2.3.5.1 Физический канал данных (PDCCH)

[0593] PDCCH планируется через DCI, содержащуюся в PDCCH, PDCCH или через полупостоянное предоставление и существует в DL, UL и в прямой линии связи (линии связи между устройствами или между eNB). PDCCH может содержать пользовательские данные, DCI, CSI, обратную связь гибридного ARQ и управляющие сообщения более высокого уровня. Для PDCCH существуют различные схемы канального кодирования. Например, сверточные коды используются для малых полезных нагрузок с высокими требованиями к надежности (например, критичной MTC), в то время как более производительные канальные коды используются для кодовых слов с типично более крупными размерами полезной нагрузки и более низкими требованиями к надежности (например, MBV). Дополнительные сведения см. в разделе 2.3.5.

[0594] Данные на PDCCH могут быть защищены схемой повторной передачи, которая может быть отключена для определенной конфигурации PDCCH. PDCCH с возможностью повторной передачи (она по-прежнему может быть отключена) представляет собой (повторно передаваемый) rPDCCH, тогда как PDCCH без опции повторной передачи представляет собой (прямой) dPDCCH. Дополнительную информацию о dPDCCH и rPDCCH см. в разделе 2.2.2.1. PDCCH может содержать ноль или один dPDCCH и ноль или один rPDCCH.

[0595] Частотно-временные ресурсы и формат передачи PDCCH заданы в информации о планировании. PDCCH охватывает один или более подкадров, а его частотное местоположение и ширина полосы

являются переменными (как задано в информации о планировании). В восходящей линии связи, в PDCN, содержащем как dPDCN, так и rPDCN, dPDCN отображается на последний символ(ы) OFDM подкадра UL, так как управляющая информация UL передается в конце подкадра UL. В нисходящей линии связи, в PDCN, содержащем как dPDCN, так и rPDCN, dPDCN отображается на первый символ(ы) OFDM подкадра DL, поскольку управляющая информация DL передается в начале подкадра DL. Как правило, символы модуляции отображаются по частоте сначала в пределах запланированных частотно-временных ресурсов на элементы ресурсов, не используемые для других целей. Перемежение во времени не поддерживается, так как это препятствует раннему началу декодирования.

[0596] PDCN использует ту же нумерологию, что и используемая предоставлением планирования.

Таблица 7

Конфигурации PDCN

Тип	Комментарий
Управляющая информация L1/L2 и CSI	Отображается на dPDCN. Конфигурируется с помощью канального кодирования для малых полезных нагрузок, нет гибридного ARQ
Поисковый вызов и ответ произвольного доступа	Отображается на dPDCN. Нет гибридного ARQ, автономный сигнал синхронизации
MBB	Отображается на rPDCN. Конфигурируется с использованием высокопроизводительных канальных кодов и гибридного ARQ
C-MTC	Отображается на dPDCN или rPDCN. Конфигурируется с помощью сверточных кодов и часто без гибридного ARQ
На конкурентной основе	Конфигурируется для обеспечения доступа на конкурентной основе

Поисковый вызов и ответ произвольного доступа

[0597] В этой конфигурации, точная синхронизация не может полагаться на сигнал сигнатурной последовательности (SS), но требует автономной синхронизации и опорного сигнала (для поддержки несовместно расположенных точек передачи SS и ответа произвольного доступа или поискового вызова и/или различных антенных весов). Поисковый вызов и ответ произвольного доступа могут использовать одну и ту же конфигурацию PDCN. Поисковый вызов и ответ произвольного доступа передаются на dPDCN.

MBB

[0598] Существуют различные конфигурации для разных режимов MIMO, например, MIMO на основе взаимности и MIMO на основе обратной связи. Канальное кодирование может быть основано на полярных кодах или кодах LDPC с пространственной связью. Данные MBB отображаются на rPDCN.

C-MTC

[0599] Канальное кодирование в этой конфигурации является сверточным кодированием. Из-за строгих требований к задержке, гибридный ARQ может быть отключен. Данные C-MTC отображаются на rPDCN или dPDCN. Для достижения низкого уровня блочных ошибок без исчерпания доступного бюджета линии, важно разнесение по замиранию. Разнесение может быть достигнуто посредством пространственного разнесения с использованием нескольких передающих и приемных антенн или частотно-разнесения с использованием нескольких блоков ресурсов для независимых коэффициентов замирания. Из-за низкого требования к задержке, однако, невозможно использовать временное разнесение. Кроме того, для случая разнесения передачи и частотного разнесения, канальные коды должны иметь достаточное минимальное Хэммингово или свободное расстояние, чтобы в полной мере использовать преимущества разнесения.

2.3.5.2 Канальное кодирование для PDCN

[0600] Краткое содержание раздела: Для MBB, коды LDPC с пространственной связью (SC) и полярные коды являются привлекательными кандидатами. Оба обеспечивают более высокую пропускную способность для блоков средней и большой длины, имеют меньшую сложность на бит передаваемой информации и обеспечивают существенно более высокую скорость декодирования, чем турбо-коды.

[0601] Для C-MTC, важным является короткое - и, следовательно, с низкой сложностью - декодирование. Сверточные коды LTE соответствуют требованиям C-MTC в отношении надежности и задержки.

MBB

[0602] Стандарт LTE развертывает турбо-коды из-за их поразительной производительности - они достигают емкости в пределах 1 дБ промежутка по общим каналам. Однако последние достижения в теории канального кодирования привели к двум классам канальных кодов, которые, - в отличие от турбо-кодов - доказуемо достигают емкости для очень больших длин блоков: 1) коды LDPC с пространственной связью (SC) и 2) полярные коды. Эти два класса кодов превосходят турбо-коды в нескольких аспектах и, таким образом, являются двумя наиболее привлекательными кандидатами для систем 5G MBB.

[0603] Ниже перечислены некоторые преимущества полярных кодов и кодов SC-LDPC по сравне-

нию с турбо-кодами:

1. Как полярные, так и SC-LDPC коды имеют более высокую пропускную способность для блоков средней и большой длины n ($n \sim 2000$ для полярных кодов). Разница в производительности по сравнению с турбо-кодами увеличивается по мере увеличения n .

2. Для коротких длин блоков ($n \sim 256$), полярные коды превосходят все другие известные классы кодов, включая турбо-коды и коды SC-LDPC.

3. Полярные коды имеют меньшую сложность кодирования и декодирования на бит передаваемой информации (и, следовательно, более высокую энергоэффективность) по сравнению с кодами LDPC и турбо-кодами.

4. Коды SC-LDPC имеют низкий уровень ошибок. Полярные коды не имеют минимального уровня ошибок.

5. Как полярные, так и SC-LDPC коды имеют существенно более высокую скорость декодирования в бит/с, полученных на выходе декодера [Hon15b].

Ниже приводится краткий обзор этих двух классов кодов.

2.3.5.2.1 Коды LDPC и LDPC с пространственной связью (SC)

[0604] Регулярные коды LDPC с постоянной степенью переменного узла и степенью проверочного узла были впервые предложены Галлагером (Gallager) в 1962 г. Они асимптотически хороши в том смысле, что их минимальное расстояние линейно растет с длиной блока, когда степень переменного узла выбирается больше 2. Например, на фиг. 58а показано графическое представление матрицы проверки четности (3,6)-регулярного кода LDPC длины блока 6 со степенью 3 переменного узла и степенью 6 проверочного узла, где черные кружки представляют переменные узлы, а белые кружки представляют проверочные узлы. Однако из-за использования подоптимального итеративного декодирования их характеристики хуже, чем у турбо-кодов в так называемой области водопада, что делает их непригодными для приложений с ограничением мощности, как это обычно встречается в сотовых сетях.

[0605] Существуют два улучшения конструкции, которые позволяют принимать коды LDPC в нескольких стандартах связи. Первая - оптимизированные нерегулярные коды LDPC с различными степенями узлов показывают производительность, приближающуюся к емкости кода в области водопада, и могут достичь лучшей производительности, чем турбо-коды в этой области. Вторая конструкция на основе протографа нерегулярных кодов LDPC. Было замечено, что нерегулярные коды LDPC на основе протографа часто имеют лучшую эффективность, чем неструктурированные нерегулярные коды с одинаковыми распределениями степеней. Несмотря на их успех, нерегулярные коды LDPC, в отличие от регулярных кодов LDPC, обычно ограничены минимальным уровнем ошибок, т.е. сглаживанием кривой частоты ошибочных битов (BER), что приводит к низкой производительности при высоких SNR, делая их нежелательными в таких применениях как хранение данных, критическая МТС и т.д.

[0606] Коды LDPC с пространственной связью (SC-LDPC), предложенные Фелстромом (Felstrom) и Зигангировым (Zigangirov), являются первым классом кодов, которые универсально достигают емкости для большого класса каналов с кодированием и декодированием низкой сложности. Они просто строятся, начиная с последовательности L независимых (регулярных) кодов LDPC, которые затем соединяются между собой, путем распространения краев на блоки разных моментов времени (см. фиг. 58с). Коды SC-LDPC совмещают наилучшие характеристики хорошо оптимизированных нерегулярных и регулярных кодов LDPC в единой конструкции: достижение емкости и линейный рост минимального расстояния. Кроме того, эти коды очень подходят для декодирования скользящего окна, таким образом улучшая поддержку декодирования. Тем не менее, их эффективность хуже, чем у хорошо оптимизированных нерегулярных кодов LDPC при коротких и средних длинах блоков ($n < 1000$) и при целевой частоте ошибочных блоков 0,01 или менее, где минимальный уровень ошибок может стать серьезной проблемой.

2.3.5.2.2 Полярные коды

[0607] Полярные коды, предложенные Ариканом (Arikan), являются первым классом конструктивных кодов, которые достигают симметричной (шенноновской) пропускной способности (пропускной способности для двоичных входных символов с симметричным распределением) дискретного канала без памяти с двоичным входом с использованием кодера низкой сложности и декодера с последовательным подавлением низкой сложности. В основе полярных кодов лежит явление поляризации канала, при котором n идентичных и независимых экземпляров данного канала преобразуются в другой набор каналов, являющихся либо каналами без шумов (с пропускной способностью, близкой к 1), либо каналами с чистым шумом (с пропускной способностью, близкой к 0) для асимптотически больших длин блоков. Кроме того, доля "хороших" каналов приближается к симметричной пропускной способности исходного канала. Полярный код тогда включает передачу битов информации по хорошим каналам, замораживая вход для плохих каналов с фиксированными значениями (обычно нулями), известными приемнику. Преобразование на блоке из n экземпляров канала получается путем рекурсивного связывания двух блоков преобразованных каналов размера $n/2$. Это показано на фиг. 59, где показана рекурсивная структура кодирования полярных кодов. (Наклонные пунктирные линии показаны только для изображения базовых операций типа "бабочки"). В результате, процесс кодирования полярных кодов включает в себя рекурсивные применения простой операции типа "бабочки", обычно используемой в FFT, и, таким образом, может быть

эффективно реализован с вычислительной сложностью, возрастающей только на порядок $n \log n$.

[0608] Теоретически, полярные коды могут обеспечить наилучшую производительность (шенноновскую пропускную способность) с помощью простого декодера последовательного подавления. Однако на практике полярные коды требуют модифицированного последовательного декодера (декодера списка) для достижения производительности, сравнимой или даже лучше, чем у современных кодов LDPC. В декодере списка, требования к памяти линейно масштабируются как с размером списка L (обычно порядка 30), так и с размером блока n (как для SC-LDPC, так и турбо-кода), в то время как вычислительные требования растут как $Ln \log n$.

2.3.5.2.3 Сравнение канальных кодов

[0609] В табл. 8 приводится краткое сравнение турбо-кодов, кодов SC-LDPC и полярных кодов с точки зрения сложности и скорости декодирования. Первая строка задает отношение между количеством требуемых операций кодирования/декодирования, где 8 представляет разницу между пропускной способностью канала и скоростью кодирования. Полярные коды имеют наименьшую сложность, которая логарифмически возрастает с $1/5$, тогда как для SC-LDPC кодов и турбо-кодов эта зависимость имеет линейный порядок. Что касается производительности декодирования, то аппаратная реализация кодов SC-LDPC обеспечивает значительно более высокую производительность декодирования по сравнению с турбо-кодами. Отметим, что в то время как скорость декодирования полярных кодов кажется самой высокой, результаты, показанные в табл. 8, получены с реализацией FPGA. Производительность декодирования полярных кодов с аппаратной реализацией еще предстоит оценить.

Таблица 8

Сравнение сложности и производительности декодирования для разных кодов

	SC-LDPC	Полярный	Турбо
Сложность (# операций на δ -промежутке до пропускной способности)	$\Theta(1/\delta)$	$\Theta(\log(1/\delta))$	$\Theta(1/\delta)$ (не может достичь пропускной способности)
Производительность декодирования	130,6 Гбит/с, 11ad LDPC	254,1 Гбит/с (FPGA) Код (1024, 512)	2,3 Гбит/с, 3GPP TC

[0610] Помимо производительности и сложности, другими важными требованиями к хорошим кодам являются их совместимость по скорости и возможность использования для гибридного автоматического запроса на повторную передачу с возрастающей избыточностью (HARQ-IR). Системы связи, которые работают по беспроводным каналам с переменным качеством, требуют канальных кодов с разными скоростями, чтобы адаптироваться к изменениям канала. Чтобы уменьшить требования к памяти для потенциально большого набора кодов, эти коды должны быть получены из одного родительского кода с фиксированной скоростью, также называемых совместимыми по скорости кодами. Современные системы беспроводной связи часто используют протокол HARQ-IR. Система с инкрементной избыточностью требует использования совместимых по скорости кодов, где набор битов четности кода более высокой скорости является поднабором набора битов четности кода более низкой скорости. Это позволяет приемнику, который не может декодировать со скоростью, выбранной на передатчике, запрашивать только дополнительные биты четности от передатчика, что значительно снижает сложность кодера/декодера. Одним из возможных подходов к совместимости по скорости является прокалывание, при котором некоторые биты в коде с самой низкой скоростью (родительском коде) прокалываются для получения кодов с более высокой скоростью. Однако прокалывание полярных кодов приводит к потере производительности.

[0611] Способ, описанный здесь, использует параллельно конкатенированные полярные коды, где для последовательной передачи со скоростью $R_1 > R_2 > \dots > R_K$, в каждом блоке передачи i , используется новый полярный кодер со скоростью R_i и длиной блока n_i . Конкатенированный полярный код декодируется последовательно K полярных декодеров. Структуры параллельно конкатенированных кодера и декодера показаны соответственно на фиг. 60 и фиг. 61, для $K=2$ передач. Отметим, что скорость полярного декодера сначала используется для декодирования битов информации в двух ячейках справа от каждого набора изображенных битов. Эти биты затем используются в полярном декодере со скоростью R_1 , чтобы превратить его в полярный декодер со скоростью R_2 , которая поддерживается каналом, тем самым обеспечивая декодирование остальных битов информации.

[0612] Наличие K передач означает, что канал может поддерживать только скорость R_K и что скорости $R_1, R_2, \dots, R_{K-1}$ не поддерживаются каналом. Поэтому сложность заключается в декодировании полярных кодов, отправленных в первых $K-1$ передачах со скоростью $R_1, R_2, \dots, R_{K-1}$. Для того чтобы сделать возможным их декодирование, используется вложенное свойство полярных кодов.

[0613] Этот подход обеспечивает пропускную способность по мере увеличения длины блока для любого количества повторных передач K .

Критическая МТС

[0614] Сверточные коды LTE с конечными битовыми комбинациями - даже если они используются вместе с декодером, который оптимизирован для скорости декодирования, а не производительности, - обеспечивают очень низкий уровень блочных ошибок, что делает их привлекательным выбором для С-МТС. Кроме того, сверточные коды не имеют минимального уровня ошибок, что является важной характеристикой для очень низких целевых вероятностей ошибок.

[0615] В последнее время также было замечено, что полярные коды работают очень хорошо даже для коротких блочных кодов. Соответственно, полярные коды являются еще одним выбором, который может быть применен к С-МТС.

[0616] Разнесение важно для достижения высокой надежности на приемлемых уровнях SNR. Код канала должен обеспечивать достаточное свободное расстояние или минимальное расстояние Хэмминга для обеспечения полного разнесения.

2.3.6 Опорные сигналы и сигналы синхронизации, нисходящая линия связи

[0617] Краткое содержание раздела: Сигнатурные последовательности (SS) используются для указания записи в АИТ и для установления некоторого уровня синхронизации подкадра по меньшей мере для передачи преамбулы произвольного доступа. SS построены таким же образом как сигнал синхронизации в LTE, путем конкатенации первичной сигнатурной последовательности и вторичной сигнатурной последовательности.

[0618] Комбинация сигнала временной и частотной синхронизации (TSS) и опорного сигнала луча (BRS) используется для получения синхронизации времени/частоты/луча после первоначальной синхронизации и доступа посредством SS и PRACH. Этот комбинированный сигнал также называется MRS (опорным сигналом мобильности) и используется для хэндовера (между узлами и лучами), переходов из неактивного в активное состояние, мобильности, отслеживания и уточнения луча и т.д. MRS формируется путем конкатенации TSS и BRS таким образом, что MRS передается в пределах одного символа OFDM, предварительно закодированного с использованием DFT.

[0619] Опорные сигналы информации о состоянии канала (CSI-RS) передаются в DL и в основном предназначены для использования посредством UE для получения CSI. CSI-RS сгруппированы в подгруппы в соответствии с возможным рангом отчетности об измерении UE. Каждая подгруппа CSI-RS представляет собой набор ортогональных опорных сигналов.

[0620] Опорные сигналы позиционирования (PRS) способствуют позиционированию. Уже существующие опорные сигналы должны повторно использоваться для задач PRS. Кроме того - при необходимости - изменения и добавления можно сделать для улучшения производительности позиционирования.

Таблица 9

Опорные сигналы и сигналы синхронизации DL в NX

Сигнал	Назначение
Сигнатурная последовательность (SS)	Используется для синхронизации времени и частоты для произвольного доступа. Предоставляет индекс для таблицы АИТ.
Опорный сигнал мобильности и доступа (MRS)	Конкатенация одного TSS и одного BRS
Сигнал временной и частотной синхронизации (TSS)	Используется для синхронизации времени (временной диаграммы символа OFDM) и грубой оценки сдвига частоты в луче.
Опорный сигнал луча (BRS)	Используется для измерений на лучах-кандидатах, чтобы обеспечить мобильность активного режима. Также используется для временной диаграммы кадров и подкадров.
Опорный сигнал демодуляции (DMRS) для PDCCH	Опорные сигналы демодуляции для PDCCH
Опорный сигнал информации о состоянии канала (CSI-RS)	Используется для измерений состояния канала для содействия в выборе ранга и MCS.
Опорный сигнал позиционирования (PRS)	Для содействия позиционированию.

2.3.6.1 Сигнатурная последовательность (SS)

[0621] Основными функциями SS являются одна или более из следующих:

получать SSI, который используется для идентификации соответствующей записи в АИТ; обеспечивать грубую синхронизацию частоты и времени для следующего начального случайного доступа и относительного распределения АИТ;

обеспечивать опорный сигнал для выбора начального уровня (чтобы выбрать, с какой точкой передачи SS для UE соединиться,

на основе потерь на трассе, испытываемых SS);

обеспечивать опорный сигнал для управления мощностью в разомкнутом контуре начальной передачи PRACH; и

обеспечивать грубую временную опору, используемую для содействия UE в межчастотных измерениях, а также возможной процедуре поиска луча. Текущее предположение состоит в том, что передачи SS синхронизируются в пределах окна неопределенности ± 5 мс, если явно не указано иное. Предполагается, что период SS должен составлять порядка 100 мс, однако он может изменяться в зависимости от сценариев.

[0622] Следует отметить, что количество последовательностей-кандидатов должно быть достаточно большим, чтобы указать любую запись в AIT. Принимая во внимание сложность обнаружения терминала, количество последовательностей SS составляет 2^{12} , что соответствует 12 битам для повторного использования 1 из последовательностей, или меньше, если требуется менее агрессивное повторное использование последовательностей. Отметим, что количество битов, подлежащих переносу, зависит от требований. Если количество битов увеличивается за пределы того, что может быть перенесено посредством модуляции последовательностью, то желательно изменение формата SS. В этом случае можно добавить одно кодовое слово, содержащее дополнительные биты, выходящие за пределы того, что может переносить последовательность. Этот блок, после передачи SS, называется блоком SS (SSB). Содержимое этого блока является гибким и содержит другие релевантные информационные биты, для которых требуется периодичность порядка 100 мс. Например, они могут быть "указателем AIT", который указывает время и полосу, где терминалы могут найти AIT и даже формат передачи AIT, чтобы избежать полного слепого обнаружения.

[0623] Конструкция последовательности для SS может следовать конструкции последовательности TSS/BRS, описанной в разделе 2.3.6.3 и разделе 2.3.6.4, так как они обеспечили бы функцию грубой синхронизации перед начальным произвольным доступом, как это предусмотрено в разделе 3.2.5.2.

[0624] Для поддержки массивированного аналогового формирования луча, фиксированная абсолютная временная длительность, например, 1 мс, зарезервирована для свипирования нескольких аналоговых лучей.

[0625] Для нумерологии SS применимо то же обсуждение, что и в разделе 2.3.3.1 для PACH. Тем не менее, текущая конструкция не обеспечивает возможность обнаружения длины CP.

2.3.6.2 Опорный сигнал мобильности и доступа (MRS)

[0626] В процессе получения информации доступа к системе (получения системной информации и обнаружения подходящего SSI) UE синхронизируется по времени и частоте с одним или более узлами с помощью SS. Последнее достигается в случае информации доступа к системе, передаваемой одновременно с нескольких узлов способом SFN (одночастотной сети).

[0627] Когда UE переходит в активный режим, оно нацеливается на прием или передачу с использованием высокоскоростного соединения передачи данных, в котором может потребоваться более точная синхронизация и, возможно, формирование луча. Здесь используется опорный сигнал мобильности и доступа (MRS). Для UE также может потребоваться изменить то, с каким узлом оно соединено, например, от узла, используемого для передачи информации о доступе к системе, на другой узел, имеющий возможность формирования луча. Кроме того, UE может также изменить несущую частоту или нумерологию на более высокий интервал между несущими и более короткий циклический префикс при переходе в определенные режимы работы в активном режиме.

[0628] MRS сконструирован для оценки смещения времени и частоты, а также для оценки наилучших лучей передатчика и приемника нисходящей линии к "точке доступа активного режима". Точность по частоте и временная диаграмма, обеспечиваемые MRS, вероятно, недостаточны для приема модуляции высокого порядка, и более точная оценка может основываться на DMRS, встроенных в PDCH и/или CSI-RS.

[0629] MRS строится путем конкатенации сигнала временной и частотной синхронизации (TSS) и опорного сигнала луча (BRS) во времени в один символ OFDM, как показано на фиг. 62. Эта конструкция может быть выполнена как предварительно закодированный с использованием DFT символ OFDM с циклическим префиксом. При TSS и BRS в одном и том же символе OFDM, передатчик может изменять свое формирование луча между каждым символом OFDM. По сравнению с наличием отдельных символов OFDM для TSS и BRS, время, необходимое для сканирования набора направлений луча, теперь уменьшается в два раза. Таким образом, TSS и BRS имеют меньшую длительность по сравнению с отдельными символами OFDM для каждого из них. Ценой за эти более короткие TSS и BRS является уменьшение энергии для каждого сигнала и, следовательно, уменьшение покрытия, что может быть компенсировано путем увеличения распределения ширины полосы, повторения сигнала или увеличения усиления формирования луча за счет более узких лучей. Там, где поддерживается смешанная нумерология, нумерология, используемая для MRS, такая же, как и та, которая используется посредством UE, для которого MRS запланированы. В том случае, если несколько UE в пределах одного луча используют раз-

личные нумерологий, MRS не может использоваться совместно, и MRS должны передаваться отдельно для каждой нумерологий.

[0630] Различные конфигурации формирования луча могут использоваться для передачи MRS в различных символах OFDM, например, в каждом из трех символов, показанных на фиг. 62. Тот же MRS может также повторяться несколько раз в одном и том же луче, для поддержки формирования луча аналогового приемника. Существует только одна или более последовательностей TSS, подобных PSS в LTE. UE выполняет согласованную фильтрацию с последовательностью TSS для получения оценки временной диаграммы символов OFDM; поэтому TSS должен обладать хорошими аperiodическими автокорреляционными свойствами. Эта последовательность могла бы сигнализироваться системной информацией, чтобы различные AP (точки доступа) могли использовать различные последовательности TSS.

[0631] Пакет сигналов MRS (как образовано посредством TSS+BRS) можно использовать для всех операций, связанных с мобильностью активного режима: обнаружение луча в первый раз, обновление инициированной мобильности луча в режимах передачи данных и мониторинга и непрерывное отслеживание луча мобильности. Он также может быть использован для конструкции SS, см. раздел 2.3.6.1.

2.3.6.3 Сигнал временной и частотной синхронизации (TSS) Последовательность TSS идентична во всех символах

[0632] OFDM и направлениях лучей, передаваемых от базовой станции, тогда как BRS использует различные последовательности в различных символах OFDM и направлениях лучей. Причина наличия идентичного TSS во всех символах заключается в сокращении количества TSS, которое UE должно искать в вычислительно сложной синхронизации символов OFDM. Когда временная диаграмма найдена из TSS, UE может продолжить поиск в пределах набора кандидатов BRS для идентификации символа OFDM в пределах подкадра, а также лучшего луча нисходящей линии связи. Лучший луч нисходящей линии связи может быть сообщен посредством USS, как описано в разделе 2.3.7.2.

[0633] Одним вариантом выбора для таких последовательностей являются последовательности Задова-Чу (Zadoff-Chu), используемые для PSS в выпуске 8 LTE. Однако известно, что эти последовательности имеют большие ложные корреляционные пики для комбинированных смещений времени и частоты. Другим вариантом выбором являются дифференциальные кодированные последовательности Голая (Golay), которые очень устойчивы к ошибкам частоты и имеют малые ложные корреляционные пики.

2.3.6.4 Опорный сигнал луча (BRS)

[0634] BRS характеризуется различными последовательностями, передаваемыми в разных передаваемых лучах и символах OFDM. Таким образом, идентификатор луча может оцениваться в UE для создания отчетов узлу доступа.

[0635] Идентификация символа OFDM в подкадре является желательной, если разница во времени между SS и передачами активного режима большая. Это могло бы произойти для нумерологий с короткими символами OFDM, большим расстоянием между узлом, передающим информацию о доступе к системе, и узлом, в который UE, предположительно, должно передать пользовательские данные (в случае, если эти узлы различаются), или для несинхронизированных сетей. Это идентификация может быть выполнена, если различные последовательности BRS используются для различных символов OFDM. Однако, чтобы уменьшить вычислительную сложность, количество последовательностей BRS для поиска должно быть низким. В зависимости от неопределенности индекса символа OFDM, при слепом обнаружении UE может учитываться различное число последовательностей BRS.

[0636] BRS может быть выделенной передачей к одному UE, или тот же BRS мог бы быть сконфигурирован для группы UE. Оценка канала из TSS может использоваться в когерентном обнаружении BRS.

2.3.6.5 RS информации о состоянии канала (CSI-RS)

[0637] CSI-RS передаются в DL и в основном предназначены для использования посредством UE для получения информации о состоянии канала (CSI), но могут также использоваться в других целях. CSI-RS может использоваться для одной или более (по меньшей мере) из следующих целей:

1. Эффективная оценка канала в UE: Получение частотно-избирательной CSI в UE в пределах луча DL, например, используемое для PMI и отчета о ранге.

2. Сигнал обнаружения: измерение типа RSRP на наборе опорных сигналов CSI-RS. Передается с плотностью по времени в соответствии с временем крупномасштабной когерентности релевантных (DL) каналов.

3. Уточнение и отслеживание луча: Получение статистики о канале DL и отчетов о PMI для поддержки уточнения луча и отслеживания. Не требуется, чтобы PMI был частотно-избирательным. Передается с плотностью по времени в соответствии с временем крупномасштабной когерентности релевантных (DL) каналов.

4. Для формирования передающего луча UE в UL, в предположении взаимности.

5. Сканирование луча UE для аналогового формирования приемного луча в DL (требования, аналогичные 1) или 3) в зависимости от случая использования).

6. Для содействия точной частотной/временной синхронизации для демодуляции.

[0638] В некоторых случаях, не все вышеуказанные цели оценки должны достигаться посредством

CSI-RS. Например, оценка смещения частоты может иногда быть получена посредством DL-DMR, обнаружение луча иногда осуществляется посредством BRS. Каждая передача CSI-RS запланирована и может быть на тех же частотных ресурсах, что и передача PDCH DL или на частотных ресурсах, не связанных с передачей данных PDCH DL. В общем, никакой взаимозависимости между CSI-RS в различных передачах не может предполагаться, и, следовательно, UE не должно выполнять фильтрацию во времени. Однако UE может быть явно или неявно сконфигурировано, чтобы предполагать взаимозависимость между CSI-RS, например, для поддержки фильтрации во времени измерений CSI-RS (например, в п.2 выше), а также взаимозависимость с другими передачами, включая PDCCH и PDCH. В общем, вся фильтрация UE должна контролироваться сетью, включая фильтрацию CSI во времени, частоте и ветвях разнесения. В некоторых форматах передачи, CSI-RS находится в отдельном символе OFDM для лучшей поддержки аналогового формирования луча как для TX базовой станции, так и для UE RX. Например, для поддержки аналогового сканирования луча UE (п.5 выше), для UE требуется несколько передач CSI-RS для измерения, чтобы сканировать несколько кандидатов аналогового луча (4 в примере 2 на фиг. 63).

[0639] CSI-RS сгруппированы в подгруппы, связанные с возможным рангом отчетности об измерении UE. Каждая подгруппа CSI-RS представляет набор ортогональных опорных сигналов, которые могут использовать кодовое мультиплексирование; таким образом, поддерживается только ограниченный набор высших рангов, например, 2, 4 и 8. Несколько подгрупп внутри группы создаются путем назначения ортогональных наборов элементов ресурсов для подгрупп. Измерения в подгруппе предусмотрены для хорошего соответствия с D-DMRS, и отдельные элементы ресурсов используются для лучшей поддержки измерений на необслуживаемых лучах. Основным средством, позволяющим CSI-RS выполнять требования 1-6 выше, является поддержка гибкой конфигурации CSI-RS. Например, оценка смещения частоты обеспечивается путем конфигурирования повторения во времени. Также возможно использование CSI-RS или DMRS для оценки смещения частоты. Конструкция групп и подгрупп CSI-RS должна позволять эффективное мультиплексирование UE с различными конфигурациями. Рассмотрим на фиг. 63 три примера:

в примере 1 UE измеряет по 3 подгруппам CSI-RS; 1 ранга 4; и 2 ранга 2 ;

в примере 2 UE сконфигурировано с 4 последовательными идентичными ресурсами, например, для поддержки требования 5, но с субдискретизацией в частотной области;

в примере 3 UE сопоставляет скорость передачи по подгруппе CSI-RS на первом символе OFDM, содержащем CSI-RS, но не по 2 подгруппам второго символа OFDM, содержащего CSI-RS.

2.3.6.6 Опорный сигнал позиционирования (PRS)

[0640] Для того чтобы поддерживать гибкую структуру для позиционирования, PRS можно рассматривать как потенциально специфическую для UE конфигурацию опорного сигнала. PRS передает идентификатор, ассоциированный с узлом или набором узлов или лучом, а также позволяет оценить время прихода. Это означает, что другие сигналы, такие как SS, TSS, BRS и т.д., могут выполнять некоторые требования PRS. Кроме того, PRS также можно рассматривать в качестве расширения таких сигналов.

[0641] Например, на основании фиг. 62, PRS может быть сконфигурирован как TSS/BRS символа 0 для одного UE, в то время как другой PRS может быть сконфигурирован как TSS/BRS символов 0,1,2 (тот же BRS во всех трех символах во времени) для другого UE. В то же время, TSS/BRS символа 0 используется для синхронизации времени и поиска лучей другими UE.

2.3.7 Опорные сигналы и сигналы синхронизации, восходящая линия связи

[0642] Краткое содержание раздела: Преамбула физического канала произвольного доступа (PRACH) конструируется путем конкатенации нескольких коротких последовательностей, причем каждая последовательность имеет одинаковую длину, как символ OFDM для других сигналов UL NX. Эти короткие последовательности могут обрабатываться с использованием тех же самых размеров FFT, что и другие сигналы UL, что позволяет избежать необходимости использования специальных аппаратных средств PRACH. Этот формат также позволяет обрабатывать большие смещения частоты, фазовый шум, быстро изменяющиеся во времени каналы и несколько кандидатов аналогового формирования луча приемника в одном приеме преамбулы PRACH.

[0643] Сигнал синхронизации восходящей линии (USS) используется для получения синхронизации UL. Конструкция подобна PRACH, но она не основывается на конкуренции и используется для отчетов о временной оценке и луче в восходящей линии связи после начального доступа посредством SS и PRACH, например, при хэндове между узлами и несущими. Эта оценка времени является желательной из-за специфического для UE времени двустороннего распространения в зависимости от расстояния между UE и базовой станцией, так что команда временного опережения может быть отправлена в UE.

[0644] Опорные сигналы взаимности (RRS) являются опорными сигналами восходящей линии и используются для получения CSI-R (CSI на стороне приемника) и CSI-T (CSI на стороне передатчика на основе взаимности) на базовой станции, а также для демодуляции UL; таким образом, их можно рассматривать как комбинацию SRS и DMRS. Чтобы избежать загрязнения пилот-сигналами, требуется большое количество ортогональных опорных сигналов. Если RRS также используются для оценки канала UL в невзаимных установках, то вероятно переименование RRS.

Таблица 10

Опорные сигналы и сигналы синхронизации UL в NX

Сигнал	Назначение
Преамбула PRACH	Начальная передача UE. На конкурентной основе, так что преамбула PRACH должна обнаруживаться с высокой надежностью. Оценка времени и луча приемника.
Сигнал синхронизации восходящей линии связи (USS)	Используется для временной и частотной синхронизации восходящей линии связи и указания наилучшего луча нисходящей линии связи.
Опорный сигнал взаимности (RRS)	Используется для оценки канала UL и для установки предкодирования DL в передатчике в MIMO на основе взаимности.
Опорный сигнал демодуляции (DMRS) для PUSCH	Опорные сигналы демодуляции для PUSCH

2.3.7.1 Преамбула физического канала произвольного доступа (PRACH)

[0645] Произвольный доступ используется для начального доступа для UE, включая оценку временного смещения на базовой станции. Таким образом, преамбула произвольного доступа должна обнаруживаться с высокой вероятностью и низкой частотой ложных тревог базовой станцией, в то же время обеспечивая точные временные оценки.

[0646] Нумерология, используемая для преамбулы PRACH, указана в АИТ.

[0647] Вычислительная сложность обработки FFT (быстрого преобразования Фурье) в приемнике на основе OFDM велика при большом количестве приемных антенн. В LTE, выпуск 8, для пользовательских данных и преамбул произвольного доступа используются FFT разных размеров, требуя реализации специального FFT для приема произвольного доступа. (Даже преамбула LTE PRACH, которая определена со специальным (очень большим) IFFT, может приниматься на базовой станции с процедурами обработки сигнала, требующими только стандартных физических FFT канала, ценой небольшого снижения производительности.)

[0648] В NX используется формат преамбулы произвольного доступа 5G, основанный на короткой последовательности той же длины, что и длина символов OFDM, которые используются для других физических каналов восходящей линии связи, таких как пользовательские данные, управляющая сигнализация и опорные сигналы. Последовательность преамбулы конструируется путем многократного повторения этой короткой последовательности. На фиг. 64 показан формат преамбулы и детектор с длинным когерентным накоплением.

[0649] Может использоваться детектор преамбулы с FFT того же размера, как и для других каналов и сигналов восходящей линии связи. Таким образом, значительно сокращается объем специальной обработки и аппаратной поддержки, связанной с произвольным доступом.

[0650] Например, двенадцать повторений короткой последовательности когерентно суммируются в структуре приемника согласно фиг. 64. Однако также можно спроектировать приемник, в котором только несколько повторений когерентно суммируются перед операцией возведения в квадрат абсолютного значения с последующим некогерентным накоплением. Таким образом, может быть создан приемник, который устойчив к фазовому шуму и к изменяющимся во времени каналам.

[0651] Для аналогового формирования луча веса формирования луча могут быть изменены во время приема преамбулы так, что увеличивается количество пространственных направлений, для которых выполняется обнаружение преамбулы. Это делается аналоговым формированием луча перед FFT и включает только те FFT в когерентное накопление, для которых используется то же самое формирование луча. Здесь когерентное накопление компенсируется выигрышем от формирования луча. Кроме того, при более коротком когерентном накоплении, обнаружение более устойчиво к ошибкам частоты и изменяющимся во времени каналам. Количество доступных последовательностей преамбулы уменьшается при уменьшении длины последовательности по сравнению с очень длинной последовательностью, используемой для преамбул PRACH в LTE, выпуск 8. С другой стороны, использование узконаправленного формирования луча в системе 5G уменьшает влияние помех от других UE. Другие возможности, чтобы избежать перегрузок в преамбулах PRACH, включают использование преамбул PRACH с частотным сдвигом и использование нескольких частотных диапазонов PRACH и нескольких временных интервалов PRACH.

[0652] Структура приемника, показанная на фиг. 64, может быть использована для обнаружения задержек вплоть до длины одной короткой последовательности. Желательна несколько измененная структура приемника, в которой добавляется некоторая дополнительная обработка для обнаружения больших задержек из-за больших расстояний между UE и базовой станцией. Как правило, больше окон FFT используются до и после тех, которые показаны на фиг. 64, с простыми детекторами присутствия коротких

последовательностей в этих дополнительных окнах FFT.

2.3.7.2 Сигнал синхронизации восходящей линии связи (USS)

[0653] UE требует временной синхронизации восходящей линии связи при изменении узла доступа или несущей частоты, что приводит к изменению нумерологий. Предполагая, что UE уже синхронизировано по времени в нисходящей линии связи (посредством MRS), ошибка по времени в восходящей линии связи главным образом обусловлена задержкой распространения между точкой доступа и UE. Здесь, предлагается USS (сигнал синхронизации восходящей линии связи) с подобной конструкцией как у преамбулы PRACH, см. раздел 2.3.7.1. Однако USS не основан на конкуренции, в отличие от преамбулы PRACH. Таким образом, передача USS осуществляется только после конфигурирования от базовой станции, что UE должно осуществлять поиск MRS и отвечать при помощи USS.

[0654] Фиг. 65 иллюстрирует USS в отношении MRS и предоставления восходящей линии связи, включающего в себя временное опережение. USS предназначен для расчета временного опережения восходящей линии связи, оценки смещения частоты восходящей линии связи и идентификации луча UL. UE мог бы также выбрать последовательность USS в зависимости от символа OFDM для наилучшего MRS. Таким образом, точка доступа получает информацию о наилучшем луче нисходящей линии связи.

[0655] Распределение времени и частоты USS может выполняться посредством сигнализации более высокого уровня от узла, передающего информацию о доступе к системе. Альтернативно, определено отображение между последовательностями BRS на число "обратного отсчета" до ресурса USS. В этом случае различные последовательности BRS используются в различных символах OFDM. Затем UE получает позицию окон USS путем обнаружения последовательности BRS. Если смешивание нумерологий поддерживается, то нумерология, используемая для USS, задается в конфигурации/предоставлении USS.

2.3.7.3 Опорный сигнал взаимности (RRS)

[0656] Опорные сигналы взаимности передаются в восходящей линии связи и главным образом нацелены на массивированные развертывания MIMO, которые могут извлечь выгоду из взаимности радиоканала; см. раздел 3.4.3.3. Наиболее распространенным случаем использования является работа TDD, но для обширного MU-MIMO в UL, RRS полезен, даже если не может предполагаться полная взаимность. В восходящей линии связи, RRS предназначен для использования как для когерентной демодуляции физических каналов, так и для канального зондирования в рамках получения CSI-R на базовой станции. Можно отметить, что получение CSI-R не основывается на взаимности и поэтому является характерным как для TDD, так и для FDD. В нисходящей линии, CSI-T извлекается из когерентного RRS (восходящей линии связи), таким образом, смягчая потребность в явной обратной связи CSI на основе опорных сигналов нисходящей линии связи, когда взаимность канала может предполагаться. RRS, используемый для когерентной демодуляции, предварительно кодируется так же, как и данные/управление. RRS, используемые для зондирования, могут передаваться в подкадрах, несущих физические каналы восходящей линии связи (как в LTE), а также в подкадрах, специально предназначенных только для зондирования.

[0657] Загрязнение пилот-сигналами рассматривается как основной источник снижения производительности в массивированном MIMO и возникает тогда, когда большое количество наложенных принимаемых опорных сигналов являются неортогональными. Неортогональность в восходящей линии связи может быть вызвана повторным использованием последовательностей опорных сигналов среди UE, или принимаемые опорные сигналы приходят вне циклического префикса, ввиду передач восходящей линии связи, синхронизированных с другими базовыми станциями. Конструкция RRS обеспечивает большое количество ортогональных последовательностей или по меньшей мере с очень низкой взаимной кросс-корреляцией. Возможно, было бы полезно использовать циклический префикс, который также учитывает пилотные передачи, происходящие из соседних сот (компромисс между служебными издержками дополнительного циклического префикса и пилотным загрязнением). Ортогональность между последовательностями RRS получается за счет: (i) равномерно распределенных циклических временных сдвигов, (ii) использования ортогональных кодов покрытия (OCC) и (iii) "гребенки передач" (также известной как FDMA с перемежением).

[0658] Ширины полос передачи RRS в системе изменяются в зависимости от требований к планированию UL/DL среди пользователей, а также зависят от ограничений мощности передачи по восходящей линии связи. Следовательно, конструкция RRS должна справляться с огромным количеством сценариев мультиплексирования RRS, в которых ортогональность должна быть сохранена среди пользователей/уровней, чтобы избежать пилотного загрязнения. В LTE, длина последовательности, например, DMRS UL непосредственно связывается с шириной полосы планирования восходящей линии связи, которая требует либо одинаково длинных последовательностей (и, следовательно, равной ширины полосы планирования), либо полагается на OCC для ортогональности среди опорных сигналов. Таким образом, установление одной и той же ширины полосы планирования не является привлекательным решением, а полагаться только на OCC недостаточно для получения большого количества ортогональных опорных сигналов. Вместо того, чтобы допускать ассоциирование длин базовой последовательности с шириной полосы планирования, можно было бы конкатенировать узкополосные последовательности RRS так, чтобы общая ширина полосы RRS была кратным значением или суммой узкополосных RRS. Это подразумевает кусочную ортогональность по всей ширине полосы RRS. Можно в дополнение к конкатенации

узкополосных RRS также использовать гребенки передач в качестве механизма для сохранения ортогональности, когда, например, последовательности RRS происходят из базовых последовательностей разной длины.

[0659] Следует отметить, что когда UE имеет больше RX антенн и способно применять формирование луча UL, может быть применено формирование луча RRS для увеличения принимаемой энергии и содействия базовой станции в достижении лучшей оценки канала. Это, с другой стороны, привело бы к тому, что базовая станция оценивает "эффективный" канал, включая формирование луча UE.

[0660] На фиг. 66 показан пример реализации нескольких ортогональных RRS на разных участках ширины полосы системы с использованием комбинации циклического сдвига, гребенок передачи и OCC. Фиг. 66а показывает различные гребенки передачи. В правой части фиг. 66b показаны различные OCC, используемые в разных местах ширины полосы; в верхней части используется OCC длины 2, во второй части - длины 4 и т.д.

[0661] Нумерология RRS задана в конфигурации/разрешении RRS.

2.3.7.4 Опорные сигналы демодуляции (DMRS) для PUCCH

[0662] С использованием структуры OFDM для передач по восходящей линии связи, RS может мультиплексироваться по частоте с данными. Для обеспечения возможности раннего декодирования, опорные сигналы должны по меньшей мере отправляться в первом символе OFDM PUCCH, для многосимвольных форматов PUCCH также могут потребоваться дополнительные опорные сигналы в более поздних символах. Поскольку PUCCH всегда передается в последнем символе(ах) OFDM подкадра, передачи PUCCH от разных терминалов создают помехи, если они работают на одной и той же частоте, например, межсотовые помехи или помехи многопользовательского MIMO.

2.3.8 Опорные сигналы и сигналы синхронизации, общие

[0663] Краткое содержание раздела: PDCH имеет собственный набор опорных сигналов демодуляции (DMRS). Ортогональные DMR реализуются с помощью комбинации ортогональных кодов покрытия (OCC) и отображения последовательностей DMR на гребенки передачи.

Таблица 11

Опорные сигналы и сигналы синхронизации в NX, общие для DL и UL

Сигнал	Назначение
Опорный сигнал демодуляции (DMRS) для PDCH	Опорные сигналы демодуляции для PDCH DL и UL

2.3.8.1 Опорный сигнал демодуляции (DMRS) для PDCH

[0664] DMRS передается как в DL, так и UL, мультиплексированным с физическим каналом и служит для демодуляции передач PDCH. В UL, DMRS иногда не нужны, когда присутствует RRS, - например, см. передачу данных UL в подкадре n+7 после фиолетового RRS в подкадрах n+5 и n+6 на фиг. 67 - но ожидается, что для очень малых сообщений и в передачах на основе луча (см. раздел 3.4.3.2), DMRS все еще предпочтительнее. На фиг. 67 показан схематичный вид DMRS в мелком масштабе с первыми 9 подкадрами для одного UE. На фиг. 68 показан вид в увеличенном масштабе тех же подкадров. В первом основанном на луче периоде, показанном на фиг. 68, ограниченный CSI используется для предварительного кодирования DMRS и данных, но в периоде взаимности, обогащенные знания о канале используются для продвинутого предварительного кодирования DMRS и данных. Дополнительная информация приводится в разделе 3.4.3.3. Физическое отображение на элементы ресурсов зависит от формата передачи.

[0665] Любой начальный подкадр PDCH будет содержать DMRS, но последующие подкадры в агрегате подкадров могут не содержать DMRS, если оценки канала на основе DMRS из предыдущего подкадра все еще действительны для демодуляции. Например, см. подкадры n и n+3 на фиг. 67. DMRS сконфигурированы специфическими для UE, но группа пользователей может совместно использовать ту же самую конфигурацию, чтобы обеспечить, например, широкополосную передачу. В агрегированных подкадрах UE может предполагать, что предкодирование не изменяется, и интерполяция может быть выполнена внутри подкадра. Ортогональные DMRS создаются с использованием ортогональных кодов покрытия по частоте, а в некоторых случаях коды покрытия также используются во времени. Двумя примерами, когда временные коды покрытия являются желательными, являются: для точной оценки смещения частоты и для расширенного покрытия. Предполагается, что коды покрытия оптимизированы для случаев использования, когда передача осуществляется из одной точки передачи. Коды покрытия также могут быть отображены на гребенчатые структуры, на разных гребенках используются разные наборы кодов покрытия с низкими кросс-корреляционными свойствами. Различные гребенки ожидаются, когда крупномасштабные свойства канала могут изменяться (включая смещение частоты). Доступный ортогональный DMRS может использоваться как для SU-MIMO, так и для MU-MIMO. DMRS в разных лучах не обязательно ортогональны, а скорее полагаются на пространственное разделение и низкие кросс-корреляционные свойства между последовательностями DMRS в разных наборах ортогональных DMRS.

[0666] Если PDCH имеет несколько транспортных блоков, DMRS совместно используются, например, dPDCH и gPDCH используют один и тот же DMRS, но ассоциированы с различными форматами

передачи, например, разнесением для dPDCH и пространственным мультиплексированием для gPDCH. Для PDCH, DMRS передаются с достаточной плотностью в начале агрегата подкадров или в UL на ранней стадии по отношению к дуплексному переключению (в некоторых случаях в предыдущем периоде передачи) для поддержки ранней демодуляции и декодирования. Во времени, DMRS передаются в разных подкадрах в соответствии со временем когерентности, например, повторяются для более длительных передач и/или пользователей с высокой мобильностью. Повторение может также быть необходимо для того, чтобы отслеживать временной/частотный дрейф в оборудовании. По частоте, DMRS повторяются в блоках ресурсов в соответствии с эффективной шириной полосы когерентности и целевой плотностью энергии DMRS. Отметим, что эффективная ширина полосы когерентности увеличивается из-за упрочнения канала при использовании взаимности - см. последнюю передачу DL на фиг. 68, а также обсуждение в разделе 3.4.3.3. В таких случаях ожидается, что DMRS в DL может быть более редким, чем в случаях, когда RRS отсутствует. Повторение обычно явно сигнализируется относительно числа подкадров в TTI или в некоторых случаях неявно для совместно используемых предварительно выделенных каналов.

3. Технологии и характеристики

[0667] Основная цель этого раздела состоит в том, чтобы описать, как использовать функции, процедуры, каналы и сигналы, описанные в разделе 2, чтобы реализовать характеристики NX. Однако новые функции, процедуры, каналы и сигналы, которые не были согласованы в целом, все равно могут быть задокументированы в этом разделе. В некоторых случаях новые функции, процедуры, каналы и сигналы вводятся как новые технологии, и здесь обсуждаются решения. Отметим, что не все из них обязательно реализованы в стеке протоколов NX.

3.1 Низкая задержка и высокая надежность

[0668] Цель этого раздела состоит в том, чтобы описать, как NX обеспечивает возможность случаев использования, требующих надежной связи в реальном времени, с особым вниманием на сложные случаи использования критической МТС (С-МТС).

3.1.1 Предпосылки и мотивация для надежной низкой задержки

[0669] Ряд случаев использования 5G связи машинного типа (МТС), таких как автоматизация интеллектуального распределения электроэнергии в сетях, промышленное производство и управление, интеллектуальные транспортные системы, дистанционное управление машинами и дистанционная хирургия, характеризуются необходимостью связи с высокими требованиями к задержке, надежности и доступности. Обычно рассматриваются такие случаи использования, как случаи использования критической МТС (С-МТС), что соответствует видению Международного союза электросвязи, который ссылается на С-МТС как на "сверхнадежную связь с низкой задержкой".

[0670] Низкая задержка также желательна для поддержки высокой пропускной способности конечного пользователя для приложений на основе TCP, что, например, было основным аргументом для уменьшения задержки в LTE. Это, однако, как ожидается, будет хорошо обрабатываться базовой конструкцией NX, как описано в главе 2, и далее не рассматривается в этом разделе.

3.1.2 Требования и KPI

Задержка

[0671] Для обсуждения задержки по радиоинтерфейсу NX, этот раздел обращается к задержке пользовательской плоскости RAN (или кратко задержке RAN), как определено в разделе 4.2, если не упомянуто иначе. Задержка RAN представляет собой одностороннее транзитное время между пакетом SDU, доступным на уровне IP в пользовательском терминале/базовой станции, и доступностью этого пакета (протокольного блока данных, PDU) на уровне IP в базовой станции/пользовательском терминале. Задержка пакета пользовательской плоскости включает задержку, введенную ассоциированными протоколами, и сигнализацию управления, предполагая, что пользовательский терминал находится в активном состоянии.

[0672] Большинство случаев использования, чувствительных к задержкам, могут поддерживаться с задержкой RAN в 1 мс, но есть несколько примеров требований к односторонней задержке в 100 мкс, например, при автоматизации производства. NX проектируется для поддержки односторонней задержки RAN в 200 мкс.

[0673] Наиболее релевантной является сквозная задержка приложения (определенная в 4.2), так как она включает задержку, вызванную узлами базовой сети. Аспекты, влияющие на сквозную задержку приложения, обсуждаются в разделе 3.1.11.

Надежность

[0674] Надежность соединения (определенная в разделе 4.3) является вероятностью того, что сообщение будет успешно передано приемнику в пределах заданной границы задержки. Требования к надежности для приложений С-МТС сильно различаются. Требования к порядку $1-1e-4$ типичны для автоматизации процесса; требования $1-1e-6$ обычно упоминаются для автомобильной промышленности и автоматически управляемых транспортных средств. Для вариантов использования промышленной автоматизации несколько источников упоминают требования $1-1e-9$, но следует понимать, что это значение исходит из спецификаций, предназначенных от проводных систем, и неясно, применяются ли такие строгие требования к системам, предназначенным для беспроводной связи.

[0675] Предполагается, что большинство приложений С-МТС могут поддерживаться с надежностью $1\text{-}1\text{e-}6$, но NX проектируется для обеспечения надежности порядка $1\text{-}1\text{e-}9$ для экстремальных приложений. Самые строгие требования предусмотрены только в локализованных средах (например, на заводе) с контролируемыми уровнями помех.

Доступность услуг

[0676] Многие услуги, требующие надежной связи с низкой задержкой, также требуют высокой доступности услуг (определенной в разделе 4.3). Для определенной надежной услуги с низкой задержкой - например, пары надежности и границы задержки доступность услуги может быть определена как то, какой уровень надежности-задержки обеспечивается в пространстве и времени. Это может быть обеспечено соответствующим развертыванием и избыточностью сети. Архитектурные аспекты, связанные с доступностью услуг, рассматриваются в разделе 3.1.11.

3.1.3 Нумерология и структура кадра

[0677] NX содержит несколько различных ширин полос поднесущих OFDM (см. раздел 2.3), охватывающих диапазон частот от ниже 1 ГГц до 100 ГГц, с увеличением ширины полосы поднесущей к более высоким несущим частотам. Нумерологии с более широкой шириной полосы поднесущих обеспечивают, в дополнение к повышенной устойчивости к доплеровскому эффекту и фазовому шуму, также более короткие символы OFDM и длительности подкадра, которые обеспечивают более короткие задержки. Пока достаточно циклического префикса более широкополосных нумерологий, эти нумерологии также могут использоваться на более низких частотах.

[0678] В широкомасштабных развертываниях, нумерология "16,875 кГц, нормальный СР" предпочтительно используется с длительностью подкадра 250 мкс. Эта длительность подкадра достаточна для многих приложений с низкой задержкой. Для экстремальных требований к задержке, можно использовать нумерологии "67,5 кГц, нормальный СР" или "67,5 кГц, длинный СР b". Если циклического префикса около 0,8 мкс достаточно, то следует использовать "67,5 кГц, нормальный СР" ввиду более низких служебных издержек СР на 5.5%; для сред с увеличенными разбросами задержки следует использовать "67,5 кГц, длинный СР b".

[0679] В плотных макро-развертываниях "67,5 кГц, нормальный СР", вероятно, все еще может использоваться (при условии низкого разброса задержки), обеспечивая длительность подкадра в 62,5 мкс. Если достаточно 250 мкс, то могут использоваться как и "16,875 кГц, нормальный СР", так и "67,5 кГц, нормальный СР", при условии что диапазон частот позволяет использовать ширину полосы 16,875 кГц.

[0680] Даже более низкие длительности подкадра (7,8 мкс) обеспечиваются нумерологией "540 кГц, нормальный СР". В настоящее время не известны случаи использования, когда требуются такие низкие длительности подкадра; кроме того, малый циклический префикс этой нумерологии (0,1 мкс) ограничивает развертывание до только очень плотных. Короткие длительности подкадра открывают возможность повторных передач HARQ для повышения надежности. Однако ожидается, что типичная рабочая точка для С-МТС такова, что используются скорости кодирования выше 0,5, и поэтому преимущества повторной передачи ограничены.

Таблица 12

Сводка о том, какую нумерологию выбрать при каком развертывании и предоставленной длительности подкадра

	ниже 1 до 6 ГГц (низкие частоты)	6 до 30 ГГц (средние частоты)	30 до 100 ГГц (высокие частоты)
Широкая область	16,875 кГц: 250 мкс 67,5 кГц: 62,5 мкс или 125 мкс	67,5 кГц: 62,5 мкс	NA
Малая сота	16,875 кГц: 250 мкс 67,5 кГц: 62,5 мкс 540 кГц: 7,8 мкс (очень малые соты)	67,5 кГц: 62,5 мкс 540 кГц: 7,8 мкс (очень малые соты)	540 кГц: 7,8 мкс (очень малые соты)

[0681] Выбор правильной нумерологии оказывает меньшее влияние на требования к надежности (за исключением того, что приложение должно использовать корректную нумерологию в отношении фазового шума и максимального ожидаемого доплеровского сдвига).

3.1.4 Синхронизация в С-МТС

[0682] Синхронизация играет важную роль, когда дело касается осуществления желательности С-МТС для сверхвысокой надежности.

[0683] NX основана на минималистичном проектировании, где передача широкополосных сигналов, таких как MIB/SIB или подобных сигналов и сигналов синхронизации, осуществляется только при необходимости. Для NX, периодичность каналов синхронизации составляет порядка 100 мс. Разреженная природа сигналов синхронизации может стать критической для достижения самых высоких скоростей обнаружения до $1\text{-}1\text{e-}9$ в некоторых сценариях С-МТС. Это обусловлено неизбежным дрейфом времени

и частоты, который происходит из-за разреженного шаблона сигнала синхронизации.

[0684] Тем не менее, можно показать, что при использовании кварцевого генератора (ХО), имеющего дрейф времени 2 ppm (т.е. 2 мкс/с) и максимальный дрейф частоты 125 Гц/с α 2 ГГц полосы, точность синхронизации достаточно хороша для С-МТС при повторном использовании SS. Это относится как к нумерологий 16,875 кГц, так и к нумерологий 67,5 кГц.

3.1.5 Последствия дуплексного режима С-МТС

[0685] Сосредоточив внимание на самых строгих случаях надежности с частотой ошибок до $1e-9$, самым сложным сценарием для выполнения требований задержки является сценарий для спорадических данных, где предполагается, что UE не имеет никакого предоставления UL, и поэтому оно должно передать запрос планирования (SR) и получить предоставления планирования (SG) до начала передачи входящей линии связи. В зависимости от используемого дуплексного режима, FDD или TDD, задержка С-МТС наихудшего случая будет в некоторой степени изменяться, как описано ниже.

FDD

[0686] Для случаев использования с наиболее сложными требованиями к задержке, опорные символы (RS) передаются в первом символе OFDM для обеспечения раннего декодирования. В случае, когда на UE и eNB могут быть установлены строгие требования к обработке (см. следующий раздел), декодирование в соответствующем узле запроса планирования и сообщений предоставления может быть выполнено в течение нескольких микросекунд. Следовательно, SR, SG и данные можно после этого передать в трех последовательных подкадрах. Тогда наихудшим сценарием является то, что данные для передачи поступают сразу после начала подкадра, и, следовательно, полная задержка RAN будет между 3 подкадрами (наилучший случай) и 4 подкадрами (наихудший случай). См. иллюстрацию задержки UL с циклом SR-SG-данных для FDD, показанную на фиг. 69. Как видно на фиг. , опорный символ (RS) передается в первом символе OFDM в каждом подкадре (при условии, что 1 подкадр=4 символа OFDM, как в разделе 2.3.2.1) для обеспечения раннего декодирования. Учитывая использование нумерологий 67,5 кГц с длиной подкадра 62,5 мкс, это означает, что время задержки RAN составляет около 187-250 мкс. Здесь предполагается, что данные кодируются с достаточно низкой скоростью, поэтому повторная передача не требуется.

[0687] Таким образом, с точки зрения задержки, использование FDD является хорошим решением в полосах частот, где доступен FDD (например, от 4 ГГц).

[0688] Отметим, что фиг. 69 показывает задержки UL, предполагая, что PDCCH распространен по всему подкадру, состоящему из 4 символов OFDM (см. раздел 2.3.3). Отметим, что когда PDCCH ограничен первым символом подкадра, чтобы обеспечить раннее декодирование, полная задержка UL может быть дополнительно уменьшена до 2 подкадров (в наилучшем случае), поскольку PDCCH ограничивается первым OFDM символом подкадра, позволяя передавать данные в том же подкадре. Эта задержка RAN должна рассматриваться как технически сложная функция NX, поскольку она требует, чтобы на UE и eNB были установлены строгие требования к обработке. Другими словами, SG должно быть обработано приблизительно в течение 8 мкс (меньше, чем продолжительность символа OFDM нумерологий 67,5 кГц), как описано в следующих разделах ниже, что требует устройств премиум-класса и может быть не достижимо в устройствах MBW. Итоговая задержка для менее строгого времени обработки представлена в разделе 3.1.12.

TDD

[0689] Ниже описана задержка для конфигурации TDD. Анализ учитывает высокие требования к надежности трудных случаев использования С-МТС. Следовательно, анализ следует рассматривать как анализ наихудшего случая, и во многих сценариях (но, вероятно, не во всех) можно, вероятно, ослабить требования, такие как синхронизированные соты и т.д. В TDD требования к задержке могут подразумевать значительное ограничение структуры TDD UL/DL. Вновь, сосредоточив внимание на наихудшем сценарии без предоставления UL для UE и нумерологий 67,5 кГц, можно легко сделать вывод, что подкадры UL/DL должны чередоваться на основе одного подкадра, и, следовательно, при этих обстоятельствах динамический TDD не может использоваться. Затем, наихудшая задержка будет тогда, когда данные приходят в начале подкадра UL. Вновь важно отметить, что в сотовом TDD обычно не может быть запущена передача UL в подкадре, где близкое С-МТС UE имеет прием DL. Следовательно, UE должно ждать следующего доступного подкадра UL для передачи SR. Тогда полная задержка составляет 5 подкадров, 312 мкс. Наилучшая задержка будет тогда, когда пакет данных приходит перед следующим подкадром UL, подобно наилучшему случаю FDD, 187 мкс. Это показано на фиг. 70, где изображена задержка для TDD. В этом примере наихудшего случая, пакет данных приходит в UE в начале подкадра UL, и поэтому SR (первая стрелка) может передаваться сначала в следующем доступном подкадре UL. Затем SG и данные могут быть переданы в приближающихся подкадрах.

[0690] В TDD, для UE должно быть выделено время для изменения настроек приемопередатчика между UL и DL. Потребность в чередовании UL/DL на основе одного подкадра может подразумевать значительные непроизводительные издержки при переключении. Однако, используя временное опережение, непроизводительные издержки могут быть ограничены до одного символа UL OFDM. Это показано на фиг. 71, где иллюстрируются непроизводительные издержки на переключение и демонстрируется, что

с использованием ТА, время переключения может быть уменьшено до одного символа UL OFDM. С использованием этого подход может допускаться около 8 мкс для переключения, что достаточно для текущих реализаций, требующих около 5-6 мкс,

3.1.5.2.1 Последствия требований С-MTC наихудшего случая для TDD

[0691] Необходимость чередования между UL и DL для каждого подкадра подразумевает 25% потерю пропускной способности на канале UL. Принимая во внимание "проблему динамической ближней-дальней зоны TDD 100 дБ" в сценарии сотового развертывания вместе с требованиями высокой надежности для С-MTC, необходимо синхронизировать как внутри-, так и меж-частотные смежные соты и иметь ту же конфигурацию UL/DL. Это может быть не оптимальным с точки зрения пропускной способности мобильного широкополосного доступа. Другой подход заключается в развертывании приложений С-MTC только с самыми жесткими требованиями (с частотой ошибок в $1e-9$) в изолированных сотах или областях.

3.1.5.3 Примечания о времени обработки

[0692] Для того, чтобы быть в состоянии осуществить короткие времена обработки, необходимые для ответов в смежных подкадрах, можно использовать различные принципы предварительной обработки, используя тот факт, что пакет данных, передаваемый в С-MTC, вероятно, будет небольшим, а также то, что допускается только небольшой конечный набор размеров пакетов (только конечный набор сообщений, которые будут передаваться с такими строгими требованиями задержки). Предположим, что eNB, а также UE контролируют текущее качество линии связи и, следовательно, знают, какую MCS использовать, и только небольшое количество (одиночных) форматов MCS для данного размера пакета данных можно выбрать для узла NW. Тогда, как только UE передает SR, оно включает размер пакета данных в сообщение. Кроме того, UE может подготовить конечный набор возможных форматов MCS и после того, как SG будет декодировано (указывая, какие ресурсы f/t использовать), UE может передать корректную версию на этих ресурсах без дальнейшей задержки кодирования. То же самое может выполняться в eNB. Как только SR принят, он выделяет необходимые ресурсы на основе информации о размере пакета данных и уже определенной MCS и передает соответствующее SG. Используя такие подходы к подготовке/предкодированию, ожидается, что можно удовлетворить требования к времени кодирования и декодирования, необходимые для временных ограничений С-MTC.

3.1.6 Кодирование и модуляция

[0693] Приложениям С-MTC требуется надежная модуляция и кодирование, а также быстрое декодирование для удовлетворения требований к задержкам. Чтобы достичь необходимой задержки для наиболее требовательных случаев использования, приложения С-MTC могут отключить HARQ и использовать очень надежные MCS. Следовательно, порядок модуляции предпочтительно должен быть низким (например, QPSK). Более того, желательны стратегии кодирования, позволяющие раннее декодирование, поэтому сверточные коды без перемежения могут быть хорошим выбором не только из возможностей раннего декодирования, но и поскольку пакеты С-MTC, по всей вероятности, будут малыми, следовательно, выигрыш от использования расширенных принципов кодирования ограничен (полярные коды, которые в настоящее время являются предпочтительным подходом к MBB в NX, также могут быть применимы для С-MTC). Еще одним важным фактором для быстрого и раннего декодирования является размещение опорных символов в начале подкадра, чтобы иметь возможность выполнять оценку канала без буферизации.

[0694] Для менее экстремальных требований к надежности и задержке, вероятно, будет выгодной модуляция более высокого порядка.

Разнесение

[0695] Разнесение считается важным фактором для обеспечения сверхнадежной связи. Большие порядки разнесения (например, 8 или 16 для самых строгих требований к надежности и до $1-1e-9$) желательны для того, чтобы обеспечить приемлемые запасы на замирание в случае каналов с замираниями, таких как рэлеевский канал. Теоретически, такое разнесение может быть достигнуто во временной, частотной и/или пространственной областях. Для достижения сверхнадежной связи в рамках строгого бюджета низкой задержки очень сложно использовать временное разнесение. С другой стороны, для использования преимуществ частотного разнесения важно отображать закодированные биты на частотные ресурсы, имеющие некоррелированные канальные коэффициенты. Следовательно, требуемая ширина полосы будет увеличиваться с шириной полосой когерентности канала и, таким образом, делать использование частотного разнесения более затратным по ширине полосы. Поэтому предполагается, что антенное разнесение является основным вариантом для достижения требуемого порядка разнесения, где это возможно. Следует также отметить, что для того, чтобы иметь порядок пространственного разнесения 16, может рассматриваться использование 8 и 2 антенн на стороне eNB и UE, соответственно. При передаче от устройства к устройству (D2D) может оказаться невозможным достичь достаточного коэффициента разнесения только с пространственным разнесением из-за ограничений в конструкции антенны для UE, частотное разнесение может быть использовано поверх него. Кроме того, связь D2D также извлекает пользу из увеличения бюджета линии из-за близости устройств. Кроме того, для получения полной выгоды от разнесения при передаче необходимо использовать более продвинутые пространственно-временные ко-

ды, а не код Аламоути. Коды Аламоути обеспечивают полное разнесение передачи только до двух передающих антенн.

[0696] Расширение антенного разнесения представляет собой макро-разнесение, где антенны не расположены совместно, а распределены в пространстве. Это требует быстрой связности между различными точками приема, если критична задержка. В более общем случае, можно рассмотреть обслуживающие приложения с высокими требованиями к надежности по нескольким несущим или даже RAT.

[0697] Разнесение для каналов данных и управления далее обсуждается в разделах 2.3.3.2, 2.3.4.1 и 2.3.5.1.

3.1.8 HARQ

[0698] Для большинства чувствительных к задержке услуг C-MTC, ожидается, что требования к задержке запрещают использование HARQ, и что успешное декодирование требуется в одной попытке передачи. Соответственно, функциональность HARQ может быть отключена для таких приложений. Для услуг, где обратная связь HARQ была бы возможна с точки зрения задержки, выгоды от HARQ все еще ограничены. Поскольку многие услуги C-MTC заинтересованы не в "средней задержке", а только в задержке на заданный процентиль, адаптация линии связи должна гарантировать обеспечение надежности после максимального количества повторных передач, разрешенных бюджетом задержек. Часто это может привести к формату, который трудно декодировать раньше; для хорошего SINR существует мало мотивации, чтобы использовать скорости кодирования ниже $1/2$, это означает, что декодирование возможно сначала после половины передачи.

[0699] Потенциальная выгода от использования HARQ зависит также от того, может ли SINR быть адаптировано путем изменения ширины полосы передачи. Для восходящей линии связи, ожидается ограниченная выгода, если ширина полосы может быть уменьшена и, тем самым, улучшено SINR. Однако для случаев нисходящей линии связи или восходящей линии связи, где существуют ограничения по спектральной плотности мощности, где скорость кодирования, необходимая для достижения целевой ошибки, очень низкая, можно ожидать значительного выигрыша в эффективности использования ресурсов от операции HARQ. Чтобы извлечь выгоду из сокращения среднего показателя использования ресурсов, планирование должно быть достаточно быстрым, чтобы использовать "высвободившиеся" ресурсы для других услуг.

[0700] Выяснено, что обратная связь HARQ также должна быть устойчивой к ошибкам NACK-ACK вплоть до заданной целевой надежности и даже ниже для нескольких передач, и она также должна удовлетворять этой надежности при значительно более низкой границе задержки, чем для самого приложения. Это может затруднить покрытие обратной связи HARQ и сделать его дорогостоящим, особенно учитывая относительно малые ожидаемые размеры данных для C-MTC. Механизм HARQ и соображения относительно каналов управления обсуждаются в разделе 2.2.8.

[0701] На фиг. 72 показан пример, в котором быстрая обратная связь HARQ передается в конце первого доступного случая передачи UL. В этом примере, обратная связь HARQ включена в один символ OFDM.

[0702] Ожидается, что для C-MTC будет применима только опция "очень быстрой обратной связи HARQ" в NX, при значительном распределении энергии для обратной связи, чтобы удовлетворить требования к ошибкам без необходимости устанавливать пороги обнаружения так, чтобы все выгоды HARQ были потеряны при ошибках ACK-NACK. С "очень быстрой" обратной связью, где канал обратной связи охватывает только часть подкадра, ожидается, что время двустороннего распространения составит 2 подкадра, где передача может произойти в любом другом подкадре с остановкой и ожиданием. Для "досрочного завершения", передача продолжается до ACK, один подкадр часто будет "потерян". Если прогнозируемая обратная связь поддерживается на основе оценки качества на ранних пилот-сигналах, обратная связь даже может быть отправлена до полного декодирования. Эта схема может оказаться непригодной в случае очень строгих требований к надежности.

3.1.9 Схемы доступа MAC для C-MTC

[0703] Проектирование NX C-MTC MAC основано на принципах проектирования L2, как описано в разделе 2.2.1, и использует структуру NX PHY. Здесь описаны несколько опций C-MTC MAC, которые могут быть выбраны гибко в зависимости от сценария. Модульность конструкции обеспечивает возможность подключения различных компонентов и функциональных возможностей MAC для более эффективного учета требований конкретных случаев использования. Для удовлетворения желательных требований QoS, таких как ограничения по задержке и требования надежности, каждая из опций C-MTC MAC имеет свои характеристики и компромиссы с точки зрения требований к ресурсам и использования ресурсов.

[0704] В частности, конструкция C-MTC MAC включает в себя

- (i) динамическое планирование,
- (ii) мгновенный доступ к восходящей линии связи и

(iii) схемы гибкого доступа на конкурентной основе (гибридный доступ). Схемы MAC для C-MTC в D2D до сих пор не изучались явно. Динамическое планирование рассматривается как базовый случай, когда преимущества NX PHY (например, более короткие и переменные TTI) могут использоваться для

удовлетворения требований низкой задержки и высокой надежности. Опция динамического планирования подходит для спорадического трафика данных, где предоставление ресурсов осуществляется базовой станцией при планировании запроса от узла на одну передачу. Для каждой требуемой передачи данных, необходимо получить предоставление ресурса от базовой станции. В зависимости от специфических для сценариев ожиданий QoS и доступности ресурсов, базовая станция имеет возможность приоритизировать спорадические данные реального времени по сравнению с другими типами трафика.

[0705] Схема мгновенного доступа к восходящей линии связи (IUA) использует чрезмерное предоставление ресурсов для передачи данных восходящей линии связи. Эта опция MAC жертвует использованием ресурсов в пользу уменьшения задержки, что желательно для приложений С-МТС. Поскольку узлу не требуется явно получать предоставление от базовой станции для предстоящей передачи спорадических данных, IUA устраняет задержку, связанную с циклом запроса ресурса и назначения ресурса базовой станцией. Схема гибридного доступа использует принципы как запланированного доступа, так и доступа на конкурентной основе и проектируется, чтобы использовать гибкость при выборе ресурсов и структур кадров, предлагаемых NX RHY. В схеме гибридного доступа базовая станция резервирует предварительные ресурсы для периодического трафика реального времени и не реального времени. Кроме того, в зависимости от доступности ресурсов и ожидаемого спорадического трафика в данный момент времени, базовая станция может гибко назначать ресурсы на конкурентной основе и запланированные ресурсы для узлов. Базовая станция может даже реконфигурировать назначенные ресурсы, когда требуется, например, забрать назначенные ресурсы для трафика не реального времени и зарезервировать их для трафика реального времени. Если нагрузка невелика, доступ на конкурентной основе может быть достаточно эффективным с точки зрения эффективности использования ресурсов и, следовательно, может эффективно обрабатывать спорадический трафик. Тем не менее, доступ на конкурентной основе имеет обратную сторону своего недетерминированного поведения. Поэтому, в этой опции MAC, базовая станция должна управлять радиоресурсами для доступа на конкурентной основе и запланированного доступа таким образом, чтобы можно было удовлетворить требования очень низкой задержки и высокой надежности трафика реального времени. Вышеупомянутые схемы С-МТС MAC описаны в разделе 2.2.9.

3.1.10 Аспекты D2D

[0706] Протоколы связи от устройства к устройству (D2D) для NX (см. раздел 3.11 для получения дополнительной информации) предназначены для поддержки проксимальной связи в сценариях покрытия, частичного покрытия и без покрытия для различных случаев использования, включая мобильный широкополосный доступ, а также критически важные случаи использования, такие как связь V2X и автоматизация производства.

[0707] Для критически важных случаев использования, требования к приложениям, связанные с надежностью, доступностью и задержкой, могут быть легче удовлетворены путем использования прямой связи D2D, чем без возможности D2D. Это связано с тем, что в случае связи, основанной на инфраструктуре, каждый пакет данных между устройствами, даже если устройства находятся в непосредственной близости друг от друга, участвует в одной передаче UL и в одной передаче DL. Это не всегда может быть оптимальным путем с точки зрения задержки по сравнению с одиночной радиопередачей по прямому пути между соседними устройствами. Кроме того, покрытие сети или пропускная способность не всегда могут быть гарантированы для критически важных коммуникаций. Таким образом, интеграция прямого соединения может помочь сети обеспечить более высокую доступность, избегая потенциальных узких мест, где инфраструктура может стать одной из точек снижения производительности или потенциального сбоя. Отметим, что выигрыш в надежности с D2D из-за меньшего количества каналов связи может быть частично скомпенсирован более низким порядком разнесения для прямой линии связи.

[0708] Некоторые приложения С-МТС необходимо использовать в сценариях вне зоны покрытия, например, в некоторых автомобильных сценариях. Тогда связь D2D может быть единственным путем, непрерывно доступным как в условиях зоны покрытия, так и вне зоны покрытия.

[0709] В случае сценариев в зоне покрытия (например, автоматизация производства), сетевая поддержка D2D играет важную роль для уменьшения помех между устройствами и инфраструктурой; а также для улучшения спектральной эффективности за счет повторного использования ресурсов. Кроме того, сеть может дополнительно содействовать устройствам в обнаружении устройств и мобильности.

[0710] Для реализации потенциальных выигрышей по задержке за счет прямой связи D2D, функции RRM (см. раздел 3.11.7.8 для получения дополнительной информации) предоставляются гибридным централизованно-распределенным способом между сетью и устройствами в зависимости от сценария и услуги. Эти функции RRM могут включать в себя выбор режима, распределение ресурсов и управление мощностью и совместно обеспечивают доступность радиоресурсов для расширения покрытия, а также критически важных услуг.

[0711] Для обеспечения надежных передач в условиях неожиданных помех в случае распределенного RRM, могут использоваться надежные канальные коды с низким уровнем ошибок (например, сверточные коды). Могут использоваться механизмы интеллектуальной повторной передачи (например, HARQ), если возможно выполнять повторные передачи в пределах границы задержки.

[0712] Для дальнейшей защиты передач прямой линии связи от помех, должны выполняться как

процедуры RRM как с сетевой поддержкой (медленные), так и без сетевой поддержки (быстрые) с надежными механизмами управления помехами и координации для одноадресных, многоадресных и широковещательных каналов связи D2D.

[0713] Чтобы справиться с динамической средой радиосети ввиду мобильности, разнесение может быть важным аспектом критически важной связи и может предоставляться в различных формах, таких как антенное разнесение антенн, частотное разнесение, временное разнесение (см. раздел 3.1.7), а в случае с D2D, также в разнесение режима (включая сотовый режим и режим D2D для проксимальной связи). С другой стороны, эти методы разнесения не всегда доступны:

требование к задержке может быть ограничивающим фактором для использования временного разнесения;

частотное разнесение может быть ограничено из-за распределения частот и возможностей радиосвязи;

линии связи D2D могут быть ограничены более низким порядком разнесения из-за того, что, как правило, меньшее количество антенн доступно на устройстве по сравнению с сетевым узлом;

в зависимости от сетевого покрытия, разнесение режима, где могут использоваться как связь на основе инфраструктуры (интерфейс Uu), так и связь D2D (интерфейс PC5), может быть ограничено плоскостью управления или не доступно вообще.

[0714] В конечном счете, NX D2D рассматривается в качестве дополнительного средства обеспечения низкой задержки при использовании правильных инструментов, благодаря более короткому расстоянию связи, меньшему количеству линий передачи (скачков), а также высокой надежности посредством улучшенных функциональностей уровня 1 и уровня 2, например, для избыточности, управления помехами и расширения покрытия.

3.1.11 Аспекты архитектуры RAN

[0715] В этом разделе описываются аспекты архитектуры, связанные с обеспечением низкой задержки, высокой надежности и высокой доступности на системном уровне.

Необходимость поддерживать распределенную функциональность:

[0716] Чтобы поддерживать e2e задержки до 1 мс или ниже, требуется поддержка развертывания серверов приложений близко к радиодоступу, иногда называемая мобильными периферийными вычислениями. Свет в оптическом волокне проходит около 200 км за 1 мс, поэтому, для обеспечения гарантированной односторонней задержки между, скажем, контроллером в сети и беспроводным исполнительным элементом/датчиком, приложение контроллера должно быть расположено гораздо ближе к радио, чем 200 км (также с учетом дополнительных задержек от переключения, HW-i/f, прокладки волокна не по прямой линии и т.д.). Развертывание серверов приложений близко к радио также означает развертывание функций пользовательской плоскости базовой сети, таких как привязка мобильности, близко к радио.

[0717] Для случаев с низкой задержкой и высокой надежностью, интересно иметь возможность развертывать как функции пользовательской плоскости, так и функции плоскости управления близко к радиосети. Функции распределенной пользовательской плоскости мотивированы потребностью в низкой задержке, в то время как функции плоскости управления могут быть мотивированы потребностью в автономной работе, даже если соединение с внешними сетями нарушено.

Использование распределенного облака и виртуализации сетевых функций (NFV) для распространения функциональности:

[0718] К 2020 году ожидается, что функции будущей базовой сети, а также большинство функций прикладного уровня будут поддерживаться на универсальных процессорных HW и будут развернуты как виртуализированные сетевые функции. Виртуализация упрощает распространение этих функций в сети с помощью распределенной облачной платформы на основе универсальных HW. NX поддерживает такое распределение функциональных возможностей как базовой сети, так и уровня услуг (например, услуг приложений), что позволяет устанавливать соединения с низкой задержкой между датчиками, исполнительными элементами и контроллерами.

[0719] Также возможно поддерживать услуги с критическими и низкими задержками в отдельном логическом e2e сетевом сегменте (см. описание сетевого сегмента в разделе 1.1), который оптимизирован для надежной услуги с низкой задержкой (например, поддержка распределенных функций). Этот сетевой сегмент использует ту же физическую сеть, что и, скажем, сегмент MBW, но он все же может быть лучше, чем MBW, для обработки критического трафика. В этом случае должны быть созданы механизмы, которые обрабатывают совместное использование ресурсов между сегментами и обеспечивают развязку. Во многих случаях предполагается, что для сегментирования сети будет использоваться динамически совместно используемый ресурс, но для критических сегментов также потребуются назначить некоторую гарантированную (выделенную) транспортную сеть и радиоресурсы на сегмент, чтобы обеспечить выполнение требований к производительности.

Средства обеспечения для достижения высокого уровня надежности/доступности:

[0720] В дополнение к требованиям высокой надежности, некоторые услуги требуют высокой доступности услуги даже в случае сбоя узла или оборудования. В настоящее время типичные критические

приложения МТС используют два независимых дублированных пути, чтобы гарантировать, что общее соединение может справиться со сбоем HW или SW в одном пути. Ожидается, что подобные концепции могут быть применены для критических МТС с использованием NX.

[0721] На фиг. 73 показано использование повторяющихся путей.

[0722] В дополнение к независимым продублированным путям, можно достичь высокой доступности узла путем копирования контекста UE в нескольких узлах, чтобы справиться с неисправностью плат HW или сбоями VM. Такие методы уже используются в нашей продукции на сегодняшний день.

3.1.12 Достижимая задержка

[0723] Достижимая задержка RAN обобщена в этом разделе. В этом разделе основное внимание уделяется FDD, который дает наименьшую задержку, как обсуждалось в предыдущих разделах. Следует отметить, что сквозная задержка или задержка приложения больше и включает буферизацию, транспортную задержку и задержку обработки в узлах базовой сети.

3.1.12.1 Задержка восходящей линии связи

[0724] В этом разделе показана достижимая задержка пользовательской плоскости восходящей линии связи для NX для запланированной передачи. С агрессивным предположением о времени обработки (8 мкс) можно передавать запрос планирования (SR), предоставления планирования (SG) и данные в последовательных временных сегментах. Это можно рассматривать как технологический потенциал для устройств премиум-класса со строгими требованиями к задержке и соответствующими показателями, указанными в разделе 2.1.5.1. При менее строгом предположении о требовании к обработке (несколько десятков мкс) существует задержка в один подкадр, пока не будет передано следующее сообщение в последовательности. Тогда точное время обработки не важно, если оно не превышает одного подкадра. Предполагается, что это возможно и для широко распространенных устройств MBV.

[0725] Необходимые этапы и задержка, требуемая для каждого этапа, показаны на фиг. 74, где представлена задержка RAN восходящей линии связи для динамического планирования. Если повторные передачи не используются, итоговая задержка составляет 4 подкадра для строгих требований к обработке и 6 подкадров для смягченных требований к обработке.

[0726] Когда используются повторные передачи HARQ, каждая повторная передача добавляет еще 2 дополнительных подкадра (строгие требования к обработке) или 4 подкадра (смягченные требования к обработке).

[0727] Схемы полупостоянного планирования, мгновенного доступа к восходящей линии связи и предварительного планирования с предсказанием приводят к очень похожей задержке. Во всех этих схемах, цикл запрос-предоставление планирования опущен, и при получении данных предоставляется разрешение на планирование. Подробная информация об этих схемах приведена в разделе 2.2.9. Необходимые этапы и задержка, требуемая для каждого этапа, показаны на фиг. 75, где представлена достижимая задержка восходящей линии связи при мгновенном доступе к восходящей линии связи. Если повторные передачи не используются, итоговая задержка составляет 2 подкадра как для строгих, так и для смягченных требований к обработке. Когда используются повторные передачи HARQ, каждая повторная передача добавляет еще 2 дополнительных подкадра (строгие требования к обработке) или 4 подкадра (смягченные требования к обработке).

[0728] Итоговая задержка радиointерфейса восходящей линии связи для различных нумерологий и схем планирования приведена в табл. 13.

Таблица 13

Сводная информация о достижимой задержке RAN восходящей линии связи для разных нумерологий

Длительность подкадра	Вариант планирования	Оптимальная обработка	Смягченная обработка
250 мкс	Динамическое	1 мс	1,5 мс
250 мкс	Мгновенный доступ к восходящей линии связи	0,5 мс	0,5 мс
62,5 мкс	Динамическое	0,25 мс	0,375 мс
62,5 мкс	Мгновенный доступ к восходящей линии связи	0,125 мс	0,125 мс

[0729] Как можно видеть, односторонняя задержка радиointерфейса 200 мкс может быть достигнута в восходящей линии связи с соответствующей конфигурацией.

3.1.12.2 Задержка нисходящей линии связи

[0730] Для связи с низкой задержкой можно отправить назначение планирования для данных нисходящей линии связи и передачу данных в одном и том же подкадре. Назначение планирования передается по физическому каналу управления нисходящей линии связи (PDCCH) в начале подкадра, и передача данных может быть выполнена в том же подкадре; см. раздел 2.3.2.2.

[0731] Когда данные доступны для передачи по нисходящей линии связи, данные могут быть переданы в следующем доступном подкадре. Это означает, что наихудший случай задержки RAN в нисходя-

щей линии связи ограничен 2 подкадрами (500 мкс для длительности подкадра в 250 мкс и 125 мкс для длительности в 62,5 мкс). Таким образом, требование к задержке в 200 мкс может быть выполнено.

[0732] В реализации продукта, возможно, что для планирования, адаптации линии связи и обработки необходимо добавить 1-2 подкадра, что означает, что самые строгие требования к задержкам не могут быть достигнуты, если не используется оптимизированная реализация.

3.2 Доступ к системе

[0733] В этом разделе описывается функциональность, предоставляемая пользователям для доступа и надлежащей работы в системе. Функциональность, предоставляемая пользователям, может включать одно или более из следующего:

- обеспечение устройств "системной информацией" - в сетях LTE, как правило, выполняется с помощью широкополосной передачи по сотам;

- поисковый вызов - в сетях LTE, как правило, выполняется с помощью широкополосной передачи по сотам многосотовой области поискового вызова;

- установление соединения - В сетях LTE, как правило, ориентировано на определенную соту;

- отслеживание - в сетях LTE, как правило, осуществляется путем выбора и повторного выбора соты.

[0734] Термин доступ к системе в этом разделе относится ко всем сигналам и процедурам, позволяющим UE получать доступ к системе и принимать поисковый вызов. В этом разделе описаны свойства и решения, которые имеют отношение к доступу к системе в NX.

[0735] В системах 3G и 4G, передача сигналов, связанных с доступом к этим системам, вносит основной вклад в энергопотребление в сети. Есть два параметра, которые влияют на энергопотребление сети больше, чем любой другой: количество прерывистых передач (DTX) (максимальный коэффициент DTX), которое может быть разрешено, и длина интервалов прерывистой передачи (максимальная длительность сна), которая поддерживается. Для NX функциональные возможности доступа к системе спроектированы таким образом, что коэффициент DTX и длительность сна сетевых узлов достаточно велики. В общем, это можно понимать как "чем больше DTX, тем лучше". Но на практике, каждый узел также имеет некоторый трафик пользовательской плоскости. В типичном узле в сетях LTE, передачи в активном режиме происходят менее чем в 10% времени, и если обязательные передачи достаточно ниже этого, скажем, в 1% времени, не так много достигается за счет дальнейшего увеличения коэффициента DTX.

[0736] В унаследованных системах, помехи, вызванные сигналами, связанными с доступом к системе, значительно снижают максимальные скорости передачи данных пользователя. В частности, при низкой нагрузке системы, доминирует помеха от обязательных системных передач (сигналы на основе CRS в LTE) и, таким образом, ограничивает SINR.

[0737] Сигналы, связанные с доступом к системе, должны быть повсеместными и статичными. Недопустимо, что определенное местоположение имеет покрытие системы только спорадически, в зависимости от того, как система в настоящее время сконфигурирована. В унаследованных системах, это часто оказывается препятствием для использования динамической оптимизации с участием реконфигурируемых антенн.

[0738] Поскольку NX основано на поддержке динамического массированного формирования луча, NX проектируется таким образом, что между нормальными сигналами и процедурами пользовательской плоскости и плоскости управления и сигналами и процедурами, связанными с доступом к системе, не существует связи. Такая развязка является важным средством для полной динамической оптимизации сигналов пользовательской плоскости и плоскости управления, связанных с одним UE.

[0739] Чтобы соответствовать ультра-минималистическому принципу проектирования NX, важно, чтобы функциональность доступа к системе NX была максимально легкой, обеспечивая при этом надежный и быстрый доступ. Отметим, что тот факт, что конструкция системы минималистична и поддерживает большие длительности сетевой DTX, напрямую не подразумевает дополнительной задержки доступа. Если, например, сигнал нисходящей линии связи передается каждые 100 мс или каждые 5 мс, система все еще может быть сконфигурирована с возможностью произвольного доступа, например, каждые 10 мс, и в этом случае начальная задержка доступа будет одинаковой.

3.2.1 Цели проектирования

[0740] В следующих подразделах перечислены некоторые из целей проектирования, рассматриваемых для доступа к системе.

3.2.1.1 Масштабируемость

[0741] NX проектируется для обеспечения независимого масштабирования отдельных частей системы. Например, при уплотнении сетей не нужно добавлять больше общих сигналов. Другими словами, можно уплотнить только плоскость данных, но не служебные издержки, связанные с доступом к системе. Причиной уплотнения сети чаще всего является нехватка пропускной способности, а не то, например, что произвольный доступ или производительность поискового вызова являются неудовлетворительными.

[0742] Кроме того, различные сектора или лучи, ассоциированные с одним и тем же сетевым узлом, должны иметь возможность совместно использовать функциональности, ассоциированные с доступом к системе, такие как системная информация. Кроме того, кластеры CoMP или реализации C-RAN, вклю-

чающие несколько сетевых узлов или местоположений антенн, должны быть в состоянии использовать одну единственную конфигурацию доступа к системе, которая обеспечивает доступ к системе и функциональность поискового вызова для всего кластера. Например, если группа узлов использует одну и ту же конфигурацию доступа к системе, для доступа к системе можно использовать отдельный уровень (возможно, на более низкой частоте).

[0743] Должна также быть возможна только одна конфигурация доступа к системе для всего сетевого уровня, так что UE в режиме ожидания знают только то, как получить доступ к этому уровню, не обязательно зная о том, какой узел на этом уровне будет отвечать за доступ к сети.

[0744] Узлы, которые добавляются, когда функциональность доступа к системе уже обеспечена надлежащим образом, могут работать без передачи каких-либо сигналов, связанных с доступом к системе. При добавлении дополнительных частотных диапазонов в существующий узел, передача сигналов доступа к системе на этих частотных диапазонах будет опциональной.

[0745] Схема доступа к системе должна поддерживать возможность широкополосной передачи системной информации с использованием таких форматов широкополосной передачи, как модуляция одночастотной сети (SFN). Она также должна поддерживать передачу системной информации на мобильные терминалы в специальном формате передачи, когда это более эффективно. Объем системной информации, которая постоянно транслируется по всей зоне покрытия, должна быть минимизирована и в первую очередь связана с обеспечением начального доступа к системе.

3.2.1.2 Гибкость развертывания

[0746] Система должна обеспечивать массовое развертывание узлов доступа с малой мощностью без чрезмерных непроизводительных издержек. В очень плотных развертываниях, поддерживающих очень высокие скорости передачи данных (например, посредством большой ширины полосы и/или большого количества антенных элементов), в большинстве случаев, отдельные узлы не имеют данных для передачи или приема. Поэтому при расчете непроизводительных издержек функциональности доступа к системе важно не только использовать полностью загруженную систему в качестве опоры, но и вычислять непроизводительные издержки в полностью пустой сети.

3.2.1.3 Гибкость для обеспечения будущего развития радиодоступа (перспективность)

[0747] Первоначальные обсуждения в 3GPP о стандартизации 5G в настоящее время предполагают процесс стандартизации по фазам, когда первый выпуск может не охватывать все предполагаемые характеристики и услуги. Другими словами, новый радиointерфейс 5G, который будет стандартизован в первоначальном выпуске, должен быть подготовлен для внедрения новых характеристик и сетевых функций, которые трудно предсказать, какими они будут, поскольку могут также возникнуть новые требования, которые еще не рассматриваются.

[0748] Некоторый уровень перспективности (устойчивости к будущему развитию) уже достигнут в структуре LTE, что может быть подтверждено большим количеством новых характеристик, которые были введены, например, eICIC, CoMP, DMRS для UE, ретрансляция, усовершенствования MTC (включая Cat 1/0), LAA, интеграция Wi-Fi, агрегация несущих и двойная связность, при этом поддерживая мультиплексирование с унаследованными Rel-8 UE. В дополнение к этим особенностям, 3GPP удалось внедрить новые услуги для радиointерфейса LTE, такие как mMTC и связь V2X. В ходе этого процесса внедрения новых характеристик и услуг были извлечены некоторые уроки, которые привели к разработке принципов проектирования, чтобы сделать новый радиointерфейс 5G еще более перспективным, чем LTE. Некоторые из этих принципов, такие как ультра-минималистичная конструкция и автономные передачи, оказывают большое влияние на то, как разрабатываются процедуры доступа к системе (и мобильности), поскольку некоторые из используемых общих сигналов/каналов транслируются.

3.2.1.4 Обеспечение превосходной энергоэффективности сети.

[0749] С использованием схемы оценки энергоэффективности EARTH (E3F) были получены результаты, представленные на фиг. 76, где показаны доля пустых подкадров и использование мощности в типовой европейской общенациональной сети в соответствии с несколькими сценариями, описанными ниже:

Сценарий 1: "наиболее релевантный сценарий трафика на 2015 год"

Сценарий 2: "верхняя граница ожидаемого объема трафика на 2015 год"

Сценарий 3: "крайний предел для очень высокого использования данных в будущих сетях"

[0750] Для общенациональной сети, потребление энергии в среднем за 24 ч практически не зависит от трафика. Отметим, что эти результаты не предполагают какого-либо уплотнения сети, поэтому весьма маловероятно, что относительно высокая динамическая часть энергии в 7,4% для сценария 3 будет наблюдаться в будущей сети. Несмотря на то, что в будущем ожидается значительное увеличение трафика, использование энергии в унаследованных системах будет по-прежнему мало зависеть от фактического трафика в сети. Существует большой потенциал для снижения энергопотребления 5G путем разработки решения с более низким статическим потреблением энергии.

3.2.1.5 Расширенная поддержка массивного формирования луча

[0751] Другой темой, рассмотренной при проектировании функций доступа к системе NX, были недавние разработки в области усовершенствованных антенных систем и массивного MIMO. Для

сравнения, стандарт LTE определяет обязательные передачи сотовых опорных сигналов (CRS), сигналов первичной и вторичной синхронизации (PSS и SSS) и физического широковещательного канала (PBCH) и блоков системной информации (SIB) через каналы управления и совместно используемые каналы данных нисходящей линии связи (PDCCH и PDSCH). Глядя на "пустой" радиокадр LTE без данных, очевидно, что для этих функций системного уровня используется большое количество элементов ресурсов.

[0752] В предыдущих сотовых системах, основное предположение состояло в том, что соты являются статическими и что они не меняют свою форму. Это является проблемой для внедрения усовершенствованных и реконфигурируемых антенных систем в этих сетях, так как даже такие простые вещи, как регулировка наклона антенны, не могут быть выполнены без влияния на зону покрытия сети. Тесная взаимосвязь между функциями доступа к системе (такими как произвольный доступ и поисковый вызов) и функциями пользовательской плоскости и плоскости управления очень часто является препятствием для внедрения любого вида быстрой конфигурируемости антенны в сети. Поэтому использование реконфигурируемых антенных решеток (RAS) в обычных сетях очень ограничено.

[0753] Требование к мобильным терминалам принимать сигналы, связанные с системным доступом, и нормальные сигналы, связанные с плоскостью данных и с плоскостью управления, в то же самое время и на той же самой несущей, накладывает очень высокие требования на динамический диапазон в приемниках UE. Сигналы, связанные с доступом к системе, должны охватывать всю область, в то время как сигналы, специфичные для UE, могут иметь существенный выигрыш в бюджете линии связи от формирования луча. Таким образом, разница мощности в 20 дБ или более между этими двумя типами сигналов вероятна в некоторых сценариях. Поэтому в NX мобильным терминалам не требуется прослушивать сигналы, связанные с доступом к системе, в то же время, когда они принимают передачи, связанные с плоскостью данных и с плоскостью управления, из сети.

[0754] Эти цели должны быть сбалансированы с тем фактом, что выгодно иметь гармонизированные решения как для высокочастотных, так и для низкочастотных диапазонов, чтобы разные диапазоны не были похожи на разные системы с точки зрения более низкого уровня.

3.2.2 Получение системной информации

[0755] Набор требований к распределению системной информации приведен в разделе 2.1.6.1. Одним путем удовлетворения этих требований и достижения целей проектирования для улучшения поддержки массированного использования формирования луча является уменьшить транслируемую информацию в системе до минимума. Один из подходов состоит в том, чтобы транслировать только достаточную информацию, необходимую UE для отправки начального произвольного доступа для доступа к системе, в дальнейшем обозначаемую как информация о доступе. Вся другая системная информация может быть доставлена в UE с использованием выделенной передачи с формированием луча высокого усиления, или она может транслироваться по запросу по меньшей мере от одного UE. Крайним методом будет жесткое кодирование конфигурации по умолчанию информации о доступе в спецификации, и в этом случае нет необходимости в трансляции информации о доступе. Запрос может быть отправлен с использованием набора параметров доступа по умолчанию.

3.2.2.1 Содержание информации о доступе

[0756] Структура основывается на возможности обеспечивать основную часть информации о системе NX по мере необходимости, позволяя сократить количество постоянно транслируемой системной информации и включать только информацию, необходимую для доступа к системе, со специфической для узла и общей системной информацией, доставляемой посредством выделенной передачи в UE. Это показано на фиг. 77, которая иллюстрирует распределение информации о доступе.

[0757] Информация о доступе включает в себя параметры произвольного доступа. Эти параметры включают в себя выбранные части информационных элементов MIB, SIB1 и SIB2, определенных в LTE (например, PLMN Id, CSG, Q-RxLevelMin, Frequencybandindicator и Prach-configCommon). Точное содержание информации о доступе может зависеть от эффектов сегментирования сети.

3.2.2.2 Распределение информации о доступе на основе индекса

[0758] Метод минимизации транслируемой информации обеспечивает двухэтапный механизм для передачи информации о доступе, включающий в себя таблицу информации о доступе (AIT), содержащую список конфигураций информации о доступе и короткий индекс сигнатурной последовательности (SSI), который предоставляет индекс, указывающий на определенную конфигурацию в AIT, определяющую информацию о доступе. Это показано на фиг. 78, которая изображает передачи таблицы информации о доступе (AIT) и индекса сигнатурной последовательности (SSI).

[0759] Предполагается, что содержимое AIT известно UE при выполнении попытки произвольного доступа. AIT в UE может обновляться одним или обоими из следующих двух способов:

общая AIT (C-AIT) транслируется сетью, как правило, с большей периодичностью, чем SSI, например, каждые 500 мс или около того. В некоторых развертываниях периодичность C-AIT может быть такой же, как периодичность SSI (например, в небольших внутренних сетях), и максимальная периодичность C-AIT может быть очень большой, например, 10 с для поддержки сценариев с крайне ограниченной мощностью (например, автономные базовые станции, питаемых солнечной энергией);

выделенная AIT (D-AIT) передается в UE с использованием выделенной сигнализации в выделен-

ном лучше после начального доступа к системе. Специфическая для UE D-AIT может использовать те же SSI, чтобы указывать на различные конфигурации для разных UE. Например, в случае перегрузки системы, это позволило бы иметь различные значения устойчивости доступа для разных UE.

[0760] Период SSI обычно короче, чем период C-AIT. Значение представляет собой компромисс между энергоэффективностью системы, энергоэффективностью UE (см. раздел 2.1) и задержкой доступа в случае, если SSI требуется считывать перед доступом.

3.2.2.2.1 Содержание AIT

[0761] Одно из преимуществ концепции SSI & AIT заключается в том, что часто передаваемый SSI ограниченного размера может использоваться для указания информации о доступе, сигнализируемой посредством C-AIT менее часто. C-AIT также может передаваться на другой несущей или приниматься через LTE. Такое разделение сигналов позволяет транслировать C-AIT с более длинной временной периодичностью. Однако длина SSI зависит от различных информационных элементов (IE) AIT и количества необходимых значений SSI, чтобы указывать на различные конфигурации. Ожидается, что выигрыш будет высоким, если AIT содержит только несколько динамически изменяющихся IE, при этом большинство значений являются статическими. С другой стороны, если большинство IE меняются динамически, размер SSI растет, и ожидаемый выигрыш уменьшается. Это следует учитывать при выборе того, какие IE включать в C-AIT.

[0762] Пример возможного содержания AIT показан в табл. 14, где различные комбинации, такие как базовая системная информация и элементы информации, связанные с произвольным доступом, идентифицируются индексами сигнатурной последовательности (SSI). В данном примере, имеется раздел заголовка AIT, включающий в себя также глобальное время и идентификатор PLMN. Однако, в зависимости от покрытия AIT (см. раздел 2.2.2.2.2) и уровня синхронизации в сети, также может быть желательным предоставлять дополнительную информацию SFN/временной диаграммы из каждого узла, к которому необходимо получить доступ.

[0763] В зависимости от количества записей SSI в AIT, существует потенциально большая степень повторения в содержании, и поэтому сжатие AIT может использоваться для уменьшения размера сигнализируемой информации. Текущие ожидания заключаются в том, что для AIT сигнализируемый размер 100-200 битов будет достаточным. Физический формат AIT представлен в разделе 2.3.

Таблица 14

Пример содержимого AIT

Глобальное время	
Список идентификаторов PLMN	
SSI	Q-RxLevelMin=12, Frequencybandindicator=3, Barring
k	info=120, Prach-configCommon=34
CSG=	CSG=0, Q-RxLevelMin=14, Frequencybandindicator=4, Barring
0	info=48, Prach-configCommon=20
...	...

3.2.2.2.2 Варианты доставки C-AIT

[0764] Вариантом доставки по умолчанию для C-AIT является автономная передача, в которой все узлы передают как C-AIT, так и SSI, с записями C-AIT, ссылающимися только на себя. Однако для приема C-AIT в синхронизированной сети на той же частоте могут возникать сильные помехи. Чтобы избежать помех C-AIT, C-AIT может сдвигаться по времени в разных сетях. В дополнение к автономной передаче, чтобы поддержать цель проектирования по гибкости развертывания, возможны дополнительные варианты доставки для C-AIT. Некоторые примеры методов передачи AIT перечислены ниже и показаны на фиг. 79.

[0765] Один наложенный узел может быть выбран для распространения C-AIT, включая записи всех сетевых узлов в покрытии. Отметим, что одна и та же запись SSI может быть включена в соседние C-AIT, содержащие информацию о доступе узлов на границе C-AIT. Для предотвращения путаницы требуется планирование повторного использования SSI. UE получает временную диаграмму, опорный сигнал демодуляции и скремблирование, требуемые для получения AIT, на основе приема SSI.

[0766] Размер полезной нагрузки C-AIT может быть больше в автономном случае, так как информация обо всех узлах в зоне покрытия включена в C-AIT. Покрытие ограничено выбранным узлом. Это может быть применимо для сценария, в котором C-AIT передается на низких частотах с хорошим покрытием, чтобы ограничить потребность в широкополосных передачах от высокочастотных узлов в пределах этого покрытия, что потребовало бы только передачи более короткого SSI (и, возможно, малой AIT, содержащей только указатель на AIT в более низкочастотном диапазоне).

[0767] В передаче SFN, узлы в области, которая могла быть определена как 'область C-AIT', передают ту же самую C-AIT, включая количество записей этой области. Помехи снижаются, что обеспечивает более высокую спектральную эффективность и покрытие. В плотных областях эта SFN может быть очень большой, и даже при очень больших развертываниях это дает дополнительно по меньшей мере 4 дБ к SINR по сравнению с отправкой отдельных AIT с каждого узла.

[0768] В случае тесной интеграции LTE-NX, C-AIT может также доставляться по LTE. Также воз-

можно жестко закодировать несколько наборов параметров доступа по умолчанию с соответствующими SSI в спецификации 3GPP, которые являются тогда универсально применимыми для UE, обнаруживающих такой SSI. В этом случае получение C-AIT не требуется, и после первоначального доступа к системе для UE может предоставляться D-AIT по выделенной сигнализации.

3.2.2.2.3 Структура SSI

[0769] SSI содержит битовую последовательность, содержащую указатель на AIT, а также индикатор версии AIT. Этот указатель может пониматься как индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, поскольку он используется как индекс для AIT, чтобы получить соответствующую конфигурацию доступа к восходящей линии связи. Индикатор версии позволяет UE проверять, что AIT не изменилась и что связанная информация о доступе все еще действительна. SSI может также предоставлять информацию, связанную с демодуляцией и дескремблированием C-AIT.

3.2.2.2.4 Блок SSI (SSB)

[0770] Чтобы поддерживать доставку полезной нагрузки необходимых битов информации, блок SSI (SSB) может быть введен и передан от узлов, не передающих C-AIT, и всегда следующий за нормальной передачей SSI. Содержимое в этом блоке может быть гибким для получения системной информации, что требует той же периодичности, что и SSI, например, как "указатель AIT" и "полезная нагрузка SSI". Указатель AIT обозначается как указание времени и полосы, где терминалы могут найти C-AIT и даже формат передачи, чтобы избежать полного слепого обнаружения. Полезная нагрузка SSI может указываться, чтобы доставлять большее количество битов, чем могут последовательности, SSI может передаваться как кодовое слово в блоке. Отметим, что другая системная информация, которую невозможно или неразумно включать в AIT, может также быть включена в блок, например, дополнительная временная информация для UE, "просыпающихся" после длительного DRX (см. раздел 2.2.4.3).

3.2.2.2.5 Обновление информации AIT

[0771] Различные механизмы могут быть использованы для обеспечения того, чтобы UE всегда имели актуальную AIT. Ниже перечислены некоторые альтернативы того, как UE может проверить действительность AIT:

- UE обнаруживает SSI, который не включен в его AIT;
- UE обнаруживает изменение в индикаторе версии SSI;
- может существовать таймер действительности, ассоциированный с AIT;
- сеть может сигнализировать обновление AIT через индикацию поискового вызова.

[0772] Также может иметься потребность для сети проверять, что UE имеет обновленную AIT. Это, в свою очередь, может обеспечиваться тем, что UE вычисляет контрольную сумму своей AIT и отправляет ее в сеть. Сеть проверяет контрольную сумму, чтобы определить, требуется ли обновление AIT или нет.

[0773] Сеть также может хранить и поддерживать отображение между различными контрольными суммами AIT и содержанием AIT таким образом, что можно извлечь AIT, которую UE сконфигурировала, на основе получения только контрольной суммы от UE.

3.2.2.2.6 Процедура UE

[0774] Существуют различные процедуры L1 для разных UE с различным уровнем знаний в AIT, как показано на фиг. 80. UE без AIT запустили бы процедуру доступа для получения периодического AIT для обнаружения PACH, как описано в разделе 2.3, с использованием автономных опорных сигналов. После получения AIT, UE могут выполнять процедуру начального доступа после обнаружения сигнатурной последовательности (SS), которая отображается из более высокого уровня SSI, как описано в разделе 2.3.4.1. Релевантная информация для начального произвольного доступа получается из AIT в соответствии с SSI.

[0775] Процедура начального произвольного доступа для UE, с или без AIT, в аспекте L1 показана на фиг. 81. UE всегда сканирует SSI, чтобы узнать о покрытии обслуживания после включения питания. После обнаружения SSI, UE проверяет локальную AIT, например, определяя, находится ли какой-либо из них в табл. На этом этапе, мощность приема и синхронизация могут быть получены из обнаружения SSI. Если нет AIT, физический канал AIT (PACH) контролируется и обнаруживается. Если имеется доступная AIT, конфигурация доступа считывается для использования со следующим произвольным доступом в соответствии с выбранным SSI.

3.2.2.2.7 Управление повторным использованием и уникальностью SSI

[0776] Другие соображения включают в себя обеспечение уникальности SSI, например, путем управления повторным использованием SSI в сети. UE, использующее конфигурацию информации доступа одного SSI в одной области, может обращаться к тому же SSI в другой области, где SSI может иметь другое значение, например, указывать на другую конфигурацию информации доступа. Еще одно соображение заключается в том, как управлять границами PLMN, где UE может считывать SSI другой PLMN и попытаться получить доступ, используя неправильную информацию доступа.

3.2.2.2.8 Оценки покрытия

[0777] Первоначальные результаты покрытия показывают, что трансляция системной информации является дорогостоящей на несущей частоте 15 ГГц. На фиг. 82 показан требуемый рабочий цикл для

распределения AIT/SSI в плотном городском развертывании, где AIT/SSI использует 1,4 МГц системной ширины полосы (100 МГц). Как показано на фигуре, AIT передается один раз в секунду; SSI - а раз. Соответствующие требования к производительности LTE MIB используются для определения желательного рабочего цикла AIT/SSI; AIT и SSI должны работать на краю соты, что соответствует 5-процентному SNR -16 дБ и 5-процентному SINR - 20 дБ для плотных городских развертываний. По причинам энергоэффективности и пропускной способности необходимо, чтобы рабочий цикл AIT и SSI был как можно более низким. В оценках энергоэффективности, предполагается рабочий цикл в 1-2%. Результаты на фиг. 82 показывают, что покрытие может поддерживаться с рабочим циклом в несколько процентов для передачи AIT/SSI. Однако, чтобы сделать это возможным, желательно уменьшить нагрузку как на AIT, так и на SSI и уменьшить их периодичности.

[0778] Результаты подчеркивают важность минимизации информации, которая будет транслироваться в NX. Решение AIT/SSI позволяет разделить точку передачи AIT и SSI, так что только SSI должен передаваться на высокочастотной несущей, в то время как AIT может распределяться на более низкочастотной несущей, через LTE, или может существовать набор SSI по умолчанию, определенных в стандарте для начального доступа.

3.2.2.3 Альтернативы

[0779] В качестве альтернативы распределению информации о доступе на основе индексов (AIT+SSI) также можно рассмотреть другие методы распространения системной информации. Основные преимущества трансляции информации о доступе на основе AIT+SSI состоят в том, что она может быть очень ресурсоэффективной, она может минимизировать объем транслируемой информации на высокочастотных несущих, она обеспечивает основу для разделения функциональности системы и сигналов для доступа к системе и отслеживания, и она может обеспечить очень хорошую энергоэффективность сети.

[0780] Однако могут использоваться и альтернативные решения. В одном варианте, системная информация все еще может быть закодирована с использованием структуры LTE, основанной на MIB/SIB. Отметим, что это по-прежнему позволяет отправлять SIB, которые не требуются для начального доступа, с использованием выделенного луча с высоким усилением на высокой частоте, где формирование луча желательно для покрытия. Энергоэффективность сети может быть обеспечена только путем распространения информации о доступе по запросу от UE в областях с низкими потребностями трафика в целях экономии энергии. Это решение может также использоваться совместно с подходом на основе индекса. Для этого узел доступа должен отправлять предопределенную последовательность синхронизации, чтобы UE могло отправить преамбулу произвольного доступа. Формирование луча и свипирование луча могут использоваться для улучшения бюджета линии для передачи MIB/SIB в UE.

3.2.3 Базирование UE

[0781] В LTE, UE базируется в "соте". Перед базированием, UE выполняет выбор соты, который основан на измерениях. Базирование означает, что UE настраивается на каналы управления сотой, и все службы предоставляются из конкретной соты, а UE контролирует каналы управления конкретной соты.

[0782] В NX, различные узлы могут передавать различную информацию. Некоторые узлы могут передавать таблицу SSI/AIT, в то время как другие могут не передавать SSI и/или AIT, например. Аналогично, некоторые узлы могут передавать информацию отслеживания, в то время как другие могут передавать сообщения поискового вызова. В этом контексте понятие соты становится размытым, и поэтому концепция сотового базирования больше не подходит в NX.

[0783] Релевантные сигналы, которые UE может контролировать, находясь в состоянии бездействия, являются одним или более из следующих:

SSI;

сигнал области отслеживания RAN - TRAS (см. раздел 2.2.4.1.1);

канал индикации поискового вызова/Канал сообщения поискового вызова (см. раздел 2.2.4.1.1).

Таким образом, базирование NX связано с приемом набора сигналов. UE должно базироваться на "наилучших" SSI, TRAS и PICH/PMCH. Правила (повторного) выбора базирования NX для этих сигналов используются так же, как правила (повторного) выбора соты, существующие в LTE. Однако, поскольку степень гибкости выше, эти правила также могут быть немного сложнее.

3.2.4 DRX, отслеживание и поисковый вызов

[0784] Отслеживание UE используется для поддержки функциональности поискового вызова. Когда сеть должна определить местоположение UE, сеть может ограничить передачу сообщений поискового вызова в пределах зон отслеживания, которые сеть сконфигурировала для UE. Существуют по меньшей мере три основные причины, по которым функциональность отслеживания/поискового вызова была переработана для NX:

1. Проектирование NX нацелено на модульность, чтобы избежать зависимостей, которые могут ограничить будущие усовершенствования, и она должна быть совместимой в будущем.

2. В неактивном состоянии предполагается, что соединение S1 установлено. Это означает, что ответственность за поисковый вызов частично переносится из CN в NX-eNB.

3. Доступ к системе основан на узле, передающем индекс сигнатурной последовательности (SSI), который указывает на запись в таблице информации о доступе (AIT). AIT представляет собой набор раз-

личных конфигураций системной информации, связанных с доступом к сети, который могла бы иметь сеть. Это означает, что любой узел может использовать любой SSI в зависимости от конфигурации доступа к сети, которая должна использоваться посредством UE. Другими словами, SSI не переносит информацию о местоположении.

[0785] На фиг. 83 показаны возможные варианты развертывания SSI/AIT, которые могут использовать одну и ту же конфигурацию зон отслеживания, например конфигурацию зон отслеживания, показанную на фиг. 84.

3.2.4.1 Отслеживание

[0786] Информация о местоположении желательна для содействия сети в определении местоположения UE. Возможны решения для предоставления информации о местоположении с использованием SSI/AIT; однако за счет введения определенных ограничений. Другим решением является использование блока SSI. Блок SSI может переносить содержимое или часть содержимого, описанного в TRASI (см. ниже). Блок SSI не зависит от SSI. Таким образом, он может расцениваться как вариант предоставления информации о местоположении. Тем не менее, еще одно решение, которое обеспечивает более высокую степень гибкости, - это введение нового сигнала для переноса такой информации. Этот сигнал в данном контексте называется сигналом области отслеживания RAN, TRAS. Область, в которой передается этот сигнал, называется областью отслеживания RAN, TRA. TRA может содержать один или более узлов RAN, как показано на фиг. 84. TRAS может передаваться всеми или ограниченным набором узлов в TRA. Это также означает, что этот сигнал и его конфигурация предпочтительно должны быть общими для всех узлов, передающих TRAS в пределах данного TRA, например, с точки зрения (по меньшей мере) приблизительно синхронизированных передач, чтобы облегчить процедуры для UE и способствовать уменьшению его энергопотребления.

3.2.4.1.1 Сигнал области отслеживания RAN - TRAS

[0787] Сигнал области отслеживания RAN (TRAS) содержит два компонента: синхронизации сигналов области отслеживания RAN (TRASS) и индекса сигнала области отслеживания RAN (TRASI).

3.2.4.1.2 Синхронизация сигналов области отслеживания RAN (TRASS)

[0788] В неактивном состоянии, перед каждым случаем считывания информации TRA, UE, как правило, находятся в состоянии DRX с низким энергопотреблением и имеют значительную неопределенность по времени и частоте. Таким образом, сигнал TRA также должен быть ассоциирован с полем синхронизации, которое позволяет UE получать временную и частотную синхронизацию для последующего приема полезной нагрузки. Чтобы избежать дублирования непроизводительных издержек на поддержку синхронизации в еще одном сигнале, прием TRASI может использовать SSI в целях синхронизации в развертываниях, где SSI и TRAS передаются с одних и тех же узлов и сконфигурированы с подходящим периодом. В других развертываниях, где SSI недоступен для синхронизации до считывания TRASI, для этой цели вводится отдельный сигнал синхронизации (TRASS).

[0789] Конструкция SSI была оптимизирована для обеспечения синхронизации UE. Поскольку требования к синхронизации для обнаружения TRA, не в последнюю очередь, рабочей точки качества линии связи для UE и требуемой способности считывать информацию полезной нагрузки DL, аналогичны, повторно используется структура физического канала SS, и резервируется одна или малое число комбинаций последовательности PSS+SSS для использования в качестве сигнала синхронизации TRA. Процедура обнаружения SS в UE может быть повторно использована для синхронизации TRA. Поскольку TRASS представляет собой одну предопределенную последовательность или малое их количество, сложность поиска UE уменьшается.

[0790] Информация о том, сконфигурирована ли TRASS сетью, может сигнализироваться в UE, или UE может обнаруживать это вслепую.

3.2.4.1.3 Индекс сигнала области отслеживания RAN (TRASI)

[0791] Индекс области отслеживания транслируется. По меньшей мере два компонента были идентифицированы для включения в полезную нагрузку TRASI:

1. Код области отслеживания RAN. В LTE, код TA имеет 16 битов. Тот же пространственный диапазон может использоваться для NX.

2. Временная информация (см. раздел 2.2.4.3). В качестве примера можно использовать длину системного номера кадра (SFN) в 16 битов, что позволило бы использовать 10-минутный DRX при длине радиокадра в 10 мс.

[0792] Таким образом, полезная нагрузка оценивается как 20-40 битов. Поскольку это число битов непрактично кодировать в отдельные сигнатурные последовательности, информация TRA передается в качестве полезной нагрузки кодированной информации (TRASI) с ассоциированными опорными символами (TRASS), которые будут использоваться в качестве опорной фазы.

[0793] Полезная нагрузка TRASI передается с использованием структуры физического канала DL:

Альтернатива 1 [предпочтительна]: Использовать PDCCH (постоянное планирование). UE сконфигурировано с набором из 1 или более ресурсов PDCCH для наблюдения

Альтернатива 2: Использовать PDCCH (постоянное планирование). UE сконфигурировано с набором из 1 или более ресурсов PDCCH для наблюдения

Альтернатива 3: Использовать PDCCH+PDCH (стандартный доступ к совместно используемому каналу). UE сконфигурировано с набором из 1 или более ресурсов PCCH для контроля, который, в свою очередь, содержит указатель на PDCH с информацией TRA

[0794] Выбор между PDCCH и PDCH должен основываться на том, налагает ли резервирование ресурсов в одном или другом канале меньше ограничений планирования для других сигналов. (В номенклатурных целях, используемые ресурсы PDCCH/PDCH могут быть переименованы как физический или логический канал TRASI.

[0795] Кодирование TRASI включает в себя CRC для надежного обнаружения правильного декодирования в UE.

3.2.4.1.4 Процедуры UE

[0796] UE использует свою стандартную процедуру поиска/синхронизации SSI для получения синхронизации для приема TRASI. Для минимизации потребления энергии UE можно использовать следующую последовательность действий:

1. Сначала искать TRASS
2. Если TRASS не найден, искать последний SSI
3. Если такой SSI не найден, продолжать полный поиск SSI

[0797] В некоторых реализациях UE, время активации RF является доминирующим фактором энергопотребления, и в этом случае всегда может быть выполнен полный поиск.

[0798] Если TRASS отсутствует, но прослушиваются несколько SSI, UE пытается получить прием TRASI при всех найденных временных диаграммах SSI и/или TRASS, один из которых будет успешным. Все SSI обнаружены, и соответствующее обнаружение TRASI предпринимается в течение того же самого периода активации, поэтому никаких непроизводительных издержек RF не вводится.

[0799] Если предоставляется "свободная" синхронизация с известным допуском в пределах TRA, UE ищет связанную с TRAS временную синхронизацию в соответствующей близости от текущей временной диаграммы плюс временной дрейф наихудшего случая в течение DRX. Время активации UE RX "пропорционально" временному допуску.

3.2.4.1.5 Работа с низким SNR

[0800] Для TRASS, ситуацию с низким SNR следует рассматривать аналогично SSI (см. раздел 2.3.4), так как реквизиты сигнализации для успешного получения синхронизации одинаковы.

[0801] Для TRASI, один или оба из двух подходов практичны для покрытия таких сценариев с низким SNR:

1. Уменьшить скорость сигнала TRASI, чтобы обеспечить сбор энергии в течение расширенного времени (например, повторение).
2. Применять свипирование луча, повторяя информацию TRASI в наборе релевантных направлений, где усиление луча применяется в каждом направлении. (В этом случае предпочтительно передавать TRASI по PDCH, который был спроектирован с поддержкой свипирования луча).

[0802] Независимо от того, применяется ли повторение в виде "всенаправленной" низкоскоростной передачи или пространственное повторение передач с более высокой скоростью во время свипирования луча, время приема в наихудшем случае одинаковое. Однако использование свипирования луча сокращает среднее время приема наполовину.

3.2.4.1.6 Конфигурация TRA

[0803] Конфигурация TRA должна быть идентична в пределах TRA. Это означает, что все узлы, которые передают TRAS, должны использовать ту же конфигурацию. Причина этого связана с конфигурацией DRX. UE в неактивном режиме активируется на определенный период времени. Ожидается, что в этот период времени UE будет выполнять контроль и измерения, как сконфигурировано сетью (или как предписано стандартом).

[0804] Конфигурация TRA передается через выделенную сигнализацию. AIT не является самым подходящим вариантом для передачи этой информации. Конфигурация TRA могла быть передана к UE, например, когда сеть предписывает UE переходить из активного режима в неактивный режим или когда сеть передает ответ обновления TRA на UE. Ответ обновления TRA также может содержать информацию поискового вызова (см. фиг. 85). Это могло бы быть особенно полезно для минимизации задержек поискового вызова в ситуациях, когда сеть пытается определить местоположение UE в TRA, из которой UE уже вышло. Чтобы иметь возможность поддерживать этот тип функциональности, UE, возможно, потребуется добавить в обновление TRA некоторый тип ID или другую информацию, чтобы способствовать новой TRA или узлу идентифицировать предыдущую TRA или узлы, которые могли содержать контекст UE, сообщение поискового вызова или пользовательские данные. На фиг. 85, которая показывает процедуру обновления TRA, UE перемещается из TRA_A в TRA_B, которая не сконфигурирована в его списке TRA. Когда UE вышло из TRA_A, но еще не зарегистрировано в TRA_B, сеть начинает посылать индикации поискового вызова по определенному узлу или набору узлов в TRA_A. UE не отвечает, поскольку оно вышло из TRA_A и больше не может отслеживать TRAS_A. Когда UE выполняет обновление TRA, сеть предоставляет новый список TRA и конфигурацию, и может дополнительно включать любые индикации поискового вызова, которые могли быть пропущены UE.

3.2.4.1.7 Временная синхронизация между TRA

[0805] Чем менее синхронизирована сеть, тем выше влияние на батарею UE. Поэтому поддержание тесной синхронизации между TRA является важным, но также является проблематичным, особенно в развертываниях с плохой транспортной сетью.

[0806] Несколько вариантов перечислены ниже.

Все TRA слабо синхронизированы.

Синхронизация для TRAS отсутствует.

Скользкая синхронизация между соседними узлами.

Слабая синхронизация в TRA и отсутствие синхронизации между TRAS.

3.2.4.2 Поисковый вызов

[0807] Функциональность поискового вызова имеет одну или обе из двух ролей:

Запрос одного или более UE для доступа к сети

Отправка уведомлений/сообщений в одно или более UE

[0808] AIT не всегда может быть подходящим решением для доставки ширококвещательных/предупреждающих сообщений. Есть несколько причин, почему:

Один узел распределяет AIT в большой области. Обновление AIT означало бы, что все UE в пределах покрытия AIT получали бы AIT для приема сообщения. Однако было бы сложнее, например, распространять это уведомление в меньшей области.

Концепция NX допускает длительные периоды для распределения AIT. Когда AIT редко распределяется, требования к задержке для предупреждающих сообщений могут не выполняться.

Ожидается, что AIT будет переносить только минимально возможную информацию, и современное представление заключается в том, что размер AIT (в радиointерфейсе) составляет не более нескольких сотен битов. Это предположение несовместимо с тем фактом, что ширококвещательные системы и системы предупреждения могут потребовать передачи сообщений в несколько сотен битов.

[0809] Решение поискового вызова повторно использует физический канал PCCH/PDCH в NX, но вводит следующие логические каналы:

Канал индикации поискового вызова (PICH)

Канал сообщения поискового вызова (PMCH)

3.2.4.2.1 Сигналы поискового вызова: PICH и PMCH

[0810] Общее намерение при проектировании сигнализации поискового вызова состоит в том, чтобы обеспечить прием с минимальным энергопотреблением UE, предпочтительно, считывая один сигнал, обеспечивая при этом ресурсоэффективность сети. В LTE, для UE сначала требуется считать информацию PDCCCH с указателем на ресурсы PDSCH, содержащие список UE для поискового вызова.

[0811] Для распространения информации поискового вызова не должны вводиться новые физические каналы; для этой цели следует использовать PDCCCH и PDCH. Ожидается, что PDCCCH будет поддерживать размеры сообщений до 40-50 битов, что может обеспечить указатель выделения ресурсов на PDCH, в то время как PDCH может переносить большие сообщения.

[0812] В связи с необходимостью поддержки широкого спектра сетевых конфигураций и условий линии связи, вводится ряд конфигураций поискового вызова, включающих в себя два поля: PICH и PMCH, которые предполагают разные функции для разных конфигураций:

PICH: в типичной ожидаемой конфигурации, PICH отображается на PDCCCH. В зависимости от сценария/развертывания и объема передаваемых данных, индикатор поискового вызова может содержать одно или более из следующего: флаг поискового вызова, флаг предупреждения/тревоги, список ID и распределение ресурсов.

PMCH: PMCH отображается на PDCH. PMCH опционально может передаваться после PICH. При отправке сообщения PMCH оно может содержать одно или более из следующего содержания: список ID и сообщение предупреждения/тревоги.

3.2.4.2.2 Синхронизация

[0813] Синхронизация PICH/PMCH может быть достигнута различными способами в зависимости от сценария развертывания:

С поддержкой TRASS/SSI: когда сигналы поискового вызова передаются вскоре после TRASS или SSI с одного и того же узла.

Автономный поисковый вызов: отдельный сигнал синхронизации (например, TRASS), предшествующий поисковому вызову, должен быть введен, если узлы, передающие поисковый вызов, не передают TRAS или SSI, или период этих сигналов отличается от периода поискового вызова.

3.2.4.2.3 Процедуры UE

[0814] UE получает синхронизацию с помощью SSI или TRASS (-подобного) сигнала незадолго перед считыванием поискового вызова. UE конфигурируется для контроля PICH согласно формату, используемому сетью. В зависимости от содержания PICH, UE может выполнить необходимые действия и/или считывать PMCH. Считывание PDCCCH и PDCH выполняется стандартным образом с использованием DMRS релевантных RB в качестве опорной фазы.

[0815] Основываясь на принятом содержании канала поискового вызова, UE может затем осуществ-

вить доступ к сети, считать системную информацию, выполнить другие действия согласно сообщениям о чрезвычайной ситуации, или ничего не делать. Доступ к системе и получение системной информации следуют обычным процедурам, основанным на SSI.

3.2.4.2.4 Работа с низким SNR

[0816] Здесь также применимы варианты обработки TRASI в аналогичных условиях. Низкоскоростная передача PICH может означать отправку однобитового индикатора поискового вызова на PDCCH. PDCCH может быть предпочтительной средой, если формирование луча необходимо применять к PICH.

3.2.4.2.5 Конфигурация поискового вызова

[0817] Конфигурация поискового вызова, как и в LTE, также конфигурирует циклы UE DRX. Конфигурация поискового вызова для UE в неактивном состоянии предоставляется UE через специальные сообщения, например, в ответе обновления TRA или других сообщениях RRC.

[0818] Конфигурация поискового вызова должна быть действительной в пределах определенной области(ей), например, TRA. Эта информация также должна быть передана UE в конфигурации поискового вызова.

3.2.4.3 DRX и поисковый вызов в NX

[0819] Одним из основных и важных предположений является то, что NX и LTE тесно интегрированы. Поэтому схема конфигурирования циклов DRX и поискового вызова в NX очень похожа на схему в LTE. Другими словами, циклы поискового вызова и циклы DRX в NX связаны друг с другом и зависят от SFN.

[0820] Предлагаемые решения для отслеживания и поискового вызова позволяют передавать все сигналы любым узлом независимо друг от друга. Другими словами, узел, передающий один из них, не навязывает передачу другого из сигналов тем же узлом. Этот тип решения налагает определенные требования и задачи:

UE должно принимать все необходимые сигналы в течение "периода прослушивания" DRX;
цикл DRX и цикл поискового вызова должны применяться в определенной области, например TRA;
конфигурация поискового вызова должна применяться в пределах этой области;
конфигурация TRAS должна применяться в пределах этой области;
все узлы в этой области имеют синхронизированные SFN.

[0821] Если сигналы SSI/TRAS/поискового вызова передаются с разных узлов или комбинациями узлов, сеть должна гарантировать, что все эти узлы скоординированы и знают конфигурацию UE.

[0822] Для длительных циклов DRX, дрейфы тактового сигнала значительны и могут быть больше, чем период сигналов нисходящей линии связи. Это вводит возможную ошибку в вычисление SFN. Если коррекция SFN отсутствует, UE может пропустить индикации поискового вызова. Это означает, что SFN (или другая временная информация) должна быть включена в сигналы нисходящей линии связи, так что когда UE активируется, оно может скорректировать свой дрейф и вычислить корректный кадр поискового вызова.

[0823] Поскольку информация SFN используется для расчета циклов поискового вызова/DRX, было бы разумно заключить, что SFN должна вводиться по меньшей мере в одном из сигналов, поддерживающих поисковый вызов/DRX. SFN не может быть включена в сигнал поискового вызова, так как поисковый вызов не всегда переносится сетью. Поэтому другим потенциальным сигналом для переноса этой информации является TRAS. В зависимости от развертывания, например, SSI и TRAS и поисковый вызов с одного и того же узла, SFN может содержаться либо в TRAS, либо в блоке SSI. См. раздел 2.2.2.2.4. Переход функциональности поискового вызова/DRX в неактивное состояние в RAN имеет определенные последствия для сети. Например, RAN, возможно, потребуется буферизовать данные пользовательской плоскости, которые могут быть значительными для длинных циклов DRX. В случае длительного DRX в неактивном состоянии, могут иметь место некоторые воздействия на структуру протоколов CP/NAS базовой сети, и может потребоваться, чтобы RAN предоставил узлам CN информацию о достижимости UE (см. процедуры связи с высокой задержкой в 23.682).

3.2.5 Установление соединения

[0824] Процедура установления соединения может отличаться в зависимости от состояния UE и развертывания, как с точки зрения мощности передачи узла, так и используемых несущих частот. В этом разделе описана начальная установка соединения для UE в состоянии DETACHED (отсоединение).

3.2.5.1 Выбор PLMN

[0825] С точки зрения более высокого уровня, пока UE не включится, UE находится в состоянии DETACHED; см. диаграмму перехода состояний на фиг. 3. Когда UE включается, оно может иметь либо несущие LTE, либо NX в качестве наивысшего приоритета для выполнения выбора PLMN, в соответствии с тем, что сконфигурировано в его USIM.

[0826] В случае LTE, выбор PLMN является хорошо известной процедурой, где PLMN, связанный с несущей частотой, передается в SIB1. Для выбора PLMN, UE необходимо выполнить синхронизацию L1 с использованием PSS/SSS, затем определить PCI для декодирования CRS и выполнить оценку канала и декодировать системную информацию, в частности, MIB и затем SIB1, транслируемый каждые 80 мс. Это должно быть сделано для каждой несущей частоты, пока UE не найдет соответствующую PLMN,

которая может быть выбрана.

[0827] В случае NX, возможны другие решения. В них учтены различные способы распространения системной информации в NX; см. 3.2.2.

[0828] В предположении решения на основе AIT/SSI для получения системной информации, для каждой сканируемой несущей частоты, UE обнаруживает AIT, которая содержит PLMN. Чтобы позволить UE быстро начать сканирование другой несущей (если предыдущая не ассоциирована с разрешенной PLMN), PLMN может быть закодирована в начале AIT. Потенциальным недостатком является то, что для поддержания такой же характеристики задержки, как и при выборе PLMN в LTE, AIT должна передаваться каждые 80 мс (например, вместо периодичности порядка одной или более секунд). В качестве альтернативы, передача AIT может быть выровнена между различными PLMN, чтобы уменьшить время выбора PLMN. Здесь надо отметить, что начальное присоединение будет редким событием в NX, поскольку целью является поддержание UE в неактивном состоянии; таким образом, характеристика задержки процедуры присоединения становится менее важной. Кроме того, данное решение включает в себя возможность для UE хранить AIT и использовать SSI для проверки действительности хранимой AIT при доступе к системе, так что считывание AIT не всегда необходимо при доступе из режима ожидания. В областях, где поиск PLMN более вероятен, например, в аэропортах, период AIT может быть короче.

[0829] Возможна альтернатива, когда для каждой сканируемой несущей частоты UE обнаруживает информацию, связанную с PLMN, предпочтительно ограниченную по количеству битов, передаваемую более часто, чем остальная системная информация. Когда системная информация распределяется согласно подходу AIT/SSI, эта ограниченная информация может быть SSI, а оставшаяся информация может быть AIT, поэтому UE может проверять, принадлежит ли данная несущая частота или нет к ее разрешенным PLMN (сохраненным в USIM). Эта информация может использоваться как для ускорения начального поиска PLMN/RAT/частоты, так и для предотвращения проблем с повторным использованием сигнатурных последовательностей (SSI) или других синхросигналов между операторами (которые могут быть повторно использованы). Эта связанная с PLMN информация предпочтительно представляет собой сжатую версию списка PLMN (который включает в себя домашнюю PLMN). Сжатие может выполняться очень эффективно по пространству, так как могут быть допустимы ложно положительные (но не ложно отрицательные) результаты. Альтернативно, информация может быть списком PLMN, например, когда пространство не является проблемой или когда транслируется только одна или более PLMN. Это является альтернативным решением в системах, где простая системная информация распределяется по узлам, как в LTE. В этом случае несколько битов, кодирующих индикацию PLMN, могут передаваться чаще, что может быть опциональным в областях, где поиск PLMN более вероятен, таких как области, близкие к аэропортам.

3.2.5.2 Единое присоединение для LTE и NX

[0830] Как только UE выбрало разрешенную PLMN, UE инициирует процедуру присоединения для доступа и регистрации в CN. Независимо от RAT доступа, присоединение ассоциировано как с NX, так и с LTE. В этом процессе, устанавливается общий SI*, который поддерживается в течение срока службы соединения RRC. Единое присоединение обеспечивает быстрое последовательное установление двойной связности между LTE и NX, когда это необходимо.

[0831] Из-за тесной интеграции с LTE, процедура установления соединения RRC напоминает процедуру LTE, за исключением информации, содержащейся в сообщениях. Процедура начального присоединения через интерфейс NX показана на фиг. 86. С другой стороны, некоторые процедуры (в основном с точки зрения процедур более низкого уровня) являются специфичными для доступа, такие как обнаружение покрытия, поиск PLMN, получение системной информации, синхронизация и произвольный доступ.

[0832] Получение информации о доступе UE начинает с получения необходимой информации о доступе для доступа к системе NX, согласно разделу 3.2.2. SSI может транслироваться или передаваться в широком луче (см. раздел 3.4.4.2), или формирование луча может использоваться в некоторых определенных сценариях.

[0833] SSI неявно предоставляет UE информацию о том, как демодулировать, декодировать и дескремблировать AIT. Одной из примерных альтернатив является то, что SSI сгруппированы в наборы из N (например, N=16), все которые указывают на одну и ту же AIT. В AIT, UE находит конфигурации, необходимые для передачи преамбулы физического произвольного доступа и приема ответа произвольного доступа (этапы 1 и 2 на фиг. 86, соответственно).

1. Передача преамбулы физического произвольного доступа

[0834] На фиг. 87 показана передача преамбулы произвольного доступа. Преамбула физического произвольного доступа передается на основе опорного времени из SSI или конкретного сигнала индикации PRACH. Если используется формирование луча, и если eNB поддерживает только аналоговое или гибридное BF, передача преамбулы может повторяться для обеспечения возможности свипирования луча. Если для передачи SSI также используется свипирование луча, то также можно использовать смещение по времени от SSI к преамбуле. Этот опорный сигнал нисходящей линии также используется в качестве опорного сигнала управления мощностью и выбора уровня для передачи. Преамбула выбирается на

основе SSI и записи из таблицы информации о доступе. Формат преамбулы описан в 2.3.4.2. Как показано на фиг. 87, передаваемая преамбула может приниматься несколькими сетевыми узлами.

2. Передача ответа произвольного доступа

[0835] На фиг. 88 показана передача ответа произвольного доступа. Передача преамбулы произвольного доступа сопровождается окном поиска во времени и частоте, где могут приниматься одно или более сообщений ответа произвольного доступа (RAR). Передача RAR может использовать формирование луча на основе оценки канала PRACH в предположении взаимности UL/DL. RAR является автономным, поскольку он имеет свои собственные пилот-сигналы синхронизации и демодуляции, и UE выполняет слепой поиск набора таких пилот-сигналов, ассоциированных с SSI и выбранным индексом преамбулы. Если более чем один сетевой узел принял преамбулу произвольного доступа, координация сети может быть применена для ограничения количества передач RAR - см. ID2 в левой части фиг. 88. Если принято более одного RAR - см. правую часть фиг. 88 - UE выполняет этап выбора, чтобы найти RAR для соответствия. RAR также содержит команду временного опережения, чтобы настроить временную диаграмму восходящей линии связи и предоставление планирования для следующего сообщения восходящей линии связи. Сообщение RAR включает в себя конфигурацию PDCCH/PDCH нисходящей линии связи и конфигурацию PDCH восходящей линии связи; в последующих сообщениях используются конфигурации, предоставленные в RAR. Эти конфигурации могут быть получены из одного индекса, например, "индекса конфигурации радиолинии" (который подобен PCI в LTE).

3. Запрос соединения RRC

[0836] После приема ответа произвольного доступа, UE передает сообщение запроса соединения RRC, включая идентификатор UE уровня CN (например, S-TMSI), запрашивающее установку соединения RRC.

4. Установка соединения RRC

[0837] Сеть отвечает установкой соединения RRC, чтобы установить SRB1. Этот этап также является этапом разрешения конфликта, который используется для дифференцирования между двумя UE, передавшими ту же преамбулу и также выбравшими тот же RAR. Это делается путем повторной отправки идентификатора UE уровня CN, включенного в сообщение запроса соединения RRC, и ID соединения RRC; см. раздел 2.1.3.1.1.

5. Соединение RRC выполнено

[0838] UE завершает процедуру, отправляя сообщение выполнения соединения RRC.

6. Общая установка безопасности

Сигнализация безопасности обсуждается в разделе 2.1.5.2.

7. Общие возможности UE

[0839] Сигнализация возможностей UE обсуждается в разделе 2.1.5.3.

8. Реконфигурация соединения RRC

[0840] Процедура реконфигурации соединения RRC выполняется для конфигурирования SRB2 и стандартного RB. После этой процедуры возможна передача пользовательской плоскости. Отметим, что в этом кратком описании не детализирована вся сигнализация CN. В целом, ввиду тесной интеграции, ожидается, что сигнализация CN будет обратно совместимой с сигнализацией LTE CN.

3.2.5.3 Доступ к несущей NX

[0841] В этом разделе обсуждается доступ к несущей NX, который является составной частью нескольких процедур установления соединения:

Случай А: UE выполняет одиночное присоединение к NX, например, переход DETACHED → RRC_CONNECTED ACTIVE, и ему необходимо получить доступ к несущей NX, которая может быть на низко- или высокочастотном уровне.

Случай В: UE выполняет переход RRC_CONNECTED DORMANT → RRC_CONNECTED ACTIVE и устанавливает линию связи с несущей NX.

Случай С: UE в RRC_CONNECTED ACTIVE с первичной несущей устанавливает вторичную несущую (которая может быть на более высоких частотах). Это может рассматриваться как подобное установке вторичной несущей, как в LTE CA.

[0842] Общим аспектом вышеупомянутых сценариев является то, что UE необходимо получить доступ к несущей NX, которая может быть в широком диапазоне частот. Первым этапом, прежде чем UE сможет получить доступ к несущей NX, является обнаружение покрытия, как правило, выполняемое посредством мониторинга некоторых передаваемых сигналов. Они могут быть либо: i) общими, ii) выделенными или iii) определенными для каждой группы сетью. В случае NX, это или SSI, или MRS.

[0843] Эти сигналы также могут отличаться способом передачи по сети. На более высокой частоте, например, эти сигналы могут передаваться с использованием формирования узкого луча (что потребует процедуры свипирования луча для обнаружения покрытия, см. раздел 3.4.4) или транслироваться (где некоторое повторение может быть желательно для пользователей наихудшего случая). На более низких частотах, эти сигналы могут транслироваться, и меньшее количество повторений может быть использовано для пользователей наихудшего случая, поскольку распространение является менее сложным. Может

быть выгодным иметь гармонизированное решение для разных несущих, где процедура UE для обнаружения покрытия точно такая же, независимо от того, как сеть обеспечивает покрытие.

[0844] Несмотря на сходство случаев А, В и С, все еще могут возникать некоторые специфические проблемы, особенно в развертываниях, где сигналы, используемые для обнаружения покрытия, должны формироваться лучом (покрытие обеспечивается только несущей NX на высокой частоте на некоторых специальных ISD).

[0845] Случай С является наименее сложным, так как UE уже имеет активное соединение RRC и может быть сконфигурировано для поиска конкретных сигналов NX, например, сформированных лучом MRS. В этом случае системная информация о том, как получить доступ к этому лучу (например, некоторый вид конфигурации PRACH к этому лучу), также может быть передана через выделенную сигнализацию. В случае, когда вторичная несущая NX развернута в другом узле, может использоваться некоторая сетевая сигнализация (например, по X2*). Установление вторичной несущей NX может происходить с реконфигурацией RRC, подобно установлению межчастотной DC. В другой альтернативе, UE может вместо этого напрямую осуществлять доступ к лучу и полагаться на выборку некоторого контекста.

[0846] Случай В является сложным, поскольку UE необходимо установить линию связи с NX без поддержки активного соединения RRC. С точки зрения более высокого уровня, это описано в разделе 2.1.5.6 (Процедура повторной активации RRC). С точки зрения более низкого уровня, могут иметься разные способы доступа к линии связи NX. Если UE сконфигурировано для базирования на низкочастотной несущей NX (или на высокочастотной несущей, где развертывание разрешает широкополосную передачу SSI), переход состояния происходит через процедуру синхронизации SSI и произвольного доступа, как описано в разделе 3.2.5.2.

[0847] Если UE сконфигурировано для базирования на высокочастотной несущей, где даже низкоскоростные каналы должны быть сформированы лучом для обеспечения надлежащего покрытия, переход состояния должен полагаться на свипирование луча/поиск; см. раздел 3.4.4. Поэтому возможны две альтернативы: доступ на основе SSI (предпочтительный выбор), но с конкретной конфигурацией, где разные SSI ассоциированы с различными лучами с разными конфигурациями RACH или с доступом на основе MRS, где UE сконфигурировано для непосредственного выполнения произвольного доступа к предварительно сконфигурированному набору MRS (например, в TRA). Доступ на основе SSI является предпочтительным выбором, но альтернатива на основе MRS обеспечивает дополнительную гибкость, например, связывает доступ с местоположением и активацией по требованию.

[0848] Случай А является самым сложным, где UE, возможно, потребуется доступ к несущей NX на более высокой частоте без каких-либо предварительных знаний о развертывании.

3.3 Протокол и разделение ресурсов для разных услуг

[0849] В этом разделе обсуждаются методы разделения и оптимизации ресурсов для разных услуг. Раздел разделен на три подраздела, где в разделе 3.3.1 обсуждаются аспекты более высокого уровня, такие как сегментация сети и поддержка множества услуг, в то время как в разделах 3.3.2 и 3.3.3 рассматриваются возможные решения для разделения ресурсов на MAC и физических уровнях, которые могут быть использованы для поддержки различных сетевых сегментов и услуг.

3.3.1 Сегментация сети и поддержка множества услуг

[0850] NX поддерживает широкий спектр услуг и ассоциированных требований к услугам в широком диапазоне сценариев. Одна система NX могла бы, например, одновременно поддерживать M-MTC, C-MTC, MBV и различные случаи использования средств мультимедиа.

[0851] Один из способов решения этих различных случаев использования - использование сегментации сети. Сегментация сети - это подход End-2-End, где пользователь или оператор сетевого сегмента (например, сеть датчиков MTC) видит сетевой сегмент как отдельную логическую сеть, имеющую сходные свойства выделенной сети (например, отдельное управление/оптимизация), но где сетевой сегмент фактически реализуется с использованием общей инфраструктуры (обработки, транспорта, радио), которая используется совместно с другими сетевыми сегментами. Из функциональной области, сетевой сегмент может быть реализован со специальными или общими функциональными компонентами (такими как eNB, EPC). Как правило, сетевой сегмент может иметь свой собственный экземпляр CN (EPC), но совместно использовать физическую транспортную сеть и RAN. Однако, возможны и другие решения. В случае совместного использования функционального компонента, с помощью параметризации можно сконфигурировать ожидаемое поведение конкретного сегмента для этого совместно используемого компонента.

[0852] На фиг. 89 показаны примеры различных служб, реализованных в разных сегментах логической сети, с использованием общих ресурсов и компонентов инфраструктуры.

[0853] В тех случаях, когда разные сегменты используют разные экземпляры CN, можно применять специфические для сегментов оптимизации по отношению к функциональной сфере и развертыванию различных экземпляров CN. Это показано на фиг. 90. В данном примере, например, случай использования X может иметь другую внутреннюю архитектуру и функции CN, которые также развернуты намного ближе к радио по сравнению с сегментом MBV. Чтобы обеспечить поддержку для разных экземпляров CN, в RAN существует механизм выбора сегмента для направления поддержки для пользователей в разные

CN. (Отметим, что это приводит к необходимости новой функциональности в интерфейсе S1* по сравнению с современным интерфейсом S1). В дополнение к механизму выбора сегмента, RAN также поддерживает механизм, чтобы управлять использованием ресурсов между сегментами. Эти механизмы контролируются политиками оператора.

[0854] Предпочтительно, чтобы все сегменты поддерживали один и тот же интерфейс CN/RAN (например, S1*). На фиг. 90 показан пример сетевого сегментирования с использованием различных экземпляров EPS, оптимизированных для различных случаев использования.

[0855] В сценариях, где RAN поддерживает несколько сегментов, важно, чтобы совместно используемые ресурсы, такие как спектр, эффективно использовались между сегментами и чтобы предотвращались статические или медленно изменяющиеся распределения ресурсов по разным сегментам. Только в исключительных случаях ресурсы должны быть зарезервированы для одного сегмента, чтобы они не могли динамически использоваться другими сегментами. Примером таких случаев может служить случай, когда пользователи в одном сегменте требуют специальной нумерологии или используют другой режим MAC. При использовании динамически совместно используемых ресурсов, можно определить минимальную долю ресурсов для сегмента во время перегрузки. Чтобы иметь возможность применять эти типы политик, связанных с сегментами, RAN должен знать ID сегмента.

[0856] В дополнение к разным долям ресурсов для разных сегментов, RAN также может предоставлять разные сегменты с разными MAC и физическими уровнями. Это обсуждается в разделах 3.3.2 и 3.3.3.

[0857] Помимо сетевого сегмента, NX также поддерживает дифференциацию QoS в пределах того же сетевого сегмента.

3.3.2 Несколько режимов MAC и разделение радиоресурсов

3.3.2.1 Мотивации и область действия

[0858] NX проектируется для обеспечения возможности гибкого распределения радиоресурсов между службами с разнообразными требованиями, например, к задержке и надежности. Однако, несмотря на поддержку NX, в некоторых практических развертываниях для некоторых важных случаев использования (например, интеллектуальная транспортная система, общественная безопасность, автоматизация производства, интеллектуальная сеть), может оказаться неприемлемым сосуществовать на одной и той же частоте или даже на несущей с любой другой услугой. Для этой цели может быть желательно использовать определенные услуги на выделенных частотных (под-) диапазонах или даже на выделенной несущей. Разделение радиоресурса таким образом может также обеспечить снижение сложности реализации и тестирования в некоторых ситуациях. Однако следует подчеркнуть, что по умолчанию предполагается, что по-прежнему остается динамическое совместное использование ресурсов между услугами, и ограничение услуг до поддиапазонов или даже разделение их на разные несущие является исключением и применимо только в крайних случаях.

[0859] Мультиплексирование услуг для поддержки сегментации сети (см. 3.3.1) и/или поддержки нескольких услуг или для поддержки различных конфигураций UE может воспользоваться следующим подходом к разделению радиоресурсов. Это соответствует принципу "оставаться в коробке" для уровня 2 (см. 2.2), и основная идея состоит в том, чтобы разделить доступные радиоресурсы на разные разделы, причем каждый из них используется для заданного поведения MAC.

[0860] Как указано в 2.2.1, для решения всех возможных аспектов планирования глобальной сети желательно применять подход, ориентированный на услугу.

[0861] В одной сети может существовать множество типов услуг, и их комбинации могут одновременно обслуживаться. Все эти услуги (например, MBV, C-MTC, голосовая ...) имеют разные требования к производительности (например, задержка, надежность, скорость работы ...), которые преобразуются в различные требования к использованию радиоресурсов (TTI, размер блока ресурсов, приоритизация ...). Это показано на фиг. 91, которая иллюстрирует разнообразие услуг с их типичным использованием ресурсов.

[0862] Создание предопределенных разделов ресурсов для различных услуг, как правило, является неоптимальным решением. Это можно использовать для упрощения распределения ресурсов в планировщике, если общая сложность становится неприемлемой. Однако описанный здесь вариант использования предназначен для поддержки создания разделов ресурсов, когда это требуется для услуги. К таким случаям можно отнести, например:

- когда физические ресурсы имеют различные свойства, такие как различные нумерологии;
- когда услуга имеет очень высокие требования к доступности (например, задержка доступа настолько короткая, что ей требуется постоянное предоставление ресурсов), например C-MTC;
- когда планирование/сигнализация обрабатывается в нескольких узлах (D2D, распределенное MAC и т.д.).

[0863] Когда услуга или UE обслуживается выделенным разделом ресурса, их представление о ресурсе может быть упрощено, как показано на фиг. 92. Отметим, что раздел ресурсов не должен выполняться во временной или частотной области.

[0864] Такой подход также гарантирует, что следующее поколение мобильной сети будет готово не

только к постепенному внедрению новых услуг, но и к постепенному отказу от устаревших функций по мере разработки более эффективных решений. Это может быть достигнуто путем назначения MAC, ответственному за новое решение, постепенно увеличивающегося набора физических радиоресурсов за счет физических радиоресурсов, назначенных для MAC, ответственного за старое обесцененное решение.

3.3.2.2 Несколько режимов MAC и разделы ресурсов

[0865] Для данного UE или службы, поведение MAC может быть сконфигурировано в соответствии с конкретными требованиями. Различные поведения MAC могут быть связаны с:

- различными схемами MAC, например, на конкурентной основе по сравнению с основанной на планировании;

- различными процедурами для схемы, например, RTS/CTS по сравнению с прослушиванием перед передачей;

- различными используемыми параметрами, например, временной диаграммой, приоритетностью, расположением ресурсов ...

[0866] Путем назначения отдельного набора физических радиоресурсов определенному поведению MAC, решение MAC можно оптимизировать только для требований, которые релевантны в данном конкретном случае. Физические радиоресурсы "распределяются" или "делегируются" для каждого конкретного MAC. С точки зрения сети, объект планирования должен реализовывать и обрабатывать все активные поведения MAC, но для каждого из них, поведение может обрабатываться независимо.

[0867] Хотя наличие предопределенных разделов для ресурсов является неоптимальным, это может быть полезно в некоторых сценариях, поскольку оно позволяет значительно упростить планирование, а также разнесение возможной реализации планирования. Например, учитывая случай, когда запланированные MAC и MAC на конкурентной основе сосуществуют, планирование MAC на конкурентной основе фактически является распределенным процессом, и не все узлы имеют прямой доступ к запланированной информации о MAC.

[0868] Чтобы ограничить нагрузку на предопределенное разделение ресурсов, разделение между различными поведением MAC должно динамически обрабатываться в системе. Разделение ресурсов и выбор режима MAC могут выполняться на разных уровнях области действия и обновляться на разных частотах. Например, это может быть сделано в пределах одной соты или среди кластера взаимодействующих сот; и с кратко-или долгосрочными разделениями ресурсов (чтобы приспособиться к определенным требованиям локального трафика или к глобальным ожиданиям трафика. Для разделений, выполненных между сотами, требуется координация между eNB. Со стороны UE, между UE и AP (или UE к обслуживающему узлу в случае ретранслятора или UE к UE ...) должны выполняться связь/подтверждение связи для согласования услуги и соответствующего поведения MAC.

[0869] Следуя концепции "оставаться в коробке", каждый раздел MAC должен быть автономным, со всеми механизмами управления, пилот-сигналами и сигнализацией, это подразумевает -поскольку для разных поведений MAC могут потребоваться разные типы управления или информации, - что проще, когда все независимы друг от друга. Предпочтительно, схемам MAC не разрешается передавать что-либо на другой ресурс MAC, так что каждый процесс пользуется чистыми ресурсами.

[0870] Пример разделения ресурсов MAC может выглядеть так, как показано на фиг. 93, где радиоресурсы разделены во временной области. Разделение может выполняться в любой области (частотной, временной, пространственной, кодовой ...), не обязательно во временной области, хотя время может легче справиться с проблемами дуплексирования.

3.3.2.3 Выбор режима MAC

[0871] То, какой режим или поведение MAC выбирается для каждого узла или услуги, может зависеть от одного или более факторов:

- требования к услуге или узлу. Как уже упоминалось, требования к услуге пользовательского трафика являются важным критерием для проектирования поведения MAC;

- состояние поддерживающей соты. Нагрузка топология линий связи обслуживающей соты (или ассоциированной с обслуживающим узлом) может оказать влияние на производительность различных схем MAC. Из противопоставления планируемого и распределенного MAC известно, что распределенное MAC является эффективным и простым при низкой нагрузке или когда иерархия между линиями связи не является простой (наличие беспроводного транспортирования, ретрансляция, D2D и т.д.), тогда как планируемое MAC более эффективно в случаях большой нагрузки, и когда мультиплексирование восходящей линии связи/нисходящей линии связи не требует большого взаимодействия. В качестве другого примера, если узел расположен около нескольких других узлов или подвержен помехам (как правило, на краях соты), предпочтительны режимы, которые являются надежными или избегают помех, такие как MAC на конкурентной основе или запланированный MAC с координацией;

- состояние сети (пространственное сосуществование). В качестве еще одного дополнительного варианта использования, использование нескольких режимов MAC может обеспечить возможность сосуществования между различными частями сетей. Например, если рассматривать eNB близкий к двум сотам с различными режимами MAC, он может выбрать использовать смешанный режим MAC (разделение

нескольких МАС) для размещения обоих соседей. Это пример использования пространственного сосуществования. Это пространственное сосуществование может применяться в пределах одной сети, но также и для сосуществования между сетями (типично для нелицензированных диапазонов). Фиг. 94 изображает пространственное сосуществование нескольких режимов МАС.

3.3.2.4 Обмен информацией и сигнализация

[0872] Обмен информацией может содержать локальную информацию, локальные требования или локальное представление системы, относящейся к узлу или группе узлов в кластере. Точка координации кластера (ССР)/функциональность может быть установлена для облегчения координации разделения радиоресурсов и выбора режима МАС.

[0873] Как описано ранее, выбор режима или поведения МАС зависит от услуги или пользователя, но может также зависеть от обслуживающей соты или состояния сети. Эта информация должна распространяться среди скоординированных узлов.

[0874] Кроме того, способ фактического разделения ресурсов, в некоторых случаях должен быть известен всем заинтересованным узлам в системе, а узлы, выполняющие разделение ресурсов, должны знать об узлах и условиях связи для принятия эффективных решений. Это особенно касается случаев, когда решения о планировании принимаются не в одном месте. Например, если одно поведение МАС распределяется (например, на конкурентной основе), все узлы, следующие этому поведению, должны знать, когда и где им разрешено передавать/принимать сигналы.

[0875] Возможны два способа сигнализации для передачи разделения ресурсов на UE.

Первый будет полагаться на управление уровня 2 и позволять сообщениям планирования eNB включать информацию о разделении радиоресурсов. В этом случае разделение ресурсов между различными МАС может непосредственно предписываться из классических сообщений планирования, таких как dPDCH, который может содержать планирование разделения. Это приводит к тому, что основной запланированный МАС, подобно классической схеме сотового МАС, работает как "по умолчанию" и несет ответственность за делегирование частей радиоресурсов другим схемам МАС - или по меньшей мере несет ответственность за такое делегирование. Эти dPDCH могут указывать, какие ресурсы используются для данного МАС. Преимущество управления L2 состоит в том, чтобы при необходимости иметь динамическое по каждому ТТИ распределение МАС, а также большую гибкость в информации сообщения, предоставляемой в dPDCH.

Второй будет полагаться на управление и сигнализацию уровня 3 и позволять конфигурации системы, обычно предоставляемой в выделенных сообщениях, включать конфигурацию радиоресурсов. В этом случае концепция системной информации отвечает за информирование всех пользователей структуры. Преимуществом этого метода является стабильность распределения планирования, что позволяет всем узлам и процессам МАС лучше прогнозировать доступность ресурсов. Это также поддерживает все МАС полностью независимыми, предотвращая наличие МАС "по умолчанию", ответственного за делегирование ресурсов другим. Однако это приводит к снижению гибкости и увеличению числа возможных широковещательных сообщений, требующих строгой стандартизации.

3.3.3 Смешивание различных нумерологий

3.3.3.1 Введение

[0876] Из-за различий в требованиях к задержке, надежности и производительности случаи использования 5G требуют различных структур символов и кадров (нумерологий). Одновременная поддержка случаев использования и услуг 5G является обязательным требованием, и поэтому NX проектируется для поддержки одновременно нескольких нумерологий. Насколько это возможно, ресурсы должны динамически распределяться между услугами в соответствии со спросом.

3.3.3.2 Нумерология и формат передачи

[0877] Ожидается, что критическая связь машинного типа будет ниже 10 ГГц. Для широкомасштабных развертываний на нижнем конце этого диапазона, 16,875 кГц является отправной точкой по умолчанию; см. также раздел 2.3.2, где подробно описаны различные нумерологии и их предполагаемое использование. Здесь длительность подкадра составляет 250 мкс, что обеспечивает достаточно низкую задержку для большинства случаев использования. Даже более короткие подкадры могут быть реализованы с нумерологией 67,5 кГц, которая обеспечивает подкадры в 62,5 мкс ("67,5 кГц, нормальный СР" или "67,5 кГц, длинный СР") или 125 мкс ("67,5 кГц, длинный СР b"). Одним из недостатков нумерологий 67,5 кГц по сравнению с нумерологией 16,875 кГц является увеличение непроизводительных издержек: они увеличивается с 5,5% в "16,875 кГц, нормальный СР" до 40,6% и 20,5% в "67,5 кГц, длинный СР" и "67,5 кГц, длинный СР b", соответственно. Это предполагает развертывание, где требуется циклический префикс порядка 3 мкс, где нельзя использовать "67,5 кГц, нормальный СР" с 0,8 мкс циклическим префиксом. Если циклический префикс менее 0,8 мкс достаточен, то может использоваться "67,5 кГц, нормальный СР", который имеет те же самые непроизводительные издержки, что и "16,875 кГц, нормальный СР".

[0878] Часто критичная к задержке связь машинного типа (требующая нумерологию 67,5 кГц) требует лишь доли полной несущей. Оставшаяся часть ресурсов используется для менее чувствительных к задержке услуг, таких как мобильная широкополосная связь или менее чувствительная задержка связь

машинного типа. Поэтому выгодно использовать нумерологию 67,5 кГц только для той части несущей, которая обслуживает службы с крайне высокой чувствительностью к задержке, и нумерологию "16,875 кГц, нормальный CP" для оставшейся части; см. раздел 2.3.2.3. Это обеспечивает чрезвычайно малую задержку для критичной к задержке связи машинного типа, но поддерживает непроизводительные издержки циклического префикса для других услуг с меньшей чувствительностью к задержке. Смешивание нумерологий частотной области реализуется с использованием фильтруемого/кадрированного OFDM; см. раздел 2.3.1. Так как поднесущие двух нумерологий не ортогональны, следует вставить защитную полосу (желательно ~10 поднесущих). Как показано на фиг. 95, разделение выглядит статическим, однако, как показано на фиг. 96, разделение может изменяться на основе более длительного подкадра (250 мкс для смешивания 16,875 кГц и 67,5 кГц). Это возможно, поскольку обе нумерологии выронены на границах более длинного подкадра.

[0879] В примере, показанном на фиг. 95, две нумерологии OFDM смешиваются на одной несущей. В данном примере "16,875 кГц, нормальный CP" и "67,5 кГц, длинный CP" смешаны. Защитная полоса (серая) вставлена между нумерологиями. В примере, показанном на фиг. 96, разделение между двумя нумерологиями динамически изменяется на границах более длинного подкадра (250 мкс). В данном примере смешаны "16,875 кГц, нормальный CP" и "67,5 кГц, длинный CP". Защитная полоса (серая) вставлена между нумерологиями.

[0880] Случай, когда каждый подкадр содержит только одну нумерологию, но нумерологий переключаются (могут переключаться) на границах подкадров, называется смешиванием нумерологий во временной области. Аппаратные ограничения (например, линейное предскаживание) могут ограничивать то, как часто могут изменяться нумерологий.

[0881] Приведенное выше описание действительно для случая использования мобильного широкополосного доступа и критичной к задержке связи машинного типа в развертывании широкой области, требующем циклического префикса порядка 3 мкс. Для развертываний малых сот с меньшим разбросом задержки, где "67,5 кГц, нормальный CP" обеспечивает достаточно длинный циклический префикс (0,8 мкс), полная несущая может работать с "67,5 кГц, нормальным CP", что устраняет необходимость смешивания нумерологий в частотной области.

[0882] В общем, ожидается, что смешивание нумерологий в частотной области необходимо только для удовлетворения самых экстремальных требований, а переключение одной нумерологий или во временной области может решать большинство случаев использования.

3.3.3.3 Спецификация TDD

[0883] В системе TDD, доступность ресурсов для двух направлений линии связи чередуется во времени. Поддержка очень низкой задержки в TDD требует частой доступности ресурсов в направлении обслуживания чрезвычайно критичных к задержке данных. Поддержка низкой задержки в обоих направлениях линии связи требует очень коротких временных периодов на каждое направление линии связи и частого переключения между ними; см. фиг. 97, на которой показано, что для поддержки низких задержек в TDD направление линии связи переключается на каждый подкадр. Каждое переключение в системе TDD требует защитного периода; следовательно, повышенная частота переключения приводит к увеличению непроизводительных издержек. Самая быстрая периодичность переключения достигается путем изменения направления линии связи на каждый подкадр. На каждый подкадр UL, одна длительность символа OFDM распределяется в качестве защитного периода между переключениями DL/UL и UL/DL, а оставшиеся символы OFDM используются для трафика UL. Большинство нумерологий имеет 4 символа OFDM на подкадр (кроме имеющих расширенный циклический префикс, которые имеют 3 или 7 символов OFDM на подкадр); таким образом, непроизводительные издержки на переключение составляют 12,5%, не только для рассматриваемой линии связи, но и для всех линий связи, обслуживаемых базовой станцией.

[0884] Кроме того, в неизолированных развертываниях TDD, даже системам TDD со смежными каналами нужно принимать этот очень частый коэффициент переключения. В зависимости от требований к надежности, необходимо синхронизировать даже системы TDD, работающие на отдаленных частотных каналах. Поэтому услуги, требующие чрезвычайно низких задержек, предпочтительнее обслуживать через сеть FDD.

[0885] Периодичность переключения также накладывает ограничения на длительность подкадра. Например, если переключение выполняется на каждый подкадр с нумерологией "67,5 кГц, нормальный CP" (62,5 мкс), то могут использоваться только нумерологий с длительностью подкадра равной или меньше 62,5 мкс.

3.4 Многоантенные технологии

[0886] В разделе 3.4.1 представлен обзор многоантенных технологий в NX. В разделе 3.4.2 обсуждается центральная точка взаимности. В разделе 3.4.3 детально разобраны три концептуальных режима для получения CSI в eNB и проектирования формирования луча для выделенной передачи данных. В разделе 3.4.4 описаны три соответствующих концептуальных режима для формирования луча передачи UE. В разделе 3.4.5 приводятся многоантенные перспективы для других процедур, кроме передачи данных. В разделе 3.4.6 обсуждаются некоторые многоантенные аспекты аппаратных средств и архитекту-

ры.

3.4.1 Обзор

[0887] Многоантенные технологии играют важную роль при проектировании современных RAT из-за их общепризнанных преимуществ. В частности, они обеспечивают усиление решетки, пространственное мультиплексирование и пространственное разнесение, что приводит к улучшению покрытия, емкости и надежности. Характеристики многоантенных технологий значительно способствовали успеху LTE и продолжают продвигать его развитие до Rel13 и за его пределы. Многоантенные технологии имеют еще большую релевантность для проектирования и характеристик NX из-за множества факторов, которые освещены в оставшейся части этого раздела. Эти факторы создают ряд проблем проектирования, но также предоставляют возможности для решения в многоантенной области.

[0888] В соответствии с требованием 5G MBB для пиковых Гбит/с скоростей, NX будет сначала развертываться в новом спектре $>3\text{GHz}$, главным образом из-за доступности большей ширины полосы. Однако расширение операций до $>3\text{GHz}$ также создает проблемы из-за ухудшения условий распространения радиоволн, например, значительно увеличиваются потери дифракции и распространения. Одним из способов преодоления потери бюджета линии, является использование специфического для UE формирования луча в eNB для передачи и приема. Хотя это уже включено в LTE, NX обеспечивает более высокие усиления формирования луча ввиду большого количества антенных элементов, которые необходимы решеткам для поддержания эффективной площади антенны при разумной стоимости на высоких частотах. Физический размер антенной решетки, как ожидается, будет иметь аналогичный размер или даже меньше на очень высоких частотах, поскольку это важно для аспектов развертывания, таких как простота установки, ветровая нагрузка и визуальная зона покрытия.

[0889] Пространственно сфокусированные передача и прием, достигаемые за счет специфического для UE формирования луча из больших решеток, требуют не только использования больших ширин полос, которые доступны только на более высоких частотах, но также обеспечивают и пространственное мультиплексирование. Повышение спектральной эффективности, в частности, посредством MU-MIMO, является важной целью проектирования для NX для удовлетворения требований 5G MBB к пропускной способности. Существует по меньшей мере два основных фактора, которые способствуют достижению этой цели.

[0890] Первым фактором является развитие технологии в отношении крупномасштабных активных антенных систем, также называемое массивованным MIMO, в которых несколько десятков или даже сотен антенных элементов или небольших подрешеток могут быть индивидуально доступны даже прямо из основной полосы для цифровых реализаций. Это дает огромные степени свободы для процедур обработки сигналов, которые значительно расширяют возможности уменьшения помех. Кроме того, использование очень большого количества антенных элементов повышает возможности для снижения сложности и энергопотребления, а также, по меньшей мере частично, преодоления ухудшения HW; что позволяет использовать компоненты со смягченными требованиями. Второй фактор, который позволяет достичь пропускной способности NX MBB, заключается в том, что, поскольку большая часть нового спектра, как ожидается, будет непарной, NX использует TDD. Высокое качество CSI желательно для дальнейшего повышения потенциала производительности возможностей обработки сигналов массивованного MIMO. TDD облегчает получение явной CSI, делая возможным достижение самой сильной (так называемой когерентной) формы взаимности, особенно для больших решеток, для которых схемы, основанные на обратной связи, могут иметь значительные непроизводительные издержки. Явная CSI позволяет создавать гибкие предкодеры, которые используют угловой разброс и подавляют помехи. Чтобы полагаться на взаимность для получения CSI, необходимо предъявлять особые требования к сигнализации восходящей линии NX и структуре HW.

[0891] Многоантенные технологии NX актуальны не только для eMBB, но и для C-MTC. Известно, что формирование луча при приеме повышает надежность за счет пространственного разнесения, а разнесение передачи может использоваться для повышения надежности передач нисходящей линии связи. Использование взаимности может обеспечить эффективную и надежную структуру, в то время как схемы, основанные на обратной связи, затруднены жесткими требованиями, которые C-MTC предъявляет к отчетности обратной связи.

[0892] Также, многоантенные технологии NX не ограничиваются только высокочастотным формированием луча и пространственным мультиплексированием высокого порядка. Для таких процедур, как произвольный доступ и широкополосная передача управляющей информации или когда CSI менее надежна, может быть предпочтительной широкая диаграмма направленности (с низким усилением), например, при последовательном сканировании луча. При правильном выборе предкодера можно создавать лучи с переменной шириной. Кроме того, NX не следует привязывать только к полностью цифровым реализациям; в некоторых случаях использования, например, для внутренних развертываний, работающих на частотах mmW, гибридные аналоговые/цифровые архитектуры предлагают привлекательные компромиссы с точки зрения соотношения стоимости - производительности. И последнее, но не менее важное: NX, как ожидается, сможет извлечь выгоду из развернутых узлов, работать в существующем спектре FDD и, возможно, повторно использовать платформу LTE HW. В этих случаях, многоантенные

технологии NX основываются непосредственно на современных технологиях LTE, но адаптируются к принципам проектирования NX, таким как минималистические и автономные передачи, поскольку NX не должно соответствовать требованиям обратной совместимости.

[0893] Важно также отметить, что многоантенные технологии NX относятся не только к eNB. Малые длины волн делают возможным даже портативные UE оснащать одной или более решетками с множеством активных элементов, возможно с распределенными усилителями мощности. Тогда формирование луча UL становится весьма релевантной функцией, например, для улучшения покрытия восходящей линии связи UE с ограничением мощности. Кроме того, в ряде случаев использования 5G (например, самотранспортировка, D2D, V2X, стационарная беспроводность) классическое понятие нисходящей линии связи/восходящей линии связи сотового доступа не является настолько релевантным, поскольку обе стороны линии связи могут иметь сходные многоантенные возможности.

[0894] В заключение, из-за разнообразных требований, многоантенные технологии NX являются набором инструментов для решений с несколькими факторами вместо "одного решения для всего". Общим знаменателем является то, что возможно, когда это необходимо, использовать антенные решетки для формирования лучей для всех каналов, которые извлекают выгоду из этого в данном развертывании.

3.4.2 Взаимность

[0895] Широкое определение взаимности соответствует тому, когда оценка канала UL может использоваться при проектировании передачи DL. Можно представить себе различные "уровни" взаимности, которые суммируются следующим образом:

"Когерентная" взаимность: каналы RX и TX являются теми же самыми, как наблюдается из основной полосы (в пределах времени/ширины полосы когерентности);

"Стационарная" взаимность: матрица ковариации канала одинакова для RX и TX;

"Направленная" взаимность: углы прихода/ухода (AoAs/AoDs) являются взаимными для RX и TX.

[0896] Когерентная взаимность является самой сильной формой взаимности, и ее можно достичь только в TDD. Это очень интересно для NX, поскольку оно предоставляет другие средства, а не замкнутую обратную связь для получения явной CSI; таким образом, обеспечивая полный потенциал режима цифровых данных массивированного MIMO, описанного в разделе 3.4.3.3. Непроизводительные издержки на сигнализацию двух методов масштабируются по-разному; а именно, с количеством антенн eNB для обратной связи и с суммой количества антенн UE для взаимности. Методы являются взаимодополняющими, и один из них может быть предпочтительнее другого в зависимости от случая использования.

[0897] Когерентная взаимность является не только самой сильной, но и самой сложной формой взаимности. Канал распространения, включая антенны, действительно является взаимным. Однако аппаратные средства обычно не являются взаимными. Взаимность включает в себя полные цепи RX и TX. Будут ухудшения, которые будут влиять на производительность так, что эта взаимность будет неидеальной, предъявляя требования к калибровке на сторонах eNB и UE. Некоторыми из проблем, которые могут возникнуть, являются следующие:

переключение мощности в UE (обычно скачки фазы зависят от мощности);

переключение AGC RX;

фазовая пульсация в фильтрах (когда UL и TX имеют разные фильтры).

Одна или более из проблем должны быть решены.

[0898] Направленная взаимность может предполагаться достаточно безопасно в TDD, также вне времени когерентности и ширины полосы, а также в FDD. Это связано с тем, что AoD и AoA кажутся достаточно похожими даже при изменении несущей частоты в большом диапазоне, например, 6-100 ГГц. Это факт, который можно (и, вероятно, следует) использовать в гораздо большей степени, чем рассматривалось до сих пор в концептуальной работе. Одни примером является, когда низкочастотная система (LTE) используется параллельно с высокочастотной системой NX. DoA или идентификаторы луча могут использоваться между системами. Другой пример относится к получению CSI; AoD/AoA могут оцениваться из RS в одной (узкополосной) части ширины полосы и использоваться во всей ширине полосы. Это может значительно снизить непроизводительные издержки. Точность итоговой CSI зависит от обстоятельств, например, разности частот между UL & DL и угловым разбросом, поскольку нереально предположить, что мы можем точно оценить все AoA.

[0899] Стационарная взаимность также может быть рассмотрена, если разрыв между полосами DL и UL не слишком велик и/или имеет низкий угол распространения. Это дает, дополнительно к направленной взаимности, информацию об амплитудах AoA и AoD.

Надежность и устойчивость на основе взаимности для C-MTC

[0900] Известно, что для системы, основанной на фиксированных антеннах, высокое разнесение желательно для достижения очень низкого уровня ошибок; для C-MTC см. разделы 2.3.3.2, 2.3.4.1, 2.3.5.1 и 3.1.7. Трасса разнесения считается довольно надежной, но неэффективна по ресурсам. Проблема для C-MTC или для низкой вероятности ошибок в целом заключается в том, что каждая задержка и этап в процессе получения CSI дают потенциальные случаи ошибок. Если рассматривать традиционную информацию обратной связи CSI, эти сообщения вполне сопоставимы по количеству битов с сообщением C-MTC и также нуждаются в надежной кодировке. Альтернативой является использование взаимности,

которая эффективно "сокращает" один этап в процессе получения CSI. Таким образом, схемы, основанные на взаимности, могут быть использованы для поиска и использования характеристик канала более избирательно и могут, следовательно, значительно снизить стоимость C-MTC.

[0901] Другой вопрос заключается в том, как связанные с аппаратными средствами проблемы, такие как динамический диапазон и надежность аппаратных средств, влияют на проектирование и как они решаются. Вновь, существует большой потенциал в схемах на основе взаимности, поскольку они могут (при непроизводительных издержках аппаратных средств) использоваться для получения знаний о канале для многих базовых станций без каких-либо дополнительных затрат на радиоресурсы.

3.4.3 Выделенная передача данных

[0902] В этом разделе описываются три режима для выделенной передачи данных с особым акцентом на получение CSI. Совместно, эти три комплементарных режима покрывают предполагаемые многоантенные решения для сценариев развертывания и антенных архитектур. Каждая из схем имеет свои преимущества и недостатки. Обратная связь на основе элементов, обратная связь на основе луча и massive (массированное) MIMO на основе когерентной взаимности описаны в разделах 3.4.3.1, 3.4.3.2, 3.4.3.3 соответственно.

3.4.3.1 Обратная связь на основе элементов

[0903] Предположим, что аппаратная архитектура похожа на архитектуру традиционной платформы LTE. В этом случае предполагается, что лучшие решения MIMO с обратной связью LTE переносятся без унаследованных непроизводительных издержек LTE и используются со схемой обратной связи на основе элементов. Здесь антенный элемент может означать один излучающий элемент или подрешетку излучающих элементов. Диаграммы направленности антенн являются фиксированными или очень медленно изменяются, и все ограниченное количество цепей TX/RX можно использовать в основной полосе. См. фиг. 98, вариант 1, для примера с 8 цепями TX. Здесь предполагается, что количество цепей TX ограничено максимумом в 8. Предложенные примеры, в которых схема обратной связи на основе элементов была бы подходящей, представляют следующее:

- узлы, работающие в FDD с небольшим количеством (~10) антенных элементов;
- узлы, работающие в TDD с малым количеством антенных элементов, где когерентность не может поддерживаться; на практике это означает, что аппаратная калибровка не используется;
- узлы с малым количеством антенных элементов, в которых применяется развязка UL/DL, поскольку в этом случае взаимность не может быть использована;
- узлы, в которых мы пытаемся максимизировать подобие с LTE, возможно, до степени повторного использования оборудования LTE;
- сценарии, когда узел или UE не могут зондировать все цепи RX/TX из-за ограниченных возможностей TX.

[0904] Таким образом, схема обратной связи на основе элементов используется, когда когерентная взаимность не может использоваться или когда количество антенных элементов невелико. Для большего количества антенных элементов лучи формируются с использованием других механизмов обратной связи, например, обнаружения луча или явных механизмов обратной связи, как описано выше в разделе 3.4.3.2.

[0905] Может вызывать удивление стремление поддерживать обратную связь на основе элементов только примерно для 10 антенных элементов, поскольку LTE уже поддерживает 16, и вскоре станет поддерживать еще больше. Причиной не поддерживать элементную обратную связь для большего числа антенн является отсутствие гибкости, возникающее при определении кодовой книги в стандарте: определенная кодовая книга определяется только для определенного размера антенны и является оптимальной только для определенной антенной топологии. Здесь схема обратной связи на основе лучей обеспечивает большую гибкость, как по размеру антенны, так и по антенной топологии.

[0906] Основным отличительным аспектом обработки обратной связи с предкодированием в NX по сравнению с LTE является сценарий с большим количеством антенн UE и несколькими пространственно разделенными точками передачи eNB (возможно, некогерентными), каждый из которых имеет несколько антенных элементов. В этом случае можно было бы сигнализировать несколько независимых предкодеров ввиду того, что каналы между точками передачи имеют некоррелированные компоненты быстрого замирания, и большее количество антенн UE позволяют UE разделять различные независимые передачи. По сравнению с LTE это обеспечивает лучшую поддержку для одновременной передачи из разных точек передачи, которые могут отличаться по крупномасштабным канальным характеристикам.

Получение CSI

[0907] Процесс получения CSI включает в себя то, что для UE назначается CSI-RS из обслуживающего узла, который используется UE для вычисления ранга, предкодера и результирующей CQI.

[0908] CSI-RS передаются в соответствии с требованиями к получению CSI и только по той части ширины полосы, в которой имеются текущие или ожидаемые в будущем передачи данных; см. раздел 2.3.6.5. eNB принимает решение, когда передавать CSI-RS и когда UE должно отправлять отчет. Информация о том, на каких ресурсах измерять CSI-RS, передается в UE по dPDCH. В случае обратной связи на основе элементов, можно в большей степени совместно использовать CSI-RS между UE и обеспечивать

большую фильтрацию, по сравнению с более динамическими схемами на основе луча. Дополнительным потенциальным преимуществом совместного использования конфигураций CSI-RS является то, что UE могут более легко конфигурироваться для согласования скорости на общем CSI-RS и, следовательно, использовать больше элементов ресурсов для данных.

[0909] На фиг. 102 показаны варианты форм луча для решений, основанных на обратной связи в NX.

3.4.3.2 Обратная связь на основе луча

[0910] Передача в луче означает, что существует направленный, возможно, узкий, распространяющийся поток энергии. Таким образом, понятие луча тесно связано с пространственными характеристиками передачи. Чтобы облегчить обсуждение, сначала разъясняется концепция луча. В частности, описывается понятие луча высокого ранга.

[0911] Здесь луч определяется как набор векторов весов луча, где каждый вектор весов луча имеет отдельный антенный порт, а все антенные порты имеют сходные усредненные пространственные характеристики. Таким образом, все антенные порты луча покрывают одну и ту же географическую зону. Отметим, однако, что характеристики быстрого замирания различных антенных портов могут быть разными. В этом случае один антенный порт отображается на один или более антенных элементов, используя, возможно, динамическое отображение. Количество антенных портов луча является рангом луча.

[0912] Чтобы проиллюстрировать определение луча, возьмем наиболее распространенный пример луча ранга 2. Такой луч реализуется с использованием антенны с кросс-поляризованными элементами, где все антенные элементы с одной поляризацией объединены с использованием одного вектора весов луча, а все антенные элементы с другой поляризацией объединены с использованием такого же вектора весов луча. Каждый вектор весов луча имеет один антенный порт, и поскольку один и тот же вектор весов луча используется для двух антенных портов, два вектора весов луча вместе составляют один луч ранга 2. Затем, это может быть расширено до лучей более высокого ранга.

[0913] Отметим, что лучи высокого ранга могут не работать для UE. Из-за нерегулярной топологии антенных элементов, высокого рассеяния в UE и того факта, что антенные элементы UE могут иметь разные характеристики, очень сложно построить несколько векторов весов луча с аналогичными пространственными характеристиками. Отметим, что это не препятствует пространственному мультиплексированию в восходящей линии связи, что может быть достигнуто с использованием нескольких лучей ранга 1.

[0914] Важно отметить, что формы луча могут быть довольно гибкими. Следовательно, "передача на основе луча" не то же самое, что "передача фиксированного луча", хотя использование фиксированной сетки лучей во многих случаях может быть подходящей реализацией. Рабочее предположение состоит в том, что каждый луч имеет от 1 до 8 портов, и каждый луч ассоциирован с CSI-RS с рангами от 1 до 8.

[0915] С точки зрения UE, никакой существенной разницы в обратной связи на основе элементов не предусмотрено, кроме конфигурации CSI-RS; а именно, для передачи на основе луча распределения CSI-RS должны быть более гибкими. Несмотря на то, что конфигурация является гибкой, это не исключает того факта, что UE может выполнять фильтрацию и интерполяцию, но это находится под строгим сетевым управлением.

Передача на основе луча

[0916] При передаче на основе луча, связь происходит через лучи, где количество лучей может быть намного меньше, чем количество антенных элементов. Поскольку лучи все еще регулируются, антенная система, в целом, сохраняет все свои степени свободы. Однако одно UE не способно поддерживать все эти степени свободы, используя мгновенную обратную связь. Следует отметить, что это отличается от передачи на основе элементов, описанной в разделе 3.4.3.1, где UE видит все степени свободы антенны и способно отправлять отчет на основе этого знания.

[0917] С точки зрения сети, может генерироваться несколько одновременных лучей, используя аналоговое формирование луча или обработку в цифровой области; см. раздел 3.4.6.1 для описания различных вариантов архитектур формирования луча. Предполагается, что до тех пор, пока сформированные лучи имеют одинаковую ширину в качестве углового разброса канала, непроизводительные издержки на поддержание ассоциаций с лучом UE являются приемлемыми: наилучший луч для любого одиночного UE не изменяется тогда, когда происходит быстрое замирание. Когда луч более узкий, чем угловой разброс канала, наилучший луч для любого отдельного UE изменяется по времени, что приводит к тому, что наилучшая ассоциация с лучом должна часто обновляться. В некоторых случаях, диаграммы направленности антенн фиксированы; см. фиг. 98, вариант 2. В некоторых случаях, лучи адаптированы к канальным характеристикам UE; см. фиг. 98, вариант 3, где пользователь 2 с интенсивным каналом принимает данные через широкий луч высокого ранга, а пользователь 1 LOS - узкий луч ранга 2.

[0918] Передача на основе луча применима как для FDD, так и для TDD, для любого частотного диапазона и размера антенны.

[0919] Прием по восходящей линии связи на основе луча подразумевает, что базовая полоса не имеет индивидуального доступа ко всем антенным элементам. В этом случае, может быть применена про-

пространственная предварительная обработка или предварительное формирование луча. Эта предварительная обработка может выполняться в аналоговой области, в цифровой области или в гибриде обеих областей; см. раздел 3.4.6.1. В целом, пространственная предварительная обработка может быть довольно гибкой. Она должна быть варьированной по времени для адаптации зоны покрытия антенны к месту, где находятся пользователи. Может рассматриваться плавное изменение как фазы, так и амплитуды.

[0920] В нисходящей линии связи отдельные антенные элементы никогда не видимы для UE. UE видит только ряд линейных комбинаций сигналов, передаваемых от разных антенных элементов. Количество видимых линейных комбинаций определяется рангом передачи. Данные принимаются в UE через подобную линейную комбинацию (луч), и качество в нисходящей линии связи измеряется и сообщается в отчете по каждому лучу.

Опции предкодирования/декодирования и получения COI

[0921] При передаче на основе луча, eNB, в принципе, все еще обладает полной гибкостью для формирования желаемых лучей или, эквивалентно, использования любого предкодирования. Способ настройки предкодирования отличается для FDD, TDD и для разных архитектур формирования луча. В дальнейшем, процедуры в нисходящей линии связи и в восходящей линии связи описываются независимо. Во многих случаях, взаимность может и должна использоваться для повышения эффективности процедур. В заключительной части этого подраздела обсуждается взаимность.

[0922] Выбор предкодера основан на сформированном лучом CSI-RS (см. раздел 2.3.6.5), который вставлен в определенные места в частотно-временной сетке вместе с данными. Эти CSI-RS активируются по требованию, и eNB решает, через какой луч передается CSI-RS. Предполагается, что при планировании, один CSI-RS использует один элемент ресурса. Каждый CSI-RS может передаваться в отличающемся луче, прозрачно для UE. Один пример распределения CSI-RS, где передаются два CSI-RS, показан на фиг. 99. Следует поддерживать как временное, так и частотное мультиплексирование CSI-RS, но следует отметить, что для архитектур формирования луча, которые не являются полностью цифровыми, передача разных CSI-RS в разные моменты времени использует меньше аппаратных средств основной полосы, чем передача различных CSI-RS в то же время на разных поднесущих. С другой стороны, передача нескольких CSI-RS на разных поднесущих одновременно означает, что одновременно можно измерять большее количество лучей.

[0923] Чтобы обеспечить возможность адаптации линии связи, один из CSI-RS может передаваться по тому же лучу, что и текущие запланированные данные. Другие CSI-RS могут передаваться через другие лучи-кандидаты, и выбор этих кандидатов-предкодеров является обязанностью eNB. Тем не менее, это является прозрачным для UE; только eNB знает, какой CSI-RS передается через какой луч. Следует заметить, что для некоторых распределений CSI-RS, если CSI-RS имеет высокий ранг или множество ассоциированных UE, может быть желательным предположение о предкодере для улучшения точности адаптации линии связи в случае MU-MIMO, как для оценки помех, так и для оценки качества сигнала.

[0924] Количество требуемых CSI-RS зависит от того, сколько лучей-кандидатов нужно исследовать, и как часто требуется обновление. Следует отметить, что во многих случаях количество лучей, которые необходимо исследовать, может быть небольшим. Например, только два CSI-RS могут назначаться в каждом подкадре и передаваться через разные лучи-кандидаты в последующих подкадрах. Чтобы удовлетворить эту гибкость, выделение CSI-RS может сигнализироваться в поле DCI. Поскольку CSI-RS передается вместе с данными, необходимо уменьшить объем данных полезной нагрузки, чтобы освободить место для CSI-RS. Величина непроизводительных издержек варьируется в зависимости от того, сколько UE являются активными, и гибкости, которая требуется при отображении CSI-RS.

[0925] Используется предкодирование на основе кодовой книги с замкнутым контуром по всем антенным портам луча, очень похожее на то, как это делается в LTE сегодня. UE измеряет CSI-RS, передаваемый на антенных портах, выводит наиболее подходящую матрицу предкодирования из кодовой книги с использованием измерений CSI-RS и отправляет индикацию наиболее подходящей матрицы предкодирования в eNB. Таким образом, предкодер антенного порта определяется UE на основе одного CSI-RS высокого ранга, тогда как луч выбирается путем сравнения CQI, сообщенных UE для разных лучей-кандидатов. Если луч имеет более высокий ранг, чем 2, то предкодер будет иметь больший размер и, следовательно, будет работать и по пространственной области. Как и в LTE, кодовая книга для предкодера должна быть стандартизирована.

[0926] MRS также может использоваться для выбора лучей, используя процедуры, описанные в разделе 2.5. Поскольку CSI-RS использует значительно меньше ресурсов, чем MRS, когда это возможно, обычно используется CSI-RS. Как правило, CSI-RS будет использоваться в одном узле. Точнее, MRS следует использовать, когда обслуживающие лучи и лучи-кандидаты не синхронизированы. Другая ситуация, когда следует использовать MRS, - это необходимость перенаправить пользовательские данные в сети, например, когда требуется переключение данных пути S1.

[0927] Когда UE выделяется несколько лучей, UE назначается несколько CSI-RS, и каждый CSI-RS имеет определенный ранг. UE выполняет измерение на всех выделенных CSI-RS и выбирает наиболее подходящий предкодер антенного порта из кодовой книги. Для каждого из CSI-RS, UE передает индекс предкодера, значение CQI и индикатор ранга.

[0928] После приема отчета CSI, eNB отображает каждый отчет CSI на переданный им луч. eNB выбирает луч для последующих передач на основе сообщенных значений CQI, а также выбирает предкодер на основе предложения от UE. Значение CQI также используется для выбора модуляции и кодирования для следующей передачи.

[0929] Отметим, что схема измерения CSI-RS работает также для MU-MIMO. Разным UE назначаются разные распределения CSI-RS, как указано в предлагаемом распределении CSI-RS для операции MU-MIMO, показанной на фиг. 100. В элементах ресурсов, где CSI-RS передается одному пользователю, измеряются помехи от передач данных к другому пользователю и наоборот. Следовательно, оба измерения отражают текущие свойства помех совместно запланированного пользователя.

[0930] Отправной точкой для проектирования является то, что CSI-RS являются специфическими для UE, где каждому UE назначается отдельный набор CSI-RS для измерения. Чтобы воспользоваться всеми преимуществами антенной системы, сеть также должна передавать отдельные CSI-RS через специфические для UE лучи-кандидаты. Это означает, что, когда в соте много активных UE, требуется довольно много передач CSI-RS. В этом случае может быть предусмотрен вариант, позволяющий нескольким пользователям измерять те же CSI-RS, например, путем отображения CSI-RS на сетку лучей.

[0931] Для приема восходящей линии связи с формированием луча обычно отсутствует доступ к выходу всех антенных элементов. Вместо этого существует доступ к линейной комбинации этих сигналов элементов, и эта линейная комбинация может быть обновлена только на основе ранее принятых данных.

[0932] Кроме того, в восходящей линии связи имеет смысл представление об обслуживающих лучах и лучах-кандидатах. Предполагается, что UE может успешно поддерживать связь с сетью через определенный луч UL. Параллельно, сеть также принимает передачу UE в одном или более лучах-кандидатах и использует, например, переданный RRS для оценки качества в лучах-кандидатах. Эти меры качества затем используются для обновления обслуживающего луча для последующих передач, а также для формирования новых лучей-кандидатов в будущем.

[0933] Более сложным случаем использования для решения на основе лучей является MU-MIMO для двух пользователей, которые имеют сильно коррелированные каналы в пространственной области. Если этот сценарий обрабатывается с механизмами обратной связи вместо когерентной взаимности (см. раздел 3.4.3.3), UE должны эмулировать межлучевую помеху. Одним из возможных способов достижения выбора предкодера MU-MIMO является конфигурация UE с несколькими (по меньшей мере 2) CSI-RS и сигнализация UE с некоторой информацией о предкодере для создающего помеху CSI-RS. Для оценки некоординированной помехи может потребоваться еще одно CSI-IM.

[0934] Большая часть сложностей в описанной выше процедуре заключается в том, как формировать релевантные лучи-кандидаты. В возможной первой реализации, в качестве кандидатов используется поднабор сетки лучей. Даже в этом случае вопрос о том, как выбрать этот поднабор разумно, является нетривиальным. В случае отсутствия какой-либо априорной информации, возможно, потребуется исследовать, измерять и сообщать по всей сетке лучей. Затем информацию о качестве луча должна сохранять в eNB и использоваться для последующего выбора луча-кандидата.

[0935] Выбор луча-кандидата также может включать сужение луча. Здесь связь может первоначально поддерживаться с использованием довольно широкого луча, причем этот луч затем уточняется, становясь более узким.

[0936] Стоит отметить, что описанный выше процесс основан на предположении, что UE может надежно принимать распределение CSI-RS и затем передавать полученное измерение. При этом условии, можно поддерживать, обновлять и уточнять луч, используемый для связи.

Использование взаимности с передачей на основе луча

[0937] Поскольку взаимность - очень мощное свойство, которое должно использоваться с многоантенными решетками, важно осветить его использование в сочетании с передачей на основе луча.

[0938] Для развертываний TDD, когда в eNB имеется цифровая архитектура формирования луча с адекватной калибровкой, имеет смысл использовать когерентную взаимность для выбора предкодера, используемого для передачи, по меньшей мере ближе к центру соты, где покрытие сигналов UL хорошее. Тогда становится возможным использовать довольно мощные предкодеры, подобно описанию в разделе 3.4.3.3. Тем не менее, мы можем по-прежнему передавать CSI-RS с формированием луча вместе с данными и использовать это для адаптации линии связи.

[0939] В некоторых случаях, когерентная взаимность не может быть использована, и вместо этого следует использовать более слабую взаимность; см. раздел 3.4.2. Сюда относятся случаи с цифровым формированием луча в развертываниях FDD. Использование когерентной взаимности с гибридным формированием луча может быть сложным, поскольку имеется доступ только к каналу восходящей линии связи по принимаемым лучам.

[0940] Для калиброванного аналогового и гибридного формирования луча, могут использоваться измерения лучей-кандидатов DL, для выбора лучей-кандидатов UL, и наоборот. Фактически, измерения лучей-кандидатов DL могут использоваться для непосредственного выбора обслуживающего луча UL, и наоборот. Это возможно как в TDD, так и в FDD.

3.4.3.3 Когерентное massive MIMO на основе взаимности

[0941] Это самая перспективная многоантенная технология в NX, обладающая самым высоким потенциалом производительности для выделенной передачи и приема данных. Она представляет собой особый случай в общем классе крупномасштабных антенных систем с индивидуальным управлением, также известный как massive (массированное) MIMO. Первым отличительным фактором является то, что он опирается на строгую, так называемую "когерентную" форму взаимности, достижимую только в TDD, в которой каналы RX и TX одинаковы в интервале времени/полосы пропускания когерентности. Явная мгновенная CSI получается с помощью измерений в восходящей линии связи, он используется для проекта формирования луча в восходящей линии связи и вниз, что позволяет полностью использовать угловой разброс канала.

[0942] Второй отличительный фактор заключается в том, что для реализации потенциала производительности предполагается полностью цифровая реализация (см. раздел 3.4.6.1), которая предоставляет на основе элементов гибкую обработку антенной решетки. Ввиду многих степеней свободы, которые могут быть использованы для подавления помех, гибкое формирование луча может обеспечить работу MU-MIMO высокого порядка. Следовательно, этот режим особенно подходит для увеличения пропускной способности в сценариях с большими скоплениями людей с низкой мобильностью и хорошим покрытием, не требуя мощного компонента LoS. Для многих релевантных сценариев с низким угловым разбросом или ограниченными возможностями для MU-MIMO, обработка massive MIMO может выполняться в угловой области, предполагая некоторую предварительную обработку (например, сеткой лучей), с учетом компромиссов между (HW, вычислительной, CSI) сложностью и производительностью.

Опции предкодирования на основе элементов

[0943] Гибкие схемы предкодирования-кандидаты, основанные на явном знании матрицы мгновенного канала, которые рассматриваются в NX, представляют собой предкодирование передачи максимального отношения (MRT), принудительного обнуления (ZF) и отношения сигнал к утечке и шуму (SLNR). MRT - это самый простой и надежный метод, но он не может обнулить помеху. Это может достигаться с помощью ZF, но оно является вычислительно более сложным и чувствительным к ошибкам оценки канала. SLNR представляет собой смесь MRT и ZF, где отношение смешивания можно контролировать с помощью параметра регуляризации; SLNR эквивалентно MMSE для равного распределения мощности. Для увеличивающегося числа антенных элементов, производительность MRT приближается к таковой для ZF, поскольку каналные векторы разных UE постепенно приближаются к взаимно ортогональным.

[0944] Обычные гибкие решения предкодирования получены при условии ограничения на суммарную мощность всех PA. Это обычно приводит к тому, что веса предкодирования имеют разные амплитуды для разных антенн, что, в свою очередь, подразумевает, что не все PA полностью используются. Несмотря на то, что мощность на PA в системе massive MIMO должна составлять порядка милливатт, она может все еще быть проблемой в ситуации, когда покрытие луча должно быть максимальным без завышения параметров проектирования (в среднем) PA. Учет потерь мощности может привести к существенной потере производительности. Специальное решение проблемы состоит в том, чтобы просто использовать только фазу обычного решения предкодера. В некоторых случаях это решение может быть вполне подходящим. Более строгий подход заключается в том, чтобы учитывать ограничение мощности каждой антенны при выводе оптимального предкодера, но эту проблему трудно решить аналитически.

[0945] Особенностью massive MIMO на основе когерентной взаимности является то, что из-за канального "упрочнения" (негибкости), преимущества канально-зависимого планирования уменьшаются с количеством элементов eNB. Канальное упрочнение было подтверждено в настройках с одной сотой, но уменьшающиеся результаты были частично подтверждены только для однопользовательского планирования. Ожидается, что канальное упрочнение упрощает планирование и/или адаптацию линии, но, скорее всего, будет выгодно даже ввиду сложной группировки пользователей для MU-MIMO. Следует отметить, что частотное мультиплексирование пользователей по-прежнему является важной характеристикой.

[0946] Существует ряд вопросов, которые необходимо исследовать до того, как будет внедрена любая конкретная реализация massive MIMO на основе когерентной взаимности, например:

вычислительная сложность, буферизация данных и перестановка;

многопользовательское планирование и адаптация линии связи;

влияние предварительной обработки угловой области;

производительность в разных развертываниях, случаях использования, шаблонах трафика, частотах и т.д.

Получение CSI

[0947] Получение CSI в eNB служит для обеспечения когерентной демодуляции данных в восходящей линии связи, а также, при условии наличия достаточной когерентности, выбора предкодера для передачи данных DL. Получение CSI также используется для поддержки частотно-избирательного планирования и адаптации линии связи.

[0948] Поскольку помеха не является взаимной, процедура дополняется механизмом обратной связи, который позволяет UE сообщать оценку/измерение локальной помехи своему обслуживающему eNB.

Это измерение помех UE может поддерживаться с помощью DL RS, которые аналогичны CSI-RS, и опорных сигналов измерения помех (IMR), которые аналогичны CSI-IM в LTE.

[0949] Получение CSI основано на передаче UL нового RS, предварительно названного RS взаимности (RRS), функциональность и свойства которого описаны в разделе 2.3.7.3. RRS обеспечивает аналогичную функциональность как SRS и DMRS в LTE. Разница заключается в том, что RRS гибко распределяется как по частоте, так и по времени, в зависимости от функциональности, которую он предоставляет, и размера интервала когерентности. Кроме того, несмотря на то, что RRS используется для демодуляции, его передачи отделяются от передач данных UL. Фактически, эта развязка соответствует принципу минималистичного (экономичного) проектирования передачи RS, только когда это необходимо. С RRS, передача RS основана на времени когерентности и пропускной способности канала и фактической необходимости обновлять текущую информацию CSI, а не соединять передачи RS с передачами данных, как в унаследованных UL DMRS. На фиг. 101 сравниваются типы подкадров для обратной связи на основе луча и режимов на основе когерентной взаимности.

[0950] Структура RRS позволяет конфигурировать UE с набором RRS, которые могут быть гибко сконфигурированы MAC; см. раздел 2.2. Для поддержки получения CSI для UE с различными шириной полосы когерентности, временем когерентности, шаблоном трафика UL/DL, шириной полосы и возможностью антенны, RRS конфигурируется рядом параметров, которые аналогичны параметрам SRS в LTE. Возможны как периодические, так и аperiodические передачи RRS. Чтобы поддерживать непроизводительные издержки RRS на низком уровне, но при этом обеспечивать надежное получение CSI, eNB может динамически запускать RRS и включать/выключать периодическую передачу RRS.

[0951] Получение CSI на основе взаимности накладывает ограничения, например, на использование разных антенн для RX и TX, различное количество антенн для RX и TX, формирование луча UE, старение каналов, помехи и т.д. Таким образом, система должна быть тщательно разработана для достижения когерентной взаимности.

[0952] Для UE с несколькими антеннами, также поддерживается предкодирование RRS; см. раздел 3.4.4.2. Если предкодирование используется для данных, то RRS также необходимо предварительно кодировать для демодуляции. Но RRS, используемый только для выбора предкодера DL, не должен быть предварительно закодирован, или по меньшей мере ранг передачи RRS должен иметь тот же самый ранг, что и ожидаемый для DL. Ранг управляется сетью посредством явной сигнализации и назначения нескольких последовательностей RRS для UE. Когда UE и eNB полагаются на взаимность (см. раздел 3.4.4.3), в процессе формирования луча существует риск ситуации "взаимной блокировки", связанной с локальным, а не глобальным максимумом. RS с широким угловым покрытием, передаваемый от UE и eNB, может решить эту проблему.

[0953] Для управления "пилотным загрязнением", а также конфигурацией IMR, операция massive MIMO извлекает выгоды из некоторого уровня многосотовой координации. Как минимум, в секторах/сотах, содержащих кластер, можно назначить ортогональный RRS, чтобы избежать пилотного загрязнения.

3.4.4 Передача многоантенного UE

[0954] В этом разделе приведены аспекты многоантенного UE, в основном связанные с передачей. В целом, UE в NX могут быть очень разными устройствами. Например, когда NX используется для беспроводной передачи данных, многоантенные характеристики UE на линии транспортной сети очень похожи на таковые для eNB. Кроме того, устройства UE для приложений V2X могут быть совершенно разными по сравнению со смартфонами и планшетами. Здесь особое внимание уделено портативному устройству, такому, как смартфон или планшет, поскольку это считается одной из самых сложных проблем.

[0955] Для предварительного кодирования UE описаны три возможных режима, аналогично разделу 3.4.3.

[0956] Угловое покрытие отдельных антенных элементов уменьшается на более высоких частотах, по сравнению с используемыми в настоящее время частотами из-за того, что элементы становятся меньше по сравнению с размером устройства, что приводит к увеличению взаимодействия между элементом и остальной частью устройства. Измерения также показали, что потери тела, по-видимому, сокращаются на более высоких частотах. Как следствие, ожидается увеличение усиления элемента.

[0957] Ориентация устройства часто неизвестна по отношению к направлению eNB (или, скорее, к путям сигналов). По этой причине желательно иметь антенную систему с более или менее "всенаправленным" покрытием. Принимая во внимание ограниченное покрытие каждого элемента, это накладывает потребность в нескольких элементах, расположенных для покрытия различных пространственных направлений и поляризаций. Очевидно, что обычно не может предполагаться, что несколько антенн на UE расположены в однородной линейной решетке (ULA) или равномерной прямоугольной решетке (URA), как это часто бывает в eNB. Нельзя даже предположить, что элементы близко расположены или идентичны.

[0958] Для UE с несколькими элементами ожидаются выигрыши от формирования луча. Насколько велики выигрыши, зависит от нескольких факторов, таких как количество антенн, знание канала и структура предкодера. Например, были получены коэффициенты усиления порядка 6-7 дБ по сравнению с

"идеальной" изотропной антенной для решетки из 8 элементов в восходящей линии связи с использованием предкодера с плавным уменьшением только фазы. Следует отметить, что это значение включает только коэффициент усиления луча; любые выигрыши, связанные с уменьшением потерь тела, не включаются. Более простые предкодеры, такие как выбор антенны, которые возможны, так как каждый элемент является направленным и, следовательно, обеспечивает усиление антенны в несколько дБ, несут значительные потери в UL, учитывая, что на каждую антенну есть один усилитель мощности, и, следовательно, общая выходная мощность значительно уменьшается.

3.4.4.1 Обратная связь на основе элементов

[0959] С обратной связью на основе элементов взаимность не используется. Вместо этого канал между каждым антенным элементом UE и eNB наблюдается через RS, передаваемые от каждой антенны UE. RRS - один из возможных RS, но потенциально может быть рассмотрен также CSI-RS восходящей линии связи. eNB принимает RS, применяет все возможные предкодеры, выводит подходящий приемник и оценивает результирующее качество для различных вариантов предкодеров на выходе приемника. Результат возвращается в UE, скорее всего, через PMI, RI и результирующую CQI по dPDCH в сочетании с предоставлением планирования.

[0960] Для решения обратной связи на основе элементов, практична полностью цифровая реализация, где каждый элемент достижим в основной полосе, как при приеме, так и при передаче. Свойства излучения для каждого элемента фиксированы.

[0961] В отличие от кодовых книг, используемых в eNB, альтернативы предкодера, обусловленные топологиями антенн UE, могут также включать случаи, когда используются только одна или более антенн; диаграммы направленности отдельных антенных элементов могут быть различны, особенно на высоких частотах. UE строго следует инструкциям от eNB и применяет выбранный предкодер; это подобно восходящей линии связи в LTE.

[0962] Поскольку передача восходящей линии связи основана на обратной связи от eNB, она, таким образом, безразлична к TDD или FDD. Кроме того, принципиально нет необходимости в когерентности между цепями TX или RX, а также между путями RX и TX, соединенными с одним и тем же элементом.

3.4.4.2 Обратная связь на основе луча

[0963] Сценарий здесь состоит в том, что UE оснащено несколькими решетками, каждая из которых состоит из некоторого (малого) количества элементов. Различные решетки охватывают разные пространственные направления. Решетка может быть выполнена так, чтобы иметь различное угловое покрытие (направление визирования и ширину луча).

[0964] UE передает RS через несколько лучей либо последовательно, либо одновременно. Последовательная передача может использоваться также с аналоговым формированием луча TX, и обнаружение в eNB проще. С другой стороны, если RS передаются по нескольким лучам параллельно, больше лучей может быть исследовано за более короткое время. RS может представлять собой RRS, поскольку различные RS должны передаваться через разные лучи, так что eNB может идентифицировать каждую передачу. Форма каждого луча определяется UE, но количество лучей - между UE и eNB. eNB измеряет качество каждого принятого RS и определяет наиболее подходящий передающий луч UE. Затем решение отправляется в UE по dPDCH вместе со значением CQI и предоставлением планирования.

[0965] Как упоминалось в разделе 3.4.3.2, сформировать луч высокого ранга в UE может оказаться невозможным. Чтобы обеспечить возможность MIMO в восходящей линии связи, можно использовать несколько лучей ранга 1.

[0966] В eNB передача на основе луча обычно означает, что количество элементов, видимых основной полосой, намного меньше количества элементов, используемых для формирования лучей. Это означает, что (угловое) покрытие одновременных отдельных лучей меньше, чем обеспечиваемое элементами.

[0967] В UE передача на основе луча для целей обратной связи может использоваться, чтобы улучшить бюджет линии связи для RS, но, возможно, не для уменьшения углового покрытия, так что количество лучей может быть равным количеству элементов.

[0968] Для выполняемой передачи, есть возможность уменьшить угловое покрытие, как это делается на стороне eNB, но это может означать, что через некоторое время канал будет использоваться не полностью. Чтобы предотвратить это, требуется зондирование с широким или, возможно, полным угловым покрытием.

3.4.4.3 На основе взаимности

[0969] Сценарий здесь состоит в том, что каждая антенна в UE оснащена парой цепей RX/TX и что любые различия в амплитудных и фазовых характеристиках известны до адекватного уровня, либо за счет калибровки, либо проектирования. Следовательно, предполагается когерентная взаимность. Более слабые типы взаимности (см. раздел 3.4.2), которые обычно подходят для FDD на стороне eNB, могут не работать так хорошо на стороне UE, в случае, если передача включает в себя несколько элементов с довольно большими, возможно неопределенными относительными положениями и различными типами элементов. Причина в том, что преобразование предкодера с приемной на передающую несущую частоту, которое может потребоваться в зависимости от относительного разделения несущих, может привести к значительным ошибкам.

[0970] Канальная матрица оценивается по RS нисходящей линии связи, которые могут быть DMRS или, в случае отсутствия передачи данных в нисходящей линии связи, CSI-RS. Сколько CSI-RS требуется выделить, зависит от того, какая схема передачи используется в нисходящей линии связи. Когда в нисходящей линии связи применяется передача на основе луча или на основе взаимности, достаточно небольшого количества CSI-RS. Для передачи нисходящей линии связи на основе элементов может потребоваться один CSI-RS на антенный элемент, что приводит к большим непроизводительным издержкам.

[0971] В eNB, существует несколько хорошо известных принципов проектирования предкодера, например MRT и ZF (см. раздел 3.4.3.3). Аналогичные подходы могут быть предусмотрены также на стороне UE. Однако можно также рассмотреть один или более из следующих дополнительных аспектов:

Использование энергии становится более важным, поскольку UE обычно ограничено по мощности. Использование предкодеров может не быть хорошей идеей, т.к. это приводит к тому, что от некоторых из PA не передается или передается очень мало мощности. Эта ситуация может быть довольно типичной в UE, поскольку антенные элементы указывают в разные направления и могут быть разных типов.

Оценка CSI из передачи DL может устаревать быстрее, чем в eNB из-за среды интенсивного рассеяния. Следовательно, может быть применена более надежная структура предкодера.

Требования EMF более строгие на стороне UE. Необходимо принять дополнительные меры для обеспечения выполнения всех правил.

3.4.5 Многоантенные аспекты для других процедур

[0972] В этом разделе рассматриваются многоантенные аспекты для других процедур, нежели выделенная передача данных.

[0973] Отметим, что здесь рассматривается случай, когда NX работает автономно. Когда NX тесно интегрировано с LTE, некоторые из процедур могут выполняться через LTE. Это относится, в частности, к предоставлению системной информации, описанному в разделе 3.4.5.1, для автономного случая. Если установка соединения RRC выполняется в LTE, UE будет в состоянии NX CONNECTED ACTIVE. Отметим, что рабочее предположение заключается в использовании процедуры произвольного доступа, описанной в разделе 3.2.2, для перехода от NX CONNECTED DORMANT к NX CONNECTED ACTIVE.

3.4.5.1 Предоставление системной информации

[0974] Сигнатурная последовательность (SS), определенная в разделе 2.3.6.1, используется для передачи индекса сигнатурной последовательности (SSI) и обеспечения грубой временной синхронизации и для управления мощностью UL для передачи произвольного доступа. Предпочтительно, чтобы передача SS не основывалась на формировании луча, поскольку это требует передачи по большой области покрытия, и во многих случаях это возможно, поскольку объем информации, которая должна быть передана, предполагается достаточно малым. Однако в сложных сценариях покрытия покрытие SS может быть недостаточным. В этом случае SS может передаваться в узком луче, направление визирования которого может свипировать, так что вся область будет покрыта.

[0975] SSI могут передаваться с использованием формирования луча по-разному. Например, различные SSI могут быть выделены для разных лучей, или может осуществляться повторное использование SSI для нескольких лучей. Это влияет на то, как выполняется обнаружение преамбулы RACH.

[0976] SSI используется как индекс в AIT. Когда AIT доставляется в UE через NX, ожидается, что формирование луча не требуется. Вместо этого для достижения желаемого уровня надежности применяются кодирование и повторение.

3.4.5.2 Процедура произвольного доступа

[0977] Процедура произвольного доступа определена и подробно описана в разделе 3.2.5.2, тогда как в этом разделе основное внимание уделяется многоантенным аспектам. В этом контексте важно то, что UE инициирует процедуру установки соединения с сетью, и сеть не знает местоположение UE или луча, наиболее подходящего для передачи и/или приема.

[0978] Поскольку сеть (или UE) не знает о местоположении UE или лучшего луча, обычно невозможно использовать максимальное усиление антенны при передаче и приеме сообщений во время произвольного доступа. Это справедливо, в частности, для аналогового формирования луча направленности в eNB и UE. Однако объем данных, который необходимо передать, довольно мал для всех сообщений в процедуре произвольного доступа по сравнению со скоростями передачи данных, которые, как ожидается, будут доставляться посредством NX. Следовательно, SINR, необходимое для приема сообщений начальной установки, считается значительно более низким по сравнению с SINR, необходимым для передачи данных.

[0979] UE инициирует процесс путем отправки преамбулы PRACH, описанной в разделе 2.3.7.1. Наиболее распространенным случаем является тот, в котором UE TX BF не требуется, из-за низких требований SINR для PRACH. Если требуется UE TX BF, возможно использовать взаимность для передачи PRACH, откуда была получена SS. Следует отметить, что в этом случае очень вероятно, что только узлы, которые передают SS, также принимают PRACH. Также следует отметить, что взаимность трудно использовать, когда передача SFN используется для передачи SS. Когда взаимность не может быть использована, UE может повторять передачу преамбулы PRACH при последующих возможностях передачи с использованием различных лучей TX. Следовательно, процедура не оптимизирована для этого случая, но

увеличенная задержка доступа легко допускается там, где покрытие плохое. Следует отметить, что UE не должно использовать самый узкий луч при иницировании передачи, но может полагаться на более широкий луч. eNB прослушивает преамбулы PRACH в выделенных временных сегментах. Сеть обнаруживает, какой PRACH был передан, и в то же время оценивает пространственные свойства принятого сигнала. Эти пространственные свойства затем используются для передачи ответа произвольного доступа.

[0980] Когда SS передается в узком луче, который свипирует по зоне покрытия, пространственная оценка сигнатуры может быть ненужной. Вместо этого может быть полезным указать разные SSI в разных лучах, и позволить разным SSI указывать на разные преамбулы PRACH. С помощью этой настройки сеть может вывести, какой луч был лучшим лучом нисходящей линии связи, путем проверки принятой преамбулы и использования этой информации для последующих передач нисходящей линии связи.

[0981] Для решения цифрового формирования луча eNB с использованием приема восходящей линии связи на основе элементов, пространственные свойства принятого сигнала оцениваются в основной полосе. В этом случае становится возможным использовать полное усиление решетки, при этом потери покрытия в восходящей линии связи не происходит. В системе TDD может использоваться когерентная взаимность, тогда как в системе FDD пространственная сигнатура должна быть отображена на угол прихода (AoA), а затем отображена обратно на подходящий луч для передачи. Такое повторное отображение работает только для близко расположенных антенных элементов. Следует отметить, что рассматриваются антенные архитектуры, где цифровое формирование луча выполняется только в узком диапазоне частот, соответствующем ширине полосы PRACH.

[0982] Для гибридных архитектур формирования луча (см. раздел 3.4.6.1), ситуация отличается. Можно предусмотреть два решения:

1. Возникает некоторая потеря покрытия относительно полного усиления антенны. Эта потеря покрытия связана с соотношением между количеством антенных элементов и количеством цепей цифровых приемников. В основном, каждая цепь приемника связана с различными, не перекрывающимися приемными лучами, и вместе эти широкие лучи покрывают область, из которой может приниматься PRACH. По сути, покрытие PRACH в $n_{\text{ant}}/n_{\text{TRX}}$ хуже, чем максимальное покрытие PDCH. Например, с 8 TRX и 64 антеннами оно соответствует 9 дБ. Это необходимо учитывать при выборе параметров при проектировании, но для многих случаев покрытие PRACH не является ограничивающим. В этом случае пространственная сигнатура может быть оценена из комбинированных выходов цепей приема.

2. Для случаев с очень большими антенными решетками и/или очень небольшим количеством цепей приема, покрытие PRACH подходит достаточно хорошо, если используется предыдущая процедура. В этом случае, покрытие PRACH может ограничивать производительность, особенно в расчете на низкие скорости передачи данных восходящей линии связи. В основном, желательно получить более высокое усиление антенны, чтобы иметь возможность принимать PRACH. Здесь формирователь луча свипирует, в то время как UE повторяет передачу PRACH.

[0983] В дальнейшем предполагается, что может быть обнаружен PRACH, и что может быть установлена пространственная сигнатура или подходящий луч нисходящей линии связи.

[0984] После обнаружения PRACH, eNB использует AoA, оцененный из передачи PRACH, для формирования луча, чтобы передать ответ произвольного доступа (RAR), см. раздел 3.2.5.2. Ширина этого луча определяется качеством оценки AoA после приема PRACH. Шириной луча можно управлять, используя методы, описанные в разделе 3.4.5.6, если необходимо, в аналоговой области.

[0985] UE принимает msg2 и передает msg3 через PDCH. eNB принимает msg3, используя информацию из приема PRACH для улучшения приема и уточнения оценки AoA. Предполагая, что AoA, оцененный после приема PRACH, достаточно хорош, прием msg3 работает как для цифрового, так и для аналогового/гибридного формирования луча. С уточненной оценкой AoA, msg4 может передаваться в довольно узком луче.

[0986] Приведенная выше процедура последовательно улучшает выбор луча с использованием передаваемых сигналов. Как только достаточно хороший луч установлен так, чтобы связь поддерживалась, процедуры, описанные в разделе 3.4.3, используются для уточнения луча. В некоторых случаях msg2 и msg4 могут передаваться без уточнения луча.

3.4.5.3 Поиск луча

[0987] Использование формирования луча в NX влияет на процедуры для установления новой линии связи между UE и сетью. Когда передача данных использует формирование луча, установление линии связи включает в себя определение предпочтительной конфигурации луча передачи в дополнение к традиционным задачам синхронизации.

[0988] Некоторыми примерами таких процедур является переход на другой набор узлов, например, при изменении сетевого уровня (текущий обслуживающий луч может тогда быть нерелевантным) или первом доступе в новом частотном диапазоне (пространственные свойства нового и предыдущего диапазона могут существенно различаться). Когда UE имеет установленную линию связи с сетью, на некотором уровне или некоторой частоте, поиск луча на другом уровне или частоте иницируется сетью и обычно обрабатывается как процедура активного режима. Поиск луча DL основан на предоставлении набора лучей-кандидатов в DL для UE, чтобы измерять качество и отправлять отчет в сеть. Сеть конфи-

гурирует режимы измерения и отчетности, выдает команду измерения в UE и включает MRS в релевантные лучи; см. раздел 2.5.3. MRS в разных лучах передается с использованием разверток (сви́пирований) луча во времени, частоте или кодовом пространстве, где развертка может охватывать весь диапазон направлений луча или уменьшенный поднабор, если доступна полезная априорная информация. Используется общая структура конфигурации измерений MRS. Отчеты UE после измерений MRS затем используются для определения первого обслуживающего луча на новом уровне/частоте.

[0989] В сценариях начального доступа к системе, в которых не доступна априорная информация UE и информация о направлении луча, может быть применен поиск луча, чтобы сделать процедуру произвольного доступа более эффективной или, в некоторых случаях, возможной. В то время как управляющая сигнализация обычно не требует такой же степени уточнения луча, как высокопроизводительная передача данных, ожидается, что для приема системной информации и выполнения процедуры RA требуется некоторое формирование луча в более высоких частотных диапазонах; см. раздел 3.2.5.2. Структура SSI включает в себя механизмы сви́пирования луча и идентификацию для различных конфигураций луча DL; см. раздел 2.3.6.1. UE сообщает обратно о наилучшей принятой опции в преамбуле UL RA. Эта информация поиска луча затем используется отвечающим узлом для направления RAR и последующей сигнализации в направлении UE.

3.4.5.4 Мобильность в активном режиме

[0990] Решение AMM в NX, описанное в разделе 3.5, сконфигурировано для управления мобильностью между лучами, в отличие от традиционной сотовой мобильности в LTE. Передача, ориентированная на луч, и мобильность, создают многочисленные характеристики, которые отличаются от сотовой мобильности LTE. С использованием больших планарных антенных решеток в узлах доступа, с числом элементов, измеряемых сотнями, можно создавать довольно регулярные шаблоны покрытия сетки лучей с сотнями лучей-кандидатов на узел. Ширина луча отдельных лучей по высоте и азимуту определяется количеством строк и столбцов элементов в решетке.

[0991] Как показано в исследованиях моделирования, зона покрытия отдельного луча из такой решетки может быть небольшой, до нескольких десятков метров в ширину. Наблюдается быстрое снижение качества канала за пределами текущей области обслуживающего луча, что может потребовать частых переключений луча, чтобы получить полный потенциал антенной решетки с низкими непроизводительными издержками. Статические сигналы мобильности во всех лучах невозможны, поэтому MRS необходимо включать только в релевантных лучах и только при необходимости; см. раздел 3.5.3. Релевантные лучи выбираются на основе положения UE и априорной статистики покрытия лучей для различных лучей-кандидатов на основе базы данных SON; см. раздел 3.9.4. Данные SON также могут использоваться для инициирования сеансов измерения мобильности, когда качество обслуживающего луча ухудшается, без необходимости непрерывных сравнений с качеством соседнего луча.

[0992] Оценки также указывают на то, что внезапная потеря луча возможна из-за замирания затенения, например, при повороте за угол улицы. Решение AMM включает в себя признаки, которые помогают избежать или быстро восстанавливаться после внезапного ухудшения качества связи или отсутствия синхронизации; см. раздел 3.5.6.

[0993] Решение AMM подробно описано в разделе 3.5. Это включает в себя как процедуры нижнего уровня (запуск мобильности, измерения, выбор луча, структура RS и надежность), так и вопросы RRC (управление идентификацией луча, меж-узловой HO и другие аспекты более высокого уровня).

[0994] Решение AMM, описанное в разделе 3.5, поддерживает как переключения лучей в одном узле, так и между различными узлами, используя, в основном, измерения MRS. Следует отметить, что процедуры, описанные в этом разделе, могут использоваться для изменения лучей в одном узле с использованием измерений CSI-RS. Или, более точно: переключения лучей, использующие CSI-RS, могут использоваться для случаев, когда плоскость данных не должна перенаправляться, и повторная синхронизация не требуется. В этих случаях, процедура на основе CSI-RS намного более компактна и также полностью прозрачна для UE.

[0995] Кроме того, решение AMM разделяет лучи линии связи и лучи мобильности. Лучи линии связи - это лучи, используемые для передачи данных, тогда как лучи мобильности используются в целях мобильности. Следовательно, почти все лучи, обсуждаемые в этой главе, являются лучами линий связи; лучи мобильности описаны только в этом самом подразделе.

3.4.5.5 Многоантенная функциональность для неактивных UE

[0996] В разделе 3.4.3 описаны многоантенные процедуры для выделенной передачи данных. В описании основное внимание уделяется случаю, когда данные непрерывно передаются. Однако передача пакетных данных по своей природе является импульсной. Многие пакеты на самом деле довольно малы, а периоды ожидания между пакетами являются общими и также неизвестной и разной длины. Крайне важно, чтобы многоантенная функциональность могла эффективно обрабатывать эти типы шаблонов трафика. UE переходит в неактивное состояние, когда никакие пакеты не передавались или принимались в течение некоторого времени. Рабочее предположение состоит в том, что сеть теряет всю информацию, связанную с лучом, когда это происходит, и что процедура произвольного доступа, описанная в разделе 3.4.5.1, используется для возврата в активное состояние.

[0997] Однако существует период времени между тем, когда передача данных заканчивается, и UE переходит в неактивное состояние. В течение этого периода UE применяет микро-DRX, и для UE должна иметься возможность очень быстро возобновлять передачу или прием данных. Это означает, что сеть должна поддерживать некоторое представление о подходящем луче для передачи данных. Также должна поддерживаться приемлемо точная частотно-временная синхронизация, а также обновленная ассоциация узлов.

[0998] Для передачи на основе элементов предполагается, что передачи опорных сигналов нисходящей линии связи продолжают также в периоды ожидания. Как упоминалось в разделе 3.4.3.1, разные UE могут совместно использовать одни и те же пилот-сигналы, поэтому количество ресурсов, используемых для этой передачи RS, ограничено независимо от количества UE. Кроме того, нет необходимости поддерживать полную ширину полосы передачи RS.

[0999] Для передачи на основе луча ситуация более сложная, так как RS в общем случае являются специфическими для UE. Чтобы поддерживать подходящий луч, сеть и UE могут полагаться на некоторый тип RS. Это может быть сделано путем обеспечения качества измерения UE на множестве сигналов в нисходящей линии связи, соответствующих различным лучам, и сообщения качества луча в сеть либо периодически, либо в режиме, управляемом событиями. RS нисходящей линии связи, которые были ранее описаны, являются CSI-RS и MRS. Здесь применяется тот же принцип, что и для передачи данных: использовать CSI-RS для переключений луча внутри узла и активировать MRS из соседних узлов, в том случае, если никакие внутрисотовые кандидаты не подходят.

[1000] Количество UE, которые одновременно передают или принимают данные, довольно невелико. Однако количество UE, находящихся в активном состоянии, но не передающих/принимающих, может быть довольно большим. Поскольку MRS активируются только при отсутствии подходящих внутрисотовых кандидатов, количество MRS не является узким местом. Однако CSI-RS периодически передаются для оценки качества лучей внутри узла и со многими UE в активном режиме, количество CSI-RS, которое необходимо передавать, может быть довольно большим.

[1001] Чтобы уменьшить потребление ресурсов CSI-RS, можно применить один или более из следующих методов:

- передавать CSI-RS более редко;
- передавать только CSI-RS низкого ранга;
- передавать CSI-RS только в части ширины полосы;
- использовать более широкие лучи-кандидаты;
- разрешить UE совместно использовать CSI-RS.

В сочетании эти методы должны позволять поддерживать довольно много UE в активном режиме и быстро возвращаться к высокоскоростной передаче данных.

[1002] Для передачи massive MIMO на основе когерентной взаимности предполагается, что сеть планирует передачу RRS с подходящей частотой для обеспечения быстрого возврата к передаче данных.

3.4.5.6 Изменяемая ширина луча

[1003] Активные антенные решетки, такие как ULA и URA, предлагают множество степеней свободы для адаптации шаблонов луча к канальным условиям и потребностям планирования. Один типичный пример луча из большой антенной решетки представляет собой узкий луч с высоким усилением, возможно, дополнительно с низким усилением в выбранных направлениях для уменьшения распространения помех.

[1004] Такая узкая диаграмма направленности может быть типичной для передачи пользовательских данных (как это описано в разделе 3.4.3), тогда как другие виды передачи, такие как трансляция управляющей информации, или когда CSI менее надежна, иногда требуют более широкой диаграммы направленности. Путем надлежащего выбора предкодера, для многих размеров решетки можно генерировать лучи, для которых ширина луча может варьироваться от очень широкой, аналогичной диаграмме направленности элемента, до очень узкой. Во многих случаях предкодирование может выполняться только с помощью плавного изменения фазы, что важно для активных антенных решеток, поскольку общая выходная мощность определяется суммарной мощностью от всех усилителей мощности и для чистого фазового ослабления используется вся доступная мощность. EIRP ниже для более широких лучей, так как усиление антенны уменьшается. Этот тип формирования луча может быть применен как к линейным, так и к прямоугольным решеткам и независимо от размера антенны. Более широкий луч может, подобно узким лучам, отправляться в любом направлении.

[1005] Этот метод может быть использован для создания, например, луча с одинаковым шаблоном мощности и ортогональной поляризацией во всех направлениях, а также лучей с использованием большего количества портов, расположенных в одном или двух измерениях.

3.4.6 Аппаратные аспекты

3.4.6.1 Многоантенные архитектуры

"Полноразмерное" цифровое формирование луча

[1006] В идеальном случае сигналы от/до всех антенных элементов должны обрабатываться цифровым способом в области основной полосы, так что доступны все степени свободы ("полноразмерное"

цифровое формирование луча), как показано на фиг. 102 для передающей стороны. Это дает полную гибкость в пространственных и частотных областях для сигналов пост-обработки при приеме и для предкодирования при передаче; таким образом, обеспечивая полный потенциал функций massive MIMO, таких как частотно-селективное предкодирование и MU-MIMO.

[1007] На фиг. 102 показана упрощенная архитектура антенн, основанных на предкодировании. Для большого количества антенн требования к каждой радио цепи могут быть ослаблены, см. раздел 3.4.6.2. Использование очень большого количества антенных элементов (первые NX макро-eNB, работающие на ~4 ГГц, как ожидается, будут иметь 64 элемента, с одной полной радио цепью каждая (FFT, DAC/ADC, PA и т.д.)), что является радикальным изменением в практике построения. Это требует инновационного проектирования для поддержания приемлемого уровня затрат, сложности и энергопотребления.

[1008] Появляются другие практические ограничения: блок основной полосы (BU) может выполнять ограниченные вычисления в реальном времени (например, инвертирование матриц 64x64 с высокими скоростями может оказаться непрактичным). Кроме того, скорость передачи данных радиointерфейса между радио блоком (RU) и BU ограничена и масштабируется очень плохо с количеством антенных элементов (по идее, разумно иметь около 30 Гбит/с между RU и BU, что может быть переведено примерно в 8 потоков 20-битных I/Q-данных на 200 МГц).

Активные антенные системы: перемещение обработки от BU к RU

[1009] Чтобы уменьшить требования ширины полосы между BU и RU, некоторая обработка может быть размещена непосредственно в RU. Например, A/D-преобразование и FFT-преобразование времени в частоту можно выполнить в RU, так что для передачи через радиointерфейс необходимо передавать только коэффициенты частотной области, что также может уменьшить необходимую ширину полосы. Некоторое цифровое формирование луча также может быть включено в RU. Это проиллюстрировано на примере приемника, показанного на фиг. 102, для случая приемника восходящей линии связи.

[1010] В случае приемника восходящей линии связи, чтобы дополнительно уменьшить требования к радиointерфейсу, количество потоков можно уменьшить с помощью предварительной обработки в RU. Цель этой предварительной обработки состоит в том, чтобы отобразить размер антенных элементов на размер "полезных" потоков, которые обрабатываются посредством BU. Это может быть сделано "вслепую", например, на основе чисто обнаружения энергии во временной или частотной области (до или после OFDM, FFT), используя разложение по размерностям на основе DFT или на основе SVD и выбор лучших размерностей для дальнейшей обработки; или может быть сделано с помощью BU и результатов оценок канала.

[1011] В случае передатчика нисходящей линии связи, аналогичная цепочка обработки может быть выполнена в обратном порядке, хотя команды предкодирования/формирования луча должны быть отправлены по радиointерфейсу. Передатчик и приемник могут иметь одинаковое количество антенных элементов или могут иметь различное количество антенных элементов.

Гибридное аналого-цифровое формирование луча

[1012] Другим решением, которое частично позволяет использовать большие антенные решетки при рассмотрении практических ограничений аппаратного обеспечения и перспективных компромиссов, является гибридная антенная архитектура, показанная на фиг. 104. Обычно оно содержит двухступенчатое формирование луча, где одна цифровая ступень используется для отдельных потоков данных (ближе к основной полосе), а другая ступень формирования луча приближена к антенным элементам для "формирования" лучей в пространственной области. Эта вторая ступень может иметь различные реализации, но обычно она основана на аналоговом формировании луча.

Аналоговое формирование луча

[1013] Аналоговое формирование луча выполняется в аналоговой (временной) области после DAC для предварительного кодирования. Поэтому аналоговое формирование луча является частотно-независимым, поскольку оно применяется ко всему спектру и может быть выполнено непосредственно в RU.

[1014] На фиг. 105 показана упрощенная антенная архитектура, совместимая с аналоговым предкодированием. Реализации аналогового формирования луча обычно опирается на предопределенную сетку лучей, которые могут быть выбраны для передачи/приема потоков данных, как показано на фиг. 105. Каждый луч соответствует фазосдвигающему предкодеру, что позволяет избежать необходимости регулирования амплитуды, поскольку это потребовало бы дополнительного PA. Лучи могут быть сконфигурированы для формирования секторов, горячих точек или некоторых пространственных разделений, позволяющих выполнять пользовательское мультиплексирование. Антенные решетки, охватывающие более двух измерений, могут выполнять как вертикальное, так и горизонтальное формирование луча.

[1015] В зависимости от реализации, все или только части элементов могут использоваться для формирования аналоговых лучей. Использование только подмножества элементов облегчает реализацию путем формирования каждого луча выделенными элементами и, таким образом, позволяет избежать проблемой "аналогового суммирования" сигналов. Однако это уменьшает апертуру антенны и, в свою очередь, усиление луча. Выбор луча для каждого потока должен выполняться с помощью цифровых команд. В настоящее время предполагается (должно быть подтверждено), что аналоговые фазовращатели могут

изменять направление луча в течение времени СР (например, за одну или более мкс). Для более коротких длительностей СР, особенно для более высокого интервала несущей, это может быть оптимистичным предположением. Связанная с ним проблема заключается в том, как часто можно фактически выдавать команду на переключение (например, один раз на ТТИ или символ, в зависимости от интерфейса ...).

3.4.6.2 Закономерности ухудшения и масштабирования HW

[1016] Многое из возможности использования очень больших антенных решеток определяется требуемым качеством аппаратных средств. Например, для достижения когерентной взаимности (см. раздел 3.4.2) должны быть специфицированы требования. Если для каждой антенны предъявляются строгие требования, в результате страдает общая стоимость с точки зрения энергопотребления. Однако с увеличением размеров решеток возникают возможности снижения сложности и энергопотребления. Некоторые компромиссные решения обсуждаются ниже. Большая часть компромиссных решений зависит от условий канала или предкодирования, поскольку это влияет на (пространственную) корреляцию между сигналами передачи/приема.

Преобразователи данных

[1017] Чтобы приблизиться к полностью цифровой большой антенной решетке, потенциально большую экономию энергии можно получить за счет снижения разрешения преобразователя данных на основе по каждому антенному порту. Это было показано для нисходящей линии связи для нескольких разных размеров решетки. 1-битовое квантование также успешно использовалось в восходящей линии связи для восстановления форматов модуляции высокого порядка в настройке многопользовательского massive MIMO. Когда канальные векторы становятся сильно коррелированными, как, например, в случае LoS, невозможно разрешить несколько пользователей и модуляцию более высокого порядка. Для UL разрешение проблемы ближней/дальней зоны остается в силе, что может помешать использованию преобразователей низкого разрешения.

Нелинейные эффективные усилители мощности и взаимная связь

[1018] Линейность и эффективность усилителя отмечены как важные проблемы по двум причинам, первая из которых увеличенная ширина полосы несущей и агрегация несущих, которая ограничивает ширину полосы линеаризации, доступную для выполнения коррекции нелинейной передаточной функции усилителей мощности. Вторая - это влияние взаимной связи, поскольку плотные высокоинтегрированные решетки могут уменьшить развязку между ветвями. Обе эти проблемы могут привести к необходимости снижения характеристики линейности на основе по каждой антенне, при сохранении характеристик по радиолинии.

[1019] Исследовалось внеполосное излучение и его пространственные свойства. В канале LoS, кривая усиления внеполосного излучения следует за кривой внутриволнового излучения, но с некоторым ослаблением. Таким образом, наихудший случай излучаемой внеполосной помехи может наблюдаться у предполагаемого пользователя, а не потенциально подавляемого пользователя. Для MU-MIMO по каналу NLoS (рэлеевский IID) было изучено распределение собственных значений матрицы ковариации передачи, чтобы понять пространственное поведение внеполосного излучения. Было видно, что для многопользовательского случая (10 UE) распределение мощности в соседнем канале распространяется всенаправленно. Однако для однопользовательского случая излучение формируется лучом в направлении предполагаемого пользователя.

Фазовый шум генератора

[1020] По мере увеличения рабочей частоты часто происходит ухудшение с точки зрения фазового шума. Для многоантенной архитектуры это может иметь разные эффекты в зависимости от распределения и/или синхронизации генератора. Важные проблемы волновой формы (такие как помехи поднесущей из-за потери ортогональности), вытекающие из повышенного фазового шума, хорошо известны и не рассматриваются здесь.

[1021] Задача для больших многоантенных систем, как следует ниже, заключается в распределении и/или синхронизации локальных генераторов (LO) в больших антенных решетках, для которых требуется фазово-когерентная RF, чтобы выполнить либо формирование диаграммы направленности, либо многопользовательское предкодирование. Используя упрощенный подход, влияние фазового шума и синхронизации LO можно моделировать как потерю мощности у принимающего пользователя. Это, в свою очередь, проявляется как снижение SINR, что приводит к ухудшению производительности при уменьшении отношения между сигналом и помехами. Для многопользовательского предкодирования, потери производительности зависят от соотношения между профилем фазового шума и временем когерентности канала. В случае короткого времени когерентности, влияние низкочастотного фазового шума уменьшается.

[1022] Моделирование показывает, что в случае независимых свободно работающих генераторов, вся мощность теряется после некоторой задержки, которая зависит от инновации фазового шума или качества LO. В случае синхронизации низкой или промежуточной частоты, потери принимаемой мощности ограничены только стабильностью частоты LO, тогда как потери мощности конечны даже асимптотически.

Централизованная или распределенная обработка

[1023] Чтобы полностью использовать большое количество степеней свободы, вводимых с все бо-

лее крупными антенными решетками, выполняемая обработка радиосигнала, вероятно, должна иметь ориентированную на решетку перспективу через обработку векторного сигнала, чтобы полностью использовать доступные степени свободы. Это распространяется не только на многопользовательское предкодирование, но и на такие области, как цифровое предсказание, снижение коэффициента амплитуды (пик-фактора) и т.д.

3.5 Мобильность

[1024] Система NX должна обеспечивать опыт непрерывного ("бесшовного") обслуживания для пользователей, которые перемещаются, и предназначена для поддержки непрерывной мобильности при минимальном использовании ресурсов. В этом разделе описывается мобильность NX. Как упоминалось в разделе 1.2, в NX есть неактивный режим и активный режим, что означает, что мобильность включает в себя мобильность в неактивном режиме и мобильность в активном режиме. Мобильность в неактивном режиме (обновление местоположения и поисковый вызов) можно найти в разделе 3.2. В этом разделе рассматривается только мобильность в активном режиме внутри NX. Многоточечная связность и связанные аспекты архитектуры рассматриваются в разделе 3.12. Описание опорных сигналов, используемых для процедур мобильности, можно найти в разделе 2.3.6. Как поддерживать списки соседних лучей, обсуждается в разделе 3.8.

3.5.1 Требования и принципы проектирования

[1025] Существуют конкретные потребности, которые предпочтительно должно выполнять решение мобильности, включающие в себя одно или более из следующего:

- решения мобильности должны поддерживать перемещение между лучами без потери пакетов. (В пересылке пакетов LTE используется временная дополнительная задержка, но потеря пакетов отсутствует);

- решения мобильности должно поддерживать мультисвязность, где функции координации применимы для узлов, подключенных как с помощью превосходного транзитного (транспортного) канала (например, выделенного оптоволокна), так и с помощью релаксированного транспортного канала (например, задержка 10 мс и выше, проводной, беспроводной);

- решения мобильности должны работать как для аналогового формирования луча, так и для цифрового формирования луча;

- мобильность и измерения UE должны работать как для синхронизированных, так и для несинхронизированных AN;

- решения мобильности должны поддерживать обнаружение сбоя радиолинии и восстановление с помощью UE. Решения мобильности должны поддерживать перемещение между NX и всеми существующими RAT с более тесной интеграцией между NX и LTE с коротким временем прерывания хэндовера между RAT.

[1026] Желательные принципы проектирования мобильности в активном режиме включают в себя один или более из следующих:

- должна использоваться инфраструктура мобильности, построенная из конфигурируемых функций;

- решения мобильности должны обладать такой гибкостью, что мобильность DL и UL сможет запускаться и выполняться независимо друг от друга;

- для активного режима, решения мобильности должны управляться сетью в качестве общего правила, сетевое управление UE может использоваться в той степени, в которой имеются большие выигрыши;

- сигнализация, связанная с мобильностью, должна следовать сверх-минималистическому (экономному) принципу. Предпочтительно она должна выполняться по требованию, чтобы минимизировать передачу измерительного сигнала. Непроизводительные издержки сигнализации и непроизводительные издержки измерений, связанные с мобильностью, должны быть сведены к минимуму;

- решения мобильности всегда должны поддерживать достаточно хорошую линию связи между терминалом и сетью (которая отличается от "всегда наилучшей");

- решения мобильности должны работать независимо от "режимов передачи".

3.5.2 Мобильность в активном режиме на основе луча

[1027] Многоантенная передача уже играет важную роль для нынешних поколений мобильной связи и приобретает дополнительную важность в NX для обеспечения покрытия с высокой скоростью передачи данных. Проблемы, связанные с мобильностью в активном режиме в NX, связаны с поддержкой формирования луча с высоким усилением. Когда лучи линии связи относительно узкие, лучи мобильности должны отслеживать UE с высокой точностью для поддержания хорошего пользовательского опыта и для того, чтобы избежать сбоя линии связи.

[1028] Концепция мобильности DL в NX основана на луче. При развертываниях с большими антенными решетками и множеством возможных конфигураций лучей, статически все лучи не могут передавать опорные и измерительные сигналы постоянно. Вместо этого подключенные AN выбирают соответствующий набор лучей мобильности для передачи в тех случаях, когда это необходимо. Каждый луч мобильности несет уникальный опорный сигнал мобильности (MRS). Затем UE инструктируется измерять на каждом MRS и направлять отчет системе. С точки зрения UE, эта процедура не зависит от количества вовлеченных AN. Как следствие, UE не должно заботиться о том, какой AN передает какие лучи; в неко-

торых случаях это определяется как UE, безразличный к узлу, а мобильность является UE-ориентированной. Для мобильности, чтобы работать эффективно, вовлеченные AN должны поддерживать списки соседних лучей, обмениваться информацией о лучах и координировать использование MRS.

[1029] Отслеживание движущегося UE достигается посредством измерения UE и сообщения о качестве соответствующих лучей-кандидатов, посредством чего система может выбирать лучи для передачи данных на основе измерений и проприетарных критериев. Термин "переключение луча" в этом контексте используется для описания события, когда AN обновляют параметры, например, точку и направление передачи луча. Таким образом, хэндоверы как внутри, так и между лучами AN можно рассматривать как переключения лучей. Как следствие, хэндовер в NX выполняется между лучами, а не сотами, как в традиционных сотовых системах.

[1030] Тип луча, обсуждаемый в этом разделе, представляет собой в основном луч мобильности, который является объектом для обновления во время мобильности. Помимо луча мобильности, существует также луч "геозонирования", который вводится для упрощения мобильности между узлами в некоторых развертываниях.

[1031] В следующих двух разделах описывается мобильность нисходящей линии связи: выбор того, какой луч/узел использовать для передачи нисходящей линии связи. В одном разделе описывается мобильность на основе измерения нисходящей линии связи, а в другом разделе - на основе измерения восходящей линии связи. До сих пор предполагается, что один и тот же луч/узел используется для передачи восходящей линии связи. Однако в некоторых случаях может быть выгодным использование различных лучей/узлов для передачи нисходящей линии связи и восходящей линии связи. Это называется развязкой восходящей линии связи/нисходящей линии связи. В этом случае, для выбора наилучшего луча/узла восходящей линии связи можно использовать отдельную процедуру. Измерения восходящей линии связи используются для выбора луча/узла восходящей линии связи, а процедуры, описанные в 3.5.4, используются с минимальными изменениями.

3.5.3 Мобильность нисходящей линии связи на основе измерения нисходящей линии связи

[1032] Было проведено несколько подробных исследований вариантов решения мобильности, и все эти формулировки следуют общей структуре мобильности, которую можно суммировать на высоком уровне, как на фиг. 106, которая изображает мобильность общего активного режима (на основе измерения нисходящей линии связи). После того, как было принято решение запустить переключение луча, для активации и измерения выбирается набор лучей-кандидатов. Эти лучи могут возникать как в обслуживаемом AN, так и в потенциальных целевых AN. Измерения основаны на передачах опорного сигнала мобильности (MRS) в лучах мобильности. Сеть определяет целевой луч после того, как UE сообщает результат измерений в сеть и, опционально, информирует UE выбранного целевого луча. (В качестве альтернативы, UE может быть проактивно сконфигурировано для автономного выбора луча-кандидата с наилучшим результатом измерения и последующей передачи отчета об измерении на целевой луч). Процедура включает одно или более из следующего:

Сторона UE:

1) Конфигурация измерения. UE получает конфигурацию мобильности из сети о том, в отношении какого MRS измерять (или UE может также выполнять полный слепой поиск без сконфигурированного списка), когда измерять, как измерять и как сообщать. Конфигурация измерения может быть выполнена ранее (и постоянно обновляется).

2) Измерение. UE выполняет измерения мобильности после того, как UE принимает активацию измерения, чтобы начать измерение на некоторых или всех элементах в конфигурации измерения.

3) Отчет об измерениях. UE отправляет отчеты об измерениях мобильности в сеть

4) Выполнение мобильности.

UE может принять запрос на передачу USS в UL для измерения TA и отправить USS. Требование отправки USS может быть частью конфигурации измерений.

UE может принять команду (реконфигурацию) для выполнения переключения луча, которая может включать в себя ID нового луча и команду регулировки TA. О команде переключения также может быть сначала проинформировано, и TA может измеряться и регулироваться в целевом узле.

Или, если синхронизация DL и UL TA остаются в силе, а дополнительная конфигурация (новый DMRS, безопасность и т.д.) не требуется или может быть сообщена через целевой узел, UE может не получать команду переключения.

[1033] Сторона сети:

1) Конфигурация измерения. Сеть отправляет конфигурацию измерения мобильности в UE.

2) Запуск мобильности. Сеть определяет, следует ли запускать процедуру переключения луча.

3) Измерение мобильности. Сеть решает выполнить процедуру измерения мобильности, которая включает в себя следующее:

выбор соседа: сеть выбирает лучи-кандидаты;

конфигурация измерения. Сеть отправляет конфигурацию измерения в UE, если оно не сконфигурировано на этапе 1;

активация измерения. Сеть активирует MRS в релевантных лучах и отправляет команду активации

измерения в UE;

отчет об измерении. Сеть принимает отчет об измерении от UE.

4) Выполнение мобильности.

Сеть может отправить команду запроса USS (реконфигурации) в UE для передачи USS, чтобы измерять ТА.

Целевой узел может измерять значение ТА и отправлять значение узлу, осуществляющему связь с UE, который отправит конфигурацию ТА в UE.

Сеть может отправлять команду переключения луча (реконфигурации) на UE.

[1034] Сеть может отправлять конфигурацию измерения в UE либо до запуска процедуры переключения луча (этап 1), либо после (во время этапа 3).

[1035] Описанная последовательность конфигурируется с подходящими настройками, чтобы служить общей основой для всех операций, связанных с мобильностью в активном режиме: поиска луча в первый раз, запуска обновления луча мобильности в режимах передачи и мониторинга данных и непрерывного отслеживания лучей мобильности.

[1036] Конфигурация общей процедуры мобильности в активном режиме нисходящей линии связи, в которой UE перемещается из обслуживающего узла доступа (SAN1) в SAN2, как показано на фиг. 10 6, описана в следующем разделе

3.5.3.1 Измерения мобильности

3.5.3.1.1 Конфигурация измерения

[1037] Сеть может отправлять конфигурацию измерения мобильности в UE. Эта конфигурация передается в сообщении RRC и может содержать информацию, связанную с событиями измерения - "что" (например, какие индексы MRS) измерять, "когда" и "как" измерять (например, время начала, критерий и длительность фильтрации), или "когда" и "как" отправлять отчет об измерениях (например, сообщать временной интервал, сообщать ID лучших лучей, а также их мощность и т.д.). Список может быть полезен, если включается небольшое количество MRS и может измеряться. Но отправка списка может быть опциональной для NW, и UE может выполнять измерения вслепую, например, обнаруживать все слышимые сигналы MRS. Другим примером конфигурируемости могут быть измерения между узлами, где может потребоваться более длинная фильтрация, чтобы избежать эффекта пинг-понга. Для внутриузловых измерений луча используется короткий фильтр.

[1038] Конфигурация измерения может быть отправлена сетью в любое время. Обычно, как только UE принимает конфигурацию, оно начинает выполнять измерения. Однако эту процедуру можно было бы дополнительно улучшить, передав команду активации в поле DCI. Таким образом, сообщение RRC будет только конфигурировать измерение, но может не обязательно инициировать UE для начала выполнения таких измерений.

3.5.3.1.2 Отчет об измерении

[1039] UE отправляет отчеты об измерениях на основе конфигурации, предоставляемой сетью. Отчеты об измерениях обычно представляют собой сообщения RRC, отправленные в сеть. Однако в некоторых случаях некоторые типы отчетов могут быть отправлены через MAC. Для отчета на основе L3 можно сообщать сразу несколько лучей, что позволяет найти предпочтительный луч за короткое время, однако для этого требуется больше непроизводительных издержек сигнализации, и не просто интегрировать переключение луча с планировщиком. Для отчетов на основе L2 существует меньше непроизводительных издержек, и их легко интегрировать с планировщиком, однако фиксированное максимальное количество измерений луча можно сообщать одновременно.

3.5.3.2 Мониторинг мобильности и запуск/выполнение

[1040] Передача и измерения MRS запускаются на основе наблюдаемого качества луча/узла линии связи, когда передача данных продолжается, качества луча мобильности при отсутствии данных или отчетов, отправленных UE. Другие триггеры, такие как балансировка нагрузки, могут также запускать выполнение измерения мобильности.

[1041] Существуют разные показатели запуска и разные условия. Метрика для отражения качества луча - это RSRP или SINR. Условие может быть одним или более из следующих:

- a1) сравнение с одним абсолютным значением,
- a2) сравнение с несколькими различными относительными значениями в справочной таблице в соответствии с положением,
- a3) сравнение со значениями других лучей или
- a4) скорость деградации качества луча линии связи. Также были продемонстрированы практические механизмы запуска, реагирующие на изменения в текущем показателе качества.

[1042] Наблюдаемый луч может быть одним или более из следующих:

- b1) текущий обслуживающий луч линии связи (DMRS или CSI-RS),
- b2) текущий обслуживающий луч линии связи плюс его 'секторный' луч,
- b3) текущий обслуживающий луч мобильности (MRS).

[1043] Различные типы переключения (например, внутри узла или между узлами) могут иметь разные пороговые значения. Например, когда качество связи хуже порогового значения 1, запускается пере-

ключение луча внутри узла. Когда качество связи хуже порогового значения 2, запускается оценка и переключение лучей между узлами. Если присутствует отличная транспортная сеть (например, выделенное волокно), и нет проблем с эффектом пинг-понга, как внутриузловые, так и межузловые переключения могут использовать одни и те же параметры.

[1044] Когда сеть решает, что необходимо изменить/обновить/модифицировать идентификатор обслуживающего луча/узла, сеть подготавливает процедуру мобильности. Это может означать связь с другими узлами в сети.

[1045] Существует несколько вариантов сообщения результатов измерений MRS в сеть:

c1) Если UE сообщает все измерения обслуживающему узлу, обслуживающий узел определяет узел для переключения и сигнализирует в UE. Этот подход основывается на существующей обслуживающей линии связи для всей сигнализации во время процедуры мобильности. TA к новому обслуживающему лучу оценивается совместно с командой переключения. Подробная информация об оценке TA приведена в разделе 3.5.3.4.

c2) Если UE сообщает измерения обратно на отдельные узлы, из которых пришел другой MRS, сама отчетность требует предварительной передачи USS и оценки TA - она рассматривается как часть процедуры измерения. Как только NW приняла решение о новом обслуживающем узле и сигнализировала UE, UE использует уже имеющуюся TA в направлении к новому обслуживающему узлу. Этот подход требует большей сигнализации UL, но удаляет критическую зависимость от старой обслуживающей линии после того, как выдана команда измерения.

c3) Аналогично c2), но UE сообщает все измерения назад через обслуживающий луч и через лучший из измеренных новых лучей. Затем должна быть проведена только одна процедура оценки TA.

[1046] В конечном итоге, сеть может потребовать от UE применить новую конфигурацию. Могут быть ситуации, в которых реконфигурация может быть прозрачной для UE, например, при переключении внутри узла. Затем реконфигурация происходит на стороне сети, обслуживающий луч/узел может быть изменен; однако UE сохраняет существующую конфигурацию. Если требуется реконфигурация, она может быть сконфигурирована до или после переключения.

3.5.3.3 Активация/деактивация внутриузлового/межузлового MRS

[1047] В общем, MRS передается только по требованию. Сеть решает, какие лучи-кандидаты или соседние лучи должны быть активированы. Выбор луча-кандидата может быть основан, например, на таблице поиска отношений лучей. Эта таблица поиска соседства индексируется либо позицией UE, либо радиопокрытием. Позиция может быть точным положением (информация GPS) или приблизительным положением (информация текущего обслуживающего луча). Создание и поддержка таблиц поиска соседства - это обобщение процесса управления автоматическими отношениями соседей (ANR), выполняемого функциональностью SON в сети (см. раздел 3.9.4). Таблицы могут использоваться как для предоставления критериев запуска (раздел 3.5.3.2), чтобы инициировать сеанс измерения в отношении данного UE, так и для определения соответствующих лучей-кандидатов для измерений и возможного переключения луча. Луч в этой таблице поиска может быть либо обычным лучом мобильности, либо "секторным" лучом. Размер таблицы отношения соседних лучей может быть уменьшен; как с точки зрения потребления памяти, так и с точки зрения потребления сигнализации, если лучи-кандидаты широкие, а количество лучей является низким. В некоторых сетевых развертываниях, например, при развертывании NX в частотных диапазонах LTE или в области высокой нагрузки и частого хэндовера, может быть предпочтительнее конфигурировать MRS как всегда включенный, чтобы потенциально многие UE, которые находятся в покрытии одинаковых лучей мобильности, могли непрерывно отслеживать качество соседних лучей.

3.5.3.4 Обновление временного опережения

[1048] Чтобы сообщать результаты измерений MRS узлам, отличным от обслуживающего узла, и возобновлять передачу данных UL в направлении нового обслуживающего узла, UE необходимо применять корректное временное опережение, которое обычно отличается от TA для текущего обслуживающего узла. В несинхронизированной NW всегда необходимо выполнить оценку TA. Затем передача USS конфигурируется на каждое измерение в команде измерения MRS или статически посредством RRC. То же самое относится к синхронизированным макро-NW, где ISD превышает или сравнимо с длиной CP.

[1049] С другой стороны, в сильно синхронизированной NW с короткими ISD, TA в направлении старого обслуживающего узла может также хорошо работать для нового обслуживающего узла. UE может определить, соответствует ли это случаю, когда старая временная синхронизация DL работает для нового узла. Было бы эффективно не проводить новую оценку TA, если только это не является действительно необходимым. Подход, управляемый NW, заключается в том, что NW конфигурирует UE для передачи USS (или нет) на основе измерения в команде измерения MRS. TA не оценивается, если NW оценивает, что старый и новый узлы могут использовать одно и то же значение TA, в противном случае UE запрашивается для отправки USS. Альтернативно, в подходе, управляемом UE, UE может опускать отставку USS в UL, если оно определяет, что для измерения MRS нового узла не требуется повторная синхронизация. Здесь узел все еще должен резервировать ресурсы для приема USS.

[1050] Если TA следует изменить, это передается с использованием dPDCH или PCCH либо через

старый обслуживающий луч, либо из нового узла (где DL уже "работает", поскольку UE синхронизировалось с MRS).

[1051] В решении с1 отчетности MRS выше, USS может быть отправлен в UL, а обновление TA в DL может быть отправлено как часть команды переключения луча и квитирования связи.

[1052] В вышеописанных решениях с2 и с3 отчетности MRS, UE отправляет USS как часть процедуры отчета об измерениях в направлении передающего MRS узла и получает обновление TA как отдельное сообщение.

[1053] В некоторых развертываниях, где положение UE может быть определено с высокой точностью, требуемая корректировка TA при переключении со старого передающего луча на новый может быть извлечена из ранее собранной базы данных. База данных создается на основе предыдущих измерений TA, управляемых согласно принципам SON.

3.5.3.5 Конфигурируемые последовательности

[1054] Последовательности измерения мобильности по существу такие же, как и в LTE. Последовательности мониторинга и запуска мобильности аналогичны последовательностям LTE, но некоторые детали различаются, например, критерии запуска и сигналы, специфичные для UE, доступные для измерений мобильности. Последовательность активации MRS, в которой опорные сигналы (MRS) активируются динамически в специфическом для UE наборе лучей-кандидатов, является новой процедурой в NX. Активация и деактивация MRS по запросу и в специфическом для UE режиме имеет решающее значение для экономной конструкции. Основная новая проблема в NX заключается в принятии сетью решения, какие MRS-кандидаты активированы, и когда. Последний аспект может быть особенно критичным на высоких частотах из-за замирания затенения. Некоторая подготовка и сигнализация могут потребоваться в сети, когда лучи-кандидаты активируются в нескольких разных узлах. Тем не менее, эта процедура является прозрачной для UE. UE информируется только о конфигурации измерения, и UE отправляет отчет соответственно, без привязки лучей к определенным узлам. Последовательности обновления TA также могут быть измерены и скорректированы в целевом узле после информирования о команде переключения. Возможно, потребуется дополнительная реконфигурация.

[1055] Процедура запуска переключения луча различается в зависимости от того, как проектируется и передается MRS. Существует три типичных случая:

1. Луч MRS активируется только при обнаружении ухудшения качества луча. MRS для всех соответствующих лучей-кандидатов в табл. поиска активируется независимо от того, исходит ли луч из того же узла или соседнего узла. Построение таблиц может быть частью функций SON. UE измеряет все MRS и отправляет отчет об измерениях.

2. Конфигурируются и передаются либо все секторные MRS в табл. поиска, либо секторный MRS, содержащий обслуживающий луч для активного UE. UE также может отслеживать качество передаваемого секторного MRS и сообщать качество периодически или в зависимости от событий.

3. Обслуживающий луч мобильности адаптирован для непрерывного отслеживания UE для поддержания максимального усиления луча, что аналогично процедурам CSI-RS в разделе 3.4. UE сообщает сигнал ошибки между текущим направлением обслуживающего луча и оцениваемым направлением лучшего луча с использованием дополнительных лучей по соседству от обслуживающего луча.

[1056] Случай 1 больше подходит для услуг без строгих требований к качеству обслуживания, в то время как случай 2 больше подходит для критически важных услуг с дополнительными непроизводительными издержками. (Существуют также гибридные опции, например, активирование всех MRS в табл. поиска для данного UE с дополнительными непроизводительными издержками). В случае 3, с опорными символами, специфическими для UE, любая модификация формы луча внутри одного узла может быть прозрачной для UE - никакой сигнализации не требуется, если только аналоговое формирование луча RX не применяется на стороне UE.

3.5.4 Мобильность нисходящей линии связи, основанная на измерении восходящей линии связи

[1057] Также возможно использовать измерения в восходящей линии связи для выбора луча в нисходящей линии связи. На высоком уровне можно предположить, что такие измерения выполняются по требованию, когда считается, что переключение луча является необходимым. Следовательно, концепция события мобильности по-прежнему применяется, и основывается на некотором триггере для запуска события.

[1058] Поскольку луч нисходящей линии связи обновляется, естественно, что он все еще контролирует производительность нисходящей линии связи, используя любые измерения, описанные в предыдущем разделе. Например, CQI, измеренная на CSI-RS или MRS, может контролироваться.

[1059] Использование измерений восходящей линии связи для выбора AN, используемого для передачи нисходящей линии связи, обычно хорошо работает, при условии, что разные AN используют одну и ту же мощность передачи и имеют одни и те же возможности антенны. В противном случае это должно быть скомпенсировано.

[1060] Чтобы использовать измерения восходящей линии связи для выбора луча нисходящей линии связи в одном узле, желательна взаимность между восходящей линией связи и нисходящей линией связи. Пассивные антенные компоненты и среда распространения являются физически взаимными для TX и

RX, но активные компоненты и RF-фильтры в цепях RX и TX обычно демонстрируют асимметрии и изменения фазы, которые не приводят к автоматической взаимности во всех случаях. Однако, путем ввода дополнительных конструктивных ограничений HW и процедур калибровки, может быть обеспечена любая желательная степень взаимности.

[1061] Как подробно обсуждается в разделе 3.4, можно различать разные уровни взаимности:

- "Направленная": Углы прихода/ухода являются взаимными для RX и TX,
- "Стационарная": Матрица ковариации каналов одинакова для RX и TX,
- "Когерентная": Каналы RX и TX совпадают, как видно из основной полосы в течение времени/ширины полосы когерентности.

[1062] В целях мобильности, как правило, для обеспечения правильного выбора сетки лучей во многих циклах замирания, обычно достаточно направленной взаимности. Методы калибровки парного антенного элемента в трактах TX и RX могут обеспечить необходимую межэлементную фазовую когерентность. "Направленная" взаимность позволяет использовать измерения UL для переключения луча мобильности TX нисходящей линии связи, а также в обсуждаемых конфигурациях сетки лучей.

[1063] Чтобы получить измерение в восходящей линии связи, сеть запрашивает UE для отправки опорных сигналов UL в сеть. Одним из возможных опорных сигналов для измерений мобильности является USS. USS может обнаруживаться не только обслуживающим узлом, но и соседними узлами. Соседние узлы должны поддерживать передачи UE, которые они обслуживают, для очистки ресурсов передачи, в которых будет возникать USS.

[1064] Если ситуация с покрытием является проблематичной, UE, возможно, потребуется использовать формирование луча TX для передачи USS. В этом случае, UE требуется передавать USS во всех направлениях-кандидатах, и разные идентификаторы USS могут быть назначены различным лучам TX в восходящей линии связи на стороне UE, так что сеть может возвращать идентификаторы лучших лучей UE TX. Если UE не может передавать более чем в одном направлении одновременно, передача лучей может быть мультиплексирована по времени. USS может периодически передаваться из UE или инициироваться событием (когда ухудшается качество лучей линий связи). Такая конфигурация свипирования луча более сложна в UL, чем в DL, ввиду нерегулярной конфигурации антенной решетки UE. Подходящие диаграммы направленности свипирования могут быть определены несколькими способами с использованием предварительной калибровки или обучения на лету UE.

[1065] В сети, AN-кандидат пытается обнаружить USS в разных лучах и выбирает лучший луч. Если аналоговое формирование луча используется сетью, узлы не могут выполнять измерение большого количества лучей за один период USS. AN может сканировать USS, используя различные лучи RX последовательно. Координация диаграмм направленности свипирования лучей UE TX и AN RX является сложной. Базирование на этой комбинации следует учитывать только в том случае, если она действительно диктуется требованиями покрытия.

[1066] Существуют некоторые требования к сигнализации между UE и сетью, которые включают в себя, например, количество USS, используемых в UE, и период повторения для сетевого сканирования. Можно предположить, что такая же процедура принимается как для конфигурации MRS: конфигурировать параметры передачи USS с использованием RRC и активировать передачу с использованием MAC.

[1067] Существует несколько альтернатив для переключения луча в нисходящей линии связи на основе измерения в восходящей линии связи.

1. Узкий луч (линии связи) может быть выбран непосредственно на основе измерения восходящей линии связи.

2. Выбор луча, основанный на измерении восходящей линии связи, принимает решение о луче мобильности, и узкий луч (линии связи) может быть выбран на основе дополнительного измерения нисходящей линии связи позже.

3. Луч мобильности сначала определяется измерением восходящей линии связи с более широким лучом RX. После этого узкий луч (линии связи) может быть дополнительно определен измерениями восходящей линии связи с узким лучом RX. При определении узкого луча, другой RS может быть измерен в узких лучах, которые расположены внутри или вблизи выбранных лучей RX в первой части.

[1068] В трех альтернативах (alt.) процедуры выбора луча (выбор луча в alt. 1, выбор широкого луча в alt. 2 и alt. 3) аналогичны, как показано на фиг. 107. Процедура выбора луча на основе измерения восходящей линии связи может быть кратко выражена следующим образом:

- 1 Запуск переключателя луча
- 2 Активирование приема USS между соседними узлами в релевантных лучах
- 3 Активирование передачи USS в UE
- 4 Выполнение измерения USS в сети
- 5 Определение лучшего луча на основе отчета об измерениях
- 6 При необходимости, подготовка переключения луча
- 7 При необходимости, выдача команды переключения луча

[1069] Как отмечалось ранее, USS может периодически передаваться из UE или инициироваться событием. Если USS периодически передается в соответствии с прежней конфигурацией, этапы 1-3 могут

игнорироваться. Если требуется обновление временного опережения, значение TA может быть получено из измерения USS, и новое значение TA может быть сообщено в UE во время команды переключения луча. Детали оценки TA аналогичны описанию в разделе 3.5.3.4. При выборе узкого луча (линии связи) согласно Alt 3, существует только одно малое различие, когда лучи из соседнего узла не задействованы. Это своего рода выбор луча внутри узла, который проиллюстрирован на фиг. 108. Здесь "USS" также может быть другим типом опорного сигнала, таким как RRS. Дополнительное измерение нисходящей линии связи в Alt 2 аналогично переключению луча внутри узла в случае 2 способа на основе измерения нисходящей линии связи.

3.5.5 Проблема радиолинии

[1070] Учитывая, что система является "сверхэкономной" и использует массивированное формирование луча, необходимо пересмотреть традиционное определение "сбоя радиолинии". Когда данные не передаются ни в восходящей линии связи, ни в нисходящей линии связи, может не иметься сигнала, который может использоваться для обнаружения сбоя радиолинии. Опорные сигналы мобильности могут, например, не всегда присутствовать в сверхэкономной системе 5G.

[1071] Пользовательский терминал может выйти из зоны покрытия между пачками пакетной передачи, не будучи замеченным. Если используется внутрисполосная и/или сформированная лучом управляющая информация, то не всегда возможно достичь целевого приемника для продолжения передачи данных в это UE. В качестве альтернативы, когда пользователь хочет отправить данные, он может не иметь возможности сообщить об этом в сеть и быть запланированным. В таком сценарии UE должно выполнить новую процедуру произвольного доступа, которая ассоциирована со значительной задержкой и непроизводительными издержками на сигнализацию.

[1072] С этой целью вводится новое событие, обозначающее проблему радиолинии (RLP). Оно используется для указания рассогласования между сетевым узлом и конфигурацией пользовательского терминала в радиолинии. RLP может быть вызвана антенной сетевого узла, указывающей в направлении, где сигнал не достигает целевого UE. Это также может быть вызвано конфигурацией антенны в пользовательском терминале, которая не сконфигурирована должным образом в направлении к предполагаемому обслуживаемому узлу в сети.

[1073] Следует отметить, что в этом разделе рассматривается только случай, когда существует ситуация, которая отличается от традиционного сбоя радиолинии (RLF) в том смысле, что проблема радиолинии (RLP) не является "событием ошибки", но чем-то, что происходит довольно часто. Вместо того чтобы поддерживать радиолинию, можно сделать ее "фиксированной", когда это необходимо. Событие типа RLF также может использоваться для NX, где UE пытается восстановить с помощью "обычной" процедуры доступа. Это может запускаться, если восстановление RLP безуспешно. Это не рассматривается в данном подразделе.

[1074] Процедура быстрого разрешения проблемы радиолинии (RLP) предназначена для восстановления радиолинии между UE и сетью, если это необходимо. UE может обнаруживать событие RLP, когда происходит одно или более из перечисленных событий:

- ожидаемый сигнал DL "исчезает" (например, запланированный или периодический опорный сигнал DL падает ниже порогового значения). Таймер может быть выполнен с возможностью определения того, как долго сигнал должен быть ниже порогового значения, прежде чем обнаружится RLP;

- контролируемый сигнал DL "появляется" (например, запланированный или периодический опорный сигнал DL выше порогового значения). Таймер может быть выполнен с возможностью определения того, как долго сигнал должен быть выше порогового значения, прежде чем обнаружится RLP;

- нет ответа на передачу UL (как правило, после передачи запроса планирования или передачи на конкурентной основе). Счетчик может применяться для определения того, на сколько передач должно быть не отвечено до обнаружения RLP.

[1075] Кроме того, узел NW обнаруживает событие RLP, когда происходит одно или более из перечисленных событий:

- ожидаемый сигнал UL "исчезает" (например, запланированный или периодический опорный сигнал UL падает ниже порогового значения). Таймер может быть выполнен с возможностью определения того, как долго сигнал должен быть ниже порогового значения до обнаружения RLP;

- контролируемый сигнал UL "появляется" (например, запланированный или периодический опорный сигнал UL выше порогового значения). Таймер может быть выполнен с возможностью того, как долго сигнал должен быть выше порогового значения до обнаружения RLP;

- нет ответа на передачу DL (обычно предоставление UL или назначение DL). Счетчик может применяться для определения того, на сколько передач должно быть не отвечено до обнаружения RLP.

[1076] В случае если нормальный (с высокой битовой скоростью) трафик данных возникает в узком луче с высоким усилением антенны, может быть предусмотрена предварительно сконфигурированная процедура отката, которая использовала другой более надежный луч (как правило, с более низкой битовой скоростью, более низким усилением антенны, большей шириной луча).

[1077] На фиг. 109 показан пример, в котором UE обнаруживает проблему радиолинии, а обслуживающий узел разрешает проблему, UE является узлом, который обнаруживает RLP в первой (например, с

узким лучом) радиолинии. Узкие овальные формы схематично изображают сетевую сторону и конфигурацию антенны стороны UE для этой первой радиолинии. После обнаружения события RLP, UE отправляет передачу UL RLP, возможно, используя новую антенну и более надежную конфигурацию (схематично изображенную правым кругом на фиг. 109). Обслуживающий сетевой узел запускает, возможно, после истечения таймера неактивности, мониторинг восходящей линии связи для передач UL RLP от обслуживаемого UE. Этот прием может быть выполнен с использованием более надежного (например, более широкого) луча (схематично изображенного левым кружком на фиг. 109). UE может идентифицировать себя в передаче UL RLP с использованием предопределенного общедоступного идентификатора, обозначенного здесь tag_p , в то время как обслуживающий узел может идентифицировать себя в передаче ответа восстановления RLP UL с использованием идентификаторов или тегов tag_p (общедоступный) и tag_s (обслуживающий). Когда обслуживающий узел имеет несколько активных радиолиний, он знает, исследуя полученный идентификатор (tag_p), в какой радиолинии есть проблема. Когда UE подготовлено к приему ответа восстановления UL RLP от необслуживающего узла, у него есть возможность отличить ответ необслуживающего узла (который использует общедоступный идентификатор tag_p) от ответа обслуживающего узла (который использует идентификатора tag_s обслуживающего узла). Как только оба узла, обслуживающий узел и UE, осведомлены о событии RLP, следующим естественным этапом является выполнение новой процедуры оптимизации для радиолинии. В качестве альтернативы, радиолинии может быть разрешено оставаться "поврежденной", пока ее не потребуется исправить с целью повторной передачи пользовательских данных. В этом случае следующая передача предпочтительно должна начинаться с надежной конфигурации антенны на обеих сторонах. Аналогичная процедура используется в случае обнаружения RLP в узле NW.

3.6 Само-транспортировка

[1078] Одной из особенностей NX является интеграция доступа и транспортной сети с использованием одной и той же базовой технологии и, возможно, работы над общим пулом спектра, включая работу по одному и тому же физическому каналу или по разным каналам в том же диапазоне. (Использование внеполосного выбора параметров доступа и транспортной сети не исключено). В качестве желаемого результата такой интеграции базовая станция или узел доступа (AN) должны иметь возможность использовать технологию NX как для беспроводного доступа, так и для беспроводной транспортировки, возможно, одного и того же спектра. Эта возможность здесь называется самотранспортированием, и самотранспортирование в NX может поэтому использовать компоненты доступа (например, множественный доступ, синхронизацию, множественные антенны, спектр и т.д.), поддерживаемые в NX, но для целей транспортировки.

3.6.1 Мотивация и область использования

[1079] Узлы доступа с "малой сотой" могут справляться с ожидаемым ростом трафика беспроводной передачи данных только во взаимодействии с надежной и производительной транспортной сетью. Бывают ситуации, когда фиксированное транспортное соединение, такое как оптическое волокно, не доступно в местах, где требуются дополнительные базовые станции. Беспроводная технология транспортировки ранга выделенной несущей является рентабельной альтернативой волокну и обычно ассоциирована с высокой спектральной эффективностью, высокой доступностью, низкой задержкой, чрезвычайно низкими частотами ошибочных битов и низкой стоимостью развертывания. Использование беспроводной транспортировки не только предъявляет требования к самой технологии, но и требования по обработке помех, которые обычно удовлетворяются путем тщательного планирования и лицензирования. Традиционное развертывание беспроводной транспортной сети обычно представляет собой одиночный хост LOS. Непрерывная эволюция радиодоступа стимулирует разработку транспортной сети, например, потребность в более высокой пропускной способности, уплотнении и т.д. Будущее развертывание беспроводной транспортной сети также будет во многих случаях сталкиваться с теми же проблемами, с которыми сталкивается радиодоступ, например, каналы NLOS с дифракцией сигналов, отражение, затенение, многолучевое распространение, проникновение снаружи внутрь помещения, помехи, множественный доступ и т.д. Беспроводная транспортировка движущихся базовых станций, например, расположенных на высокоскоростных поездах, является важным случаем использования. Требования производительности к транспортной сети намного выше, чем те, которые предъявляются к каналу доступа, но сценарии развертывания, вероятно, проектируются тщательно, часто в направлении стационарных сценариев. Высокие требования к производительности могут быть удовлетворены теми же методами, которые используются для сетей доступа, а именно MIMO, множественный доступ, подавление помех, мобильность и т.д. Это составляет основу для конвергенции доступа и транспортной сети и самотранспортирования.

[1080] Структура NX поддерживает как внутриполосное (где доступ и транспорт используют тот же спектр), и внеполосное (где отдельные спектры или несущие используются для доступа и транспорта) самотранспортирование. Внутриполосное самотранспортирование требует только одного блока радиочастотного спектра, как для доступа, так и для транспорта и является привлекательным, когда приобретение отдельного спектра для транспортировки по всей зоне покрытия является дорогостоящим или сложным. Внутриполосное самотранспортирование также упрощает аппаратные средства и снижает ас-

социированные затраты за счет общего набора радиоприемопередатчика и антенной системы. Однако когда предполагаемые зоны покрытия доступа и транспортировки существенно различаются, может потребоваться внеполосная транспортная сеть с отдельными спектрами и выделенными аппаратными средствами. Более того, внутрисполосное самотранспортирование может вызывать взаимные помехи между каналами доступа и транспортной сети и, следовательно, является более сложным, чем его внеполосный вариант. Чтобы уменьшить влияние взаимных помех, радиоресурс может совместно использоваться доступом и транспортировкой путем фиксированного распределения во временной или частотной области. В качестве альтернативы, совместное использование ресурсов может осуществляться динамически в соответствии с потребностями трафика посредством совместного управления радиоресурсами между доступом и транспортировкой для максимизации спектральной эффективности.

[1081] Чтобы поддерживать множество различных целевых случаев использования, описанных в следующем подразделе, структура NX также поддерживает самотранспортирование через несколько (два или более) транзитных участков (скачков), где количество скачков подсчитывается только по линиям транспортной сети, исключая линию доступа. Аспект многоскачковости создает проблемы в разработке протокола, гарантии сквозной надежности, а также в управлении радиоресурсами.

3.6.2 Случаи целевого использования.

[1082] Случаи целевого использования для самотранспортирования могут быть разделены на три группы, грубо дифференцированные на основе двух основных характеристик: топологии и доступности. Группы могут быть перечислены таким образом:

I. Статическая или детерминированная топология, высокая доступность,

II. Полустатическая топология, средняя доступность и

III. Динамическая топология, низкая доступность, где доступность варьируется, как пять девяток (т.е. 99,999%), 3-4 девятки и 0-1 девятка(ок), соответственно. Среди всех этих случаев использования некоторые из них были приоритетными для рассмотрения, поскольку они являются либо характерными, либо примерными случаями использования. На фиг. 110 показана приоритизация случаев использования в виде последовательностей II.4.b, II.2.b, II.3.a, I.1.a, II.2.c, III.6, III.7, I.1.b, II.2.a, II.3.b, II.4.a, II.4.c, III.5.

[1083] Топология сети самотранспортировки, как правило, является сеткой, но ожидается, что на граф связности будут наложены более простые структуры маршрутизации. Обычно существует тенденция минимизировать количество скачков, необходимых для прохождения по локальной сети; в большинстве случаев это приводит к тому, что максимальное количество скачков по транспортной сети ограничено 2-3 скачками. Есть, однако, такие исключения, как высокоскоростной поезд, где количество скачков может вырасти до гораздо большего числа, например, количества вагонов в поезде. (Разумеется, железнодорожные вагоны могут быть соединены с использованием проводных технологий, но это приводит к дополнительным осложнениям, связанным с необходимостью перехода начальной транспортировки доступа к проводной LAN с соответствующей пропускной способностью транспортировки.).

[1084] Транспортный формат на транспортной сети должен быть гибким. Таким образом, хотя выгодно, что основной радиоинтерфейс, используемый для линий связи множественного доступа NX и самотранспортировки NX, идентичен, радиоинтерфейс должен быть способен поддерживать широкий диапазон требований к доступности, начиная с 99,999% или пяти девяток для замены традиционной транспортной сети до 0-1 девятки(ок) доступности для случая использования V2V. (Многие случаи использования ITS не подпадают под требования высокой надежности или низкой задержки, и существуют ограничения для обеспечения высокой доступности для большого количества транспортных средств одновременно). Важные варианты использования подробно описаны ниже. На фиг. 111 показаны некоторые условия важности самотранспортирования с множеством требований к производительности с точки зрения требований доступности, задержке и скорости передачи данных.

Таблица 15

Табуляция важных КРІ для самотранспортировки

КРІ	Требования								
	Транспор т малой соты		Событие		Поезд		Общественна я безопасност ь	Транспортировк а большой дальности	
Дистанция линии связи	500 м	5 км	1 км	100 М	1 км	500 м	200 м	20 км	5 км
Диапазон частот	30 ГГц	6 ГГц	6 ГГц	30 ГГц	6 ГГц	30 ГГц	>700 МГц	6 ГГц	30 ГГц
Скачки (транспорт)	1-2		1-3		1-10		1-2	1-2	
Ширина полосы	500 МГц		200-500 МГц		200-500 МГц		–	200-500 МГц	
Доступност ь	99,9- 99,99%		95%		99,9%		99,9%	99,999%	
Радио задержка	50-100 мкс		250 мкс		250 мкс		–	250 мкс	
Полная задержка (одно- сторонняя E2E)	1-2 мс		1-2 мс		10 мс		–	500 мкс	
Скорость передачи данных	1-10 ГБ/с		200 Мбит/с (пользователь)		0,8 Гби т /с	2 Гби т /с	10 Гбит/с	2-10 Гбит/с	

3.6.3 Рабочие предположения

[1085] Чтобы определить область действия и установить фокус концепции самотранспортирования NX, сделаны следующие предположения:

1. Узлы доступа к самотранспортированию (ВН) предназначены для работы синхронно во времени.
2. Поддерживаются множественные скачки (без ограничений), но производительность оптимизирована не более чем на 2-3 скачка.
3. Поддерживается внутриполосное и в совмещенном канале использование доступа и транспортной сети (доступ и транспортная сеть не обязательно совместно использовать один и тот же спектр, но им разрешено это делать).
4. Однородные линии транспортной сети, которые использует только интерфейс NX.
5. Интерфейс доступа не обязательно NX (например, может быть LTE или WiFi).
6. Предполагается, что маршруты фиксированы в течение значительных периодов времени и могут переключаться на Уровне 2 в локальных средах или на уровне 3 в широкой области.
7. Линии самотранспортирования поддерживает все необходимые сетевые интерфейсы, такие как S1/X2 и BB-CI/BB-CU, так что функциональность базовой сети может поддерживаться по каналам транспортной сети при использовании для транспортировки. Для распределенной реализации eNB, где более высокие уровни могут выполняться в облачном оборудовании, также может потребоваться поддержка других интерфейсов.

1.1.2 Унифицированное представление доступа и транспортной сети

[1086] Для достижения гармонизированной интеграции доступа и транспортной сети крайне желательно унифицированное представление линий доступа (между UE и AN) и линий транспортной сети (между соседними AN). Как показано на фиг. 112, базовая станция самотранспортирования или AN обслуживает не только свои собственные назначенные UE, обозначенные здесь как нормальные UE или просто UE, в непосредственной близости как базовая станция, но также и соседние узлы доступа в качестве ретранслятора для маршрутизации данных в базовую сеть и из нее. Каждый AN самотранспортировки может рассматриваться как комбинация виртуального AN и виртуального UE, расположенного в точно таком же физическом местоположении. Узел агрегации (AgN) служит специальным корневым узлом в такой сети AN, которая имеет фиксированное (проводное) транспортное соединение, где весь трафик данных исходит и завершается. С этой точки зрения каждая транспортная сеть может трактоваться как линия доступа между виртуальным UE нисходящего AN и виртуальным AN восходящего AN. Таким образом, вся многоскачковая сеть может рассматриваться как традиционная сотовая сеть с единственными одно-скачковыми линиями доступа между (виртуальными или нормальными) AN и UE. Как транспортные линии, так и линии доступа могут обрабатываться одинаково, и любые каналы управления и

опорные сигналы, определенные для линий доступа, могут быть повторно использованы в линиях транспортной сети. Однако, как описано ниже в подразделе о выборе маршрута, структура NX требует функциональности, которая устанавливает таблицу маршрутизации в каждом самотранспортирующем AN. Это может быть, например, достигнуто посредством уровня протокола, такого как RLC, или посредством компонента адаптации уровня 3, такого как PDCP.

[1087] На фиг. 112 показана перспектива совместного размещения устройств для самотранспортирующих узлов доступа.

3.6.5 Многоантенная технология для транспортной сети

[1088] Высокая пропускная способность и спектральная эффективность важны для транспортной сети так же, как и доступ. Многоантенные технологии, такие как MIMO и пространственное разнесение, которые традиционно были приняты в радиодоступе, также были приняты для повышения спектральной эффективности и надежности в специализированных беспроводных транспортных системах. Антенное разнесение является коммерчески доступным, и LOS MIMO становится коммерческим в микроволновой транспортной сети "от точки к точке" (MINI-LINK). Будущие и более гибкие варианты развертывания в гетерогенных сетях также делают формирование луча или управление лучом интересными желательными характеристиками в беспроводной транспортной сети. Формирование луча имеет двукратное преимущество улучшения мощности принимаемого сигнала, одновременно уменьшая количество помех другим пользователям путем ограничения передач по желательным направлениям.

[1089] Многоантенные концепции, разработанные для NX, по вышеуказанным причинам, обеспечивают увеличенное покрытие, надежность, спектральную эффективность и пропускную способность для случаев использования самотранспортирования.

[1090] В отличие от линии доступа, типичный случай использования самотранспортировки имеет узел доступа на каждом конце линии, что позволяет иметь более совершенные антенные системы на обоих концах. Это открывает возможности использования SU-MIMO более высокого порядка для повышения спектральной эффективности и/или надежности. В некоторых случаях использования, например, транспортировки в малой соте, MU-MIMO может использоваться преимущественно. В реализации внутрисетевой самотранспортировки, MU-MIMO также может применяться для мультиплексирования трафика транспортировки и доступа по тем же ресурсам. MU-MIMO в сочетании с многоуровневой передачей на каждый узел доступа самотранспортировки может также иметь потенциал.

[1091] Производительность многоантенных схем зависит от качества CSI, которая используется для проектирования передачи/приема. Если базовые радиостанции стационарны, и канал имеет более длительное время когерентности, то также имеется больше возможности получить высококачественную CSI для проектирования более надежных многоантенных схем передачи/приема большой пропускной способности. Пилотное загрязнение в massive MIMO на основе взаимности также создает меньше проблем, если канал не нуждается в повторном тестировании так часто. Многоантенные методы на основе взаимности в NX основываются на измерениях восходящей линии связи для проектирования передач нисходящей линии связи для уменьшения или устранения необходимости обратной связи CSI. Однако если канал более или менее статичен, каким он может быть в некоторых сценариях транспортной сети, тогда можно также рассмотреть FDD, поскольку ассоциированные непроизводительные издержки из-за обратной связи CSI становятся меньше, если канал не должен обучаться, что часто имеет место благодаря более длительному времени когерентности. Взаимность легче использовать с непарным спектром, но также может быть достигнута с использованием статистических методов для парного спектра. (Например, оценка ковариации может быть использована для определения доминирующих собственных мод для канала, которые достаточно долговечны, эти методы могут улучшить показатели SNR приемника, не нуждаясь в мгновенной информации о канале.) Кроме того, становится намного проще установить линию связи и идентифицировать хорошие лучи в системе на основе лучей, когда канал имеет длительное время когерентности, и могут быть даже известны местоположения узлов. Статические применения транспортировки имеют явные преимущества, которые позволяют, например, использовать весь потенциал многоантенных систем.

[1092] Самотранспортирование в NX должно поддерживать как внутрисетевую, так и внеполосную операцию, что может предъявлять требования к антенной системе, используемой для транспортировки. Например, если существует большая разность несущих частот между линиями доступа и транспортировки во внеполосном решении, существует очевидная необходимость использования отдельных антенных систем для доступа и транспортировки, которые адаптированы к их соответствующей частоте. Одна и та же антенная система может использоваться во внутрисетевом решении для линий доступа и транспортировки. Тем не менее, использование одной и той же антенной системы имеет последствия для зоны покрытия, так как все линии транспортировки должны находиться в пределах той же зоны покрытия, что и линии доступа, что может быть не всегда. Если для транспортировки и доступа требуются разные зоны покрытия, то отдельные антенные системы должны рассматриваться также для внутрисетевых случаев. В зависимости от требований транспортировки, может потребоваться отдельная антенная система для достижения достаточно хорошего бюджета линии для соединения транспортной сети.

3.6.6 Архитектура протокола

[1093] Важным вопросом является архитектура протокола для самотранспортирования. С точки зрения чисто архитектуры протокола существуют три основных альтернативных подхода:

- ретранслятор L2;
- ретранслятор L2 (в соответствии с ретранслятором LTE);
- ретранслятор L3 (согласно концепции WHALE).

[1094] Представленная структура фокусируется на архитектуре, описанной на фиг. 113 и фиг. 114 (ретранслятор L2).

3.6.6.2 Ретранслятор L2

[1095] На фиг. 113 и фиг. 114 показаны, соответственно, архитектуры протоколов пользовательской плоскости и плоскости управления для многоскачкового самотранспортирования, где каждый самотранспортирующий AN рассматривается как ретранслятор L2. В этой архитектуре каждый самотранспортирующий AN по существу служит в качестве L2-прокси нисходящего (виртуального или нормального) UE к его восходящему AN.

[1096] Подход ретранслятора L2 можно комбинировать с многоскачковым ARQ, как более подробно описано в разделах 2.2.8.4 и 2.2.8.5.

3.6.6.2 Ретранслятор L2 (как ретранслятор LTE)

[1097] Альтернативно, на фиг. 115 и фиг. 116 показаны архитектуры протоколов, принятые концепцией ретрансляции LTE, для односкачковой ретрансляции для пользовательской плоскости и плоскости управления, соответственно. С этой архитектурой, самотранспортирующий AN соответствует ретранслятору LTE, а узел агрегации соответствует донорному eNB в LTE. С помощью этой архитектуры, самотранспортирующий AN может рассматриваться как, по существу, служащий в качестве прокси восходящего AN к его нисходящему (виртуальному или нормальному) UE. В результате, каналы транспортировки должны переносить сигналы S1/X2/OAM с соответствующими жесткими требованиями по доступности и задержке. Неясно, может ли эта архитектура быть распространена на случаи с несколькими (двумя или более) скачками, и если да, то каковы преимущества этой архитектуры по сравнению с описанной на фиг. 113 и фиг. 114.

3.6.6.3 Ретранслятор L3

[1098] Третий подход заключается в реализации отдельной базовой транспортной сети с использованием беспроводной технологии (например, NX). Эту архитектуру можно охарактеризовать как один уровень беспроводного приложения поверх базового уровня беспроводной транспортировки. На фиг. 117 показана архитектура высокого уровня для этой альтернативы. Даже если эта фигура иллюстрирует только один скачок на уровне беспроводной связи, это может быть расширено до нескольких скачков путем включения ретранслятора L2 как часть уровня транспортировки, например, как описано выше в разделах 3.6.6.1 или 3.6.6.2.

[1099] Поскольку уровень приложения сопрягается с беспроводной транспортировкой на IP-уровне, эту альтернативу можно также описать как "ретранслятор L3"; отметим, что узлы базовой сети пользовательской плоскости, используемые уровнем приложения, как правило, те же, что и для уровня транспортировки, например, используют комбинированную транспортировку узлов пользовательской плоскости базовой сети.

[1100] Важной характеристикой этой альтернативы является то, что беспроводная транспортировка является безразличной к доступу - базовая беспроводная связь является общей транспортной сетью, которая может использоваться несколькими беспроводными сетевыми приложениями (различными типами узлов доступа).

3.6.7 Выбор маршрута

[1101] Для беспроводной транспортировки информации от узла агрегации, который, как предполагается, имеет проводное соединение с базовой сетью, к (нормальному) UE или, наоборот, через сеть самотранспортирующих AN, каждый самотранспортирующий AN должна знать, куда пересылать принятый PDU NX в следующем скачке для каждого индивидуального (нормального) UE и по меньшей мере для одного узла агрегации. Следовательно, каждый самотранспортирующий AN должен поддерживать таблицу маршрутизации, которая содержит такую информацию маршрутизации следующего скачка и контекст для всех зарегистрированных (нормальных) UE. Поскольку среда беспроводной связи может меняться во времени, эту таблицу маршрутизации необходимо периодически обновлять в каждом самотранспортирующем AN, хотя и относительно редко. Эти таблицы маршрутизации совместно определяют маршрут между каждым (нормальным) UE и узлом агрегации. Ниже приведено несколько вариантов установки этих таблиц маршрутизации и ассоциированных маршрутов для NX.

3.6.7.1 Фиксированная, предопределенная маршрутизация

[1102] Таблица маршрутизации (и ассоциированные маршруты) предварительно определяется во время развертывания и не изменяется во времени. В этом случае, в сети не требуется реализовывать функциональность периодической маршрутизации. Предполагается, что каждое виртуальное UE самотранспортирующего AN присоединено по меньшей мере к одному фиксированному виртуальному AN другого AN или узла агрегации.

3.6.7.2 Неявная маршрутизация через выбор обслуживающего узла

[1103] При унифицированном представлении линий доступа и транспортировки, описанных в разделе 3.6.4, выбор маршрута может выполняться неявно, применяя традиционный механизм выбора обслуживающего узла на виртуальном UE каждого самотранспортирующего AN. Путем ограничения, что виртуальный AN каждого самотранспортирующего AN может быть активирован только после того, как соединение с базовой сетью будет установлено виртуальным UE самотранспортирующего узла через другие самотранспортирующие AN или узлы агрегации, топология дерева маршрутов с корнем в базовой сети может быть установлена для всех самотранспортирующих AN. Таким образом, таблица маршрутизации может быть установлена на каждого самотранспортирующего AN путем пересылки идентификаторов нисходящих AN в восходящий AN в дереве маршрутов. Логический канал управления должен быть доступен в NX, для пересылки этих идентификаторов AN или другой информации маршрутизации в целом.

[1104] Преимущество такой неявной маршрутизации через выбор обслуживающего узла заключается в том, что не требуется явная функция маршрутизации, и решения мобильности, разработанные для NX, могут быть повторно использованы для целей маршрутизации. Когда условие канала между виртуальным UE и виртуальным AN изменяется из-за изменения среды или мобильности AN, виртуальное UE должно перейти на обслуживание к новому виртуальному AN, соответствующему другому самотранспортирующему AN, и в результате, маршруты всех нисходящих AN виртуального UE будут соответственно изменяться. Недостатком неявной маршрутизации является то, что выбор каждого звена в дереве маршрутов основан исключительно на условиях локального канала (для хэндовера) без учета влияния выбора на пропускную способность каждого маршрута.

3.6.7.3 Явная маршрутизация

[1105] Чтобы оптимизировать пропускную способность и задержку соединений самотранспортировки, выбор маршрута в идеале должен учитывать как помехи, создаваемые соседними линиями связи, которые составляют маршрут (внутри-маршрутная помеха), так и помехи, создаваемые линиями связи, которые составляют другие маршруты (меж-маршрутная помеха). Такая маршрутизация со знанием помех может выполняться только с помощью функции явной динамической маршрутизации. Функция явной маршрутизации может быть реализована централизованным или распределенным образом.

[1106] В централизованной функции (явной) маршрутизации все решения о распределении маршрутизации и ресурсов принимаются одним центральным узлом (например, узлом агрегации), который, как предполагается, имеет доступ ко всем релевантным состояниям канала или информации о распределении по всем узлам и линиям связи в сети. Централизованная реализация позволяет использовать не только осведомленные о помехах решения маршрутизации, но и энергоэффективные решения маршрутизации на основе сетевого кодирования. Поэтому такое решение имеет потенциал для обеспечения наилучшего общего выбора маршрутов и распределения радиоресурсов. Однако для этого требуется значительное количество непроизводительных издержек для периодической пересылки всей канальной информации в центральный узел по определенному сквозному логическому каналу управления.

[1107] В распределенной маршрутизации, функция (явной) маршрутизации совместно реализуется всеми самотранспортирующими AN. Каждый узел принимает индивидуальные решения о том, куда пересылать пакет для достижения целевого узла, на основе локальных измерений канала и локальных обменов информацией маршрутизации со своими соседями. В совокупности, набор решений, принимаемых всеми узлами, формирует общий выбранный маршрут(ы) и распределяет ресурсы в сети. Преимущество распределенной маршрутизации заключается в том, что функция маршрутизации хорошо масштабируется с размером сети. Задача состоит в том, чтобы настроить необходимые каналы управления для облегчения обмена информацией о маршрутизации между соседними AN.

[1108] Структура NX первоначально поддерживает первые два более простых решения маршрутизации, а именно, фиксированную маршрутизацию и неявную маршрутизацию, в то же время, прокладывая путь эволюции к более сложным решениям явной маршрутизации в будущем.

3.6.7.4 Сетевое кодирование на физическом уровне

[1109] В отличие от проводных сетей, маршруты, несущие различный трафик, вызывают нежелательные взаимные помехи в беспроводных сетях. Это принципиально ограничивает производительность маршрутизации, поскольку решение маршрутизации изначально предназначалось для проводных сетей с изолированными соединениями и не может быть легко расширено, чтобы справиться с помехами в беспроводных сетях. Схемы сетевого кодирования физического уровня (PLNC) могут использоваться для многоскачковой связи в беспроводных сетях. Они имеют возможность использовать широкополосные характеристики беспроводной среды, рассматривать помехи как полезные сигналы и распространять данные по нескольким маршрутам, которые естественно возникают в беспроводной среде. Схемы PLNC также могут быть интегрированы с парадигмой маршрутизации путем применения схем PLNC по маршрутам, которые создают сильные помехи друг другу.

[1110] На фиг. 118 показана маршрутизация в отношении PLNC. На левой стороне фигуры показана маршрутизация двух пакетов на двух отдельных маршрутах. Каждый ретрансляционный узел принимает смесь двух пакетов и должен восстановить желательный пакет. Поэтому пакеты создают взаимные помехи на ретрансляторах. Правая часть фигуры показывает подход PLNC: оба ретрансляционных узла пере-

сылают принятую смесь пакетов. Ни один из пакетов не рассматривается как помеха в ретрансляторах.

[1111] Существует ряд различных схем PLNC, но наиболее перспективными являются вычисление и пересылка (CF) и зашумленное сетевое кодирование, что также иногда определяют как квантование-отображение и пересылка (QMF). Есть две важные идеи, лежащие в основе этих схем, которые отсутствуют в маршрутизации. Во-первых, ретрансляционный AN не должен декодировать каждый пакет данных, который он хочет переслать. Поскольку декодирование в беспроводном канале затруднено из-за замирания, шума, помех и ограниченной принимаемой мощности, ослабление ограничения декодирования повышает производительность сети. Вместо этого ретранслятор может отправлять некоторую квантованную информацию о принятом пакете. Это позволяет любому узлу (даже если он не может декодировать) пересылать данные в пункт назначения, что, в свою очередь, повышает надежность и гибкость сети. Основное различие между CF и QMF заключается в том, как создается такая квантованная информация.

[1112] Во-вторых, ретрансляционный AN может одновременно отправлять информацию, принимаемую от многих передатчиков. Например, ретранслятор, который принимает комбинацию нескольких пакетов, которые суммируются в эфире, может пересылать эту комбинацию пакетов. Узел-получатель принимает соответственно несколько различных комбинаций пакетов из ретранслятора и разрешает отдельные пакеты посредством линейных алгебраических методов. Такая одновременная передача нескольких пакетов приводит к более эффективному использованию ширины полосы. Та же идея, которая также присутствует в традиционном сетевом кодировании, показана на фиг. 118. При маршрутизации, пакеты, отправленные по разным маршрутам, создают взаимные помехи. В подходе PLNC, они рассматриваются как полезная информация в каждом ретранслирующем AN.

3.6.8 Многоскачковая повторная передача

[1113] Важные случаи использования самотранспортирования, такие как транспортировка в малой соте и управляемое событиями развертывание, накладывают новые требования на стек протоколов, которые желательны для обеспечения поддержки для многопроцессорной связи. Различные архитектуры протокола L2 приводят к различным вариантам проектирования для функциональных возможностей L2, таких как ARQ, в отношении многоскачковой связи.

[1114] Для ретранслятора LTE, ретранслятор принимает две роли. Он выглядит как регулярная базовая станция для собственного UE и как регулярное UE для своей собственной базовой станции, полностью используя радиointерфейс LTE с его протоколами и процедурами. По сути, одни и те же протоколы радиосвязи повторно используются в транспортировке, за исключением некоторых дополнений к протоколу плоскости управления. Это в значительной степени согласуется с унифицированным представлением доступа и транспортировки, описанным в разделе 3.6.4. Тем не менее, двухуровневый протокол ARQ LTE, то есть RLC ARQ и MAC HARQ, первоначально проектировался только для однокачковой связи и не является прямо расширяемым для поддержки передачи многоскачковой связи.

[1115] В принципе, существует несколько вариантов разработки архитектуры протокола многоскачкового ARQ. Самый простой способ заключается в том, что каждый скачок выполняет независимо ARQ и HARQ точно так же, как одиночный скачок в LTE, что, однако, не может поддерживать сквозную надежность. Альтернативно, каждый скачок может иметь независимый HARQ, но для конечного узла (BS и UE) добавляется RLC ARQ для обеспечения сквозной надежности. Еще один вариант заключается в том, что обычный ARQ может быть введен по нескольким скачкам, используя ретрансляционный ARQ. Здесь таймеры ARQ и обработка улучшаются за счет делегирования ответственности доставки пакета на следующий скачок, но при этом сохраняются данные в буфере до тех пор, пока не будет получено подтверждение доставки в конечный узел-получатель, это может повысить эффективность по сравнению со сквозным ARQ, поскольку сообщения должны только повторно передаваться по линии связи, в которой произошел сбой. Более подробную информацию см. в разделе 2.2.8.4.

3.6.9 Предотвращение собственных помех

[1116] Несмотря на последний прогресс в полнодуплексной связи, ожидается, что большинство будущих 5G-устройств (базовых станций или UE) будут по-прежнему способны обеспечивать лишь полудуплексную связь в любом данном частотном диапазоне. Поэтому NX поддерживает такие устройства, которые ограничены так, чтобы не передавать и принимать данные в одно и то же время в одном и том же частотном диапазоне, чтобы избежать собственных помех. В результате, в любой данный момент времени в любой данной полосе, все самотранспортирующие AN в сети классифицируются на две отдельные группы: одну передающую и другую принимающую. Базовые станции или AN, которые находятся в одной и той же группе, не могут осуществлять связь друг с другом в одном и том же диапазоне. Следовательно, желателен механизм распределения совместимых радиоресурсов по соседним AN.

3.6.9.1 Полудуплексно-ограниченное распределение ресурсов

[1117] Предполагая топологию дерева маршрутов, можно использовать простую схему для распределения радиоресурса, чтобы гарантировать, что восходящий AN может осуществлять связь с нисходящим AN. В этой схеме, восходящий AN всегда имеет преимущество перед нисходящим AN, в решении о том, какой радиоресурс используется для их связи друг с другом. В частности, начиная с корневого узла (например, узла агрегации) дерева маршрутов, восходящий AN периодически принимает от нисходящего

AN его информацию о заполнении буфера вместе с типичной информацией о качестве канала. На основе полученной информации о буфере и качестве канала, восходящий AN определяет, какой радиоресурс (например, временные сегменты) используется для передачи данных или приема данных из нисходящего AN, и сигнализирует такую информацию о распределении ресурсов в нисходящий AN. После получения такой информации о распределении ресурсов из своего восходящего AN и информации о заполнении буфера для своего собственного нисходящего AN, нисходящий AN затем выделяет части оставшихся ресурсов для передачи данных и приема данных из своего собственного нисходящего AN вдоль ветви дерева. Процесс продолжается до тех пор, пока не будут достигнуты все листья дерева маршрутов.

[1118] Хотя эта схема распределения ресурсов ни в коей мере не является оптимальной, она обеспечивает простой и эффективный способ справиться с полудуплексным ограничением. Однако для реализации такой схемы графики распределения ресурсов между соседними AN по ветви дерева должны быть должным образом смещены. Кроме того, может потребоваться определить новый логический канал управления, чтобы передавать информацию о заполнении буфера из нисходящего AN в восходящий AN.

3.6.9.2 Смещения опорного сигнала

[1119] Полудуплексное ограничение также налагает ограничения на синхронизацию передачи опорных сигналов между близкими самотранспортирующими AN. Например, чтобы поддерживать частотно-временную синхронизацию среди соседних самотранспортирующих AN на маршруте или для выполнения повторного обучения направлений передающего и приемного лучей, когда это необходимо, каждый AN должен иметь возможность прослушивать опорный сигнал, передаваемый посредством его восходящего AN. Это означает, что такой опорный сигнал не может передаваться одновременно от соседних AN. Одним решением является смещение временной диаграммы подкадров соседних AN на целое число, кратное периоду подкадра, чтобы опорные сигналы из разных AN были смещенными. Подобно решению распределения ресурсов, описанному выше, восходящий AN вдоль маршрута может вновь иметь преимущество в выборе смещения временной диаграммы подкадра и информировать свой нисходящий AN, который затем выбирает свое собственное временное смещение и распространяет смещения вдоль маршрута.

3.6.9.3 Воздействие задержки распространения

[1120] Из-за различий в задержке распространения, различные UE заканчивают свой соответствующий прием нисходящей линии связи и, таким образом, могут начать передачу восходящей линии связи в несколько отличающееся время. Необходимость передачи в соответствии с различными временными опережениями для согласования временной синхронизации в приемнике еще больше увеличивает проблему. Может потребоваться вставить защитный период при переходе передачи нисходящей линии связи и восходящей линии связи, чтобы позволить UE переключаться с приема на передачу. Альтернативно, можно также удлинить циклический префикс первого временного сегмента восходящей линии связи после переключения с передач нисходящей линии связи.

3.7. Тесная интеграция развития NX и LTE

[1121] NX проектируется таким образом, что оно выигрывает от координации с LTE - по меньшей мере когда оба они развертываются в сети одного и того же оператора. Перспективное решение для тесной интеграции LTE и NX является важной особенностью с самого первого выпуска, но также и в долгосрочной перспективе.

[1122] Реализация тесной интеграции достигается за счет обеспечения непрерывной (бесшовной) связности с LTE и NX для данного UE. В этой главе представлены различные архитектурные решения. Интеграция уровня RAN с интеграцией уровня RRC/PDCP для LTE и NX описана в разделе 3.7.3. Также освещены проблемы, связанные с интеграцией уровня MAC (которая будет обеспечивать возможность агрегацию несущих множества RAT).

[1123] Раздел 3.7.1 содержит некоторые общие мотивации для тесной интеграции LTE-NX. В разделе 3.7.2 показаны потенциальные сетевые сценарии, где релевантна тесная интеграция, с последующим рассмотрением устройств с точки зрения мульти-радио возможностей. В разделе 3.7.3 описаны различные протокольные решения для тесной интеграции. В разделе 3.7.4 представлены различные функции мультисвязности, такие как разнесение RRC и агрегация пользовательских плоскостей. OAM-аспекты тесной интеграции LTE-NX не охватываются.

3.7.1 Мотивация

[1124] Тесная интеграция удовлетворяет требованиям пользователей 5G, таким как очень высокая скорость передачи данных путем агрегации пользовательской плоскости или сверхнадежности путем разнесения пользовательской плоскости и плоскости управления. Агрегация пользовательской плоскости особенно эффективна, если NX и LTE предлагают аналогичную пропускную способность для конкретного пользователя, так что агрегация может примерно удвоить пропускную способность. Возникновение этих случаев будет зависеть от выделенного спектра, покрытия и нагрузки двух доступов. Сверхнадежность может быть обязательной для некоторых критически важных приложений, для которых надежность и низкая задержка имеют решающее значение для поддержания.

[1125] В дополнение к этому, стоит отметить, что тесная интеграция также обеспечивает усовершенствования существующих функций мульти-RAT (таких как балансировка нагрузки и непрерывность

обслуживания) благодаря интеграции уровня RAN, прозрачной для CN (меньше сигнализации). В частности, для раннего развертывания очень желательно обеспечить непрерывность обслуживания, так как можно ожидать, что ранние развертывания NX будут содержать островки в более широком покрытии LTE.

[1126] Далее внимание сосредоточено на характеристиках, которые мотивируют поддержку мультисвязности, для которых тесная интеграция с LTE является одним из решений для обеспечения непрерывности обслуживания.

3.7.1.1 Сложные условия распространения для NX в высокочастотных диапазонах

[1127] По сравнению с текущими частотными диапазонами, выделенными для LTE, в более высоких диапазонах существуют гораздо более сложные условия распространения, такие как более высокий уровень потерь в свободном пространстве, меньшая дифракция и более высокие потери на проникновение в помещении/вне помещения, что означает, что сигналы имеют меньшую способность распространяться, огибая углы и проникая сквозь стены. Кроме того, ослабление в атмосфере/из-за дождя и более высокие потери тела также могут вносить свой вклад в то, чтобы сделать покрытие нового радиоинтерфейса 5G островковым. На фиг. 119 показан пример средних вариаций SINR по маршруту UE в городском развертывании с использованием сетки лучей большой решетки на частоте 15 ГГц, по сравнению с выбором оптимального обслуживающего луча все время с переключением оптимального луча с задержкой на 10 мс. Маршрут демонстрирует некоторые более глубокие провалы, которые указывают на внезапное ухудшение SINR обслуживающего луча из-за затенения, например, в ситуациях "за углом". SINR обслуживающего луча может упасть более чем на 20 дБ в течение 5-10 мс. Такие случайные падения неизбежны на частотах выше 10 ГГц, и они должны обрабатываться непрерывно - либо путем быстрого переключения луча, см. раздел 3.5, либо опираясь на некоторую форму мультисвязности до восстановления возможности соединения. Последнее является сильной мотивацией для тесной интеграции LTE/NX, например, для обеспечения непрерывности обслуживания.

3.7.1.2 Массированное использование формирования луча

[1128] Формирование луча, где несколько антенных элементов используются для формирования узких лучей для концентрации энергии, является эффективным инструментом улучшения как скоростей передачи данных, так и пропускной способности. Его широкое использование, особенно со стороны сети, является важной частью высокочастотного беспроводного доступа для преодоления проблем распространения; см. раздел 3.4. С другой стороны, надежность системы, использующей формирование луча с высоким усилением и работающей на более высоких частотах, является сложной задачей из-за высокой направленности и селективности больших антенных решеток. Таким образом, покрытие может быть более чувствительным к изменениям времени и пространства.

3.7.2 Сценарии сети и устройства

3.7.2.1 Сценарии сети

[1129] Сценарии сети для LTE и NX могут быть очень разнообразными с точки зрения покрытия и совместного размещения. С точки зрения развертывания, LTE и NX могут быть совмещенными (где основная полоса реализована в одном и том же физическом узле) или не-совмещенными (где основная полоса реализована в отдельных физических узлах с неидеальной транспортировкой).

[1130] Что касается покрытия, LTE и NX могут иметь по существу одинаковое покрытие, например, в ситуации, когда LTE и NX развернуты совмещенно и работают в аналогичном спектре. Это также касается случая, когда NX может иметь лучший охват, чем LTE, из-за использования формирования луча с высоким усилением. Альтернативно, NX может быть развернуто в высокочастотном диапазоне, что привело бы к более островковому (неравномерному) покрытию NX. Различные варианты приведены на фиг. 120.

3.7.2.2 Сценарии UE

[1131] Сценарии UE представлены здесь, поскольку определенные типы UE могут быть ограничены некоторого рода решениями тесной интеграции, которые они поддерживают. Характерной особенностью различных типов UE является количество цепочек приемников. Ожидается, что во временном кадре 5G будут UE с двойным радио, где каждое радио имеет приемник и передатчик (RX/TX) и что они смогут работать одновременно. Такие UE смогут полностью соединяться с LTE и NX одновременно, не требуя операции временного разделения на более низких уровнях. С точки зрения спецификации, тесную интеграцию проще всего специфицировать для этого типа UE, в дальнейшем упоминаемого как UE типа #1. Однако, с точки зрения реализации, две цепи передатчика (восходящая линия), работающие одновременно, создают новые проблемы, в том числе необходимость разделить ограниченную мощность TX на два TX, а также проблемы интермодуляции могут в некоторых случаях запрещать двойной UL TX. Таким образом, также будут UE с двойным RX, но одним TX, поскольку их проще реализовать, и они упоминаются как UE типа #2. Наконец, будут экономичные UE с одним радио, способные работать с обоими радиоинтерфейсами, так и только по одному, упоминаемые здесь как UE типа #3. Основное внимание уделялось UE типа #1 и типа #2, так как UE типа #3 не могут извлечь большой выгоды из характеристик, обеспечиваемых тесной интеграцией. Типы UE приведены на фиг. 121.

3.7.3 Архитектура RAN, поддерживающая тесную интеграцию

[1132] Чтобы реализовать тесную интеграцию LTE и NX, вводится концепция "уровня интеграции". Объект протокола уровня интеграции (мульти-RAT) взаимодействует с определенными протоколами нижнего уровня RAT (для NX и LTE соответственно). Архитектура NX описана в разделе 3. Ниже приводится краткое описание анализа плюсов и минусов для каждой альтернативы уровня интеграции.

3.7.3.1 Интеграция уровня MAC

[1133] Использование MAC в качестве уровня интеграции означает, что вышеописанные уровни были бы общими для LTE и NX, как показано на фиг. 122. Основным преимуществом низкоуровневой интеграции является потенциал функций гораздо более тесной координации между RAT, таких как быстрое переключение мульти-RAT/множества линий связи и планирование кросс-RAT на физическом уровне. Интеграция уровня MAC позволила бы агрегацию несущей подобно операции между LTE и NX, позволяя очень динамичное распределение трафика даже для краткосрочных потоков. Например, повторные передачи RLC могут быть запланированы при любом доступе, обеспечивая возможность быстрого восстановления, если один доступ безуспешен. С другой стороны, переупорядочение пакетов, принятых по разным адресам, будет необходимо на уровне MAC или RLC, что задерживает повторные передачи RLC. В настоящее время, таймер переупорядочения LTE RLC может быть достаточно точным ввиду детерминированных задержек HARQ уровня MAC, и это не имело бы места для более непредсказуемых задержек переупорядочения, которые зависят от качества линии связи и решений о планировании соответствующих линий связи.

[1134] Еще одним преимуществом интеграции уровня MAC является то, что он может поддерживать асимметричные конфигурации UL и DL. Плохое покрытие UL NX могло быть одной из причин для таких решений и это позволило бы использовать доступный спектр NX DL в сочетании с LTE UL; когда есть плохое покрытие UL NX (особенно для более высоких частот), могло бы быть сильным стимулом для интеграции уровня MAC. Однако это потребует переноса информации управления физического уровня NX по каналам в восходящей линии связи LTE. Помимо добавления специфики NX в спецификации физического уровня LTE, это, вероятно, окажется довольно сложным из-за различной нумерологии и времен двухстороннего распространения сигнала LTE и NX. Например, ступенчатая остановка и ожидание HARQ в LTE использует фиксированную временную диаграмму, тогда как цель для NX заключается в поддержке варьирующейся временной диаграммы, чтобы поддерживать более гибкие развертывания с точки зрения местоположения основной полосы.

[1135] Тот же аргумент применяется к планированию перекрестных несущих между LTE и NX. Это привело бы к сильным зависимостям в спецификациях и ограничило бы возможности оптимизации физического уровня каждого доступа. Текущее состояние внутренней концепции NX заключается в том, что операции MAC для NX будут сильно отличаться от операций LTE, что усложняет агрегацию несущих, например, планирование UE для LTE+NX. Поэтому, если покрытие UL сильно ограничивает покрытие NX, решение с несущей NX DL, работающей на высокой частоте, может быть объединено с несущей NX UL, работающей на низкой частоте, возможно, мультиплексированной с несущей LTE UL, используя аналогичные методы, как для NB-IOT.

3.7.3.2 Интеграция уровня RLC

[1136] Интеграция уровня RLC обеспечивает независимую оптимизацию MAC и физического уровня каждого доступа, но при этом позволяет динамическое отображение передач и повторных передач RLC на разные виды доступа; см. фиг. 123. Однако, что касается интеграции уровня MAC, таймер переупорядочения RLC должен быть увеличен для покрытия переупорядочения из-за разных времен доставки пакетов нижних уровней, что замедлило бы повторные передачи RLC. В обычных условиях, повторные передачи RLC редки, и поэтому преимуществом является возможность повторного планирования повторной передачи RLC между доступами.

[1137] Интерфейс между RLC и MAC является тесно соединенным в LTE, где сегментирование выполняется на RLC и планирование (в основном, сообщение RLC запрашиваемого размера RLC PDU) выполняется на MAC. Функциональное разделение между RLC и MAC для NX еще не установлено, но если такое же разделение сохраняется, интеграция уровня RLC имеет те же ограничения, что и интеграция уровня MAC, когда дело доходит до поддержки транспортной сети.

3.7.3.3 Интеграция уровня PDCP

[1138] Функции PDCP для плоскости управления - это шифрование/дешифрование и защита целостности, в то время как для пользовательской плоскости основными функциями являются шифрование/дешифрование, сжатие заголовка и декомпрессия с использованием ROHC, доставка в последовательности, дублирование обнаружений и повторных передач (используется при передачах обслуживания (хэндоверах)). В отличие от RHY, MAC и RLC, эти функции не имеют строгих временных ограничений с точки зрения синхронности с нижними уровнями. Основным преимуществом интеграции уровня PDCP является то, что он обеспечивает отдельную оптимизацию нижних уровней для каждого доступа. Недостатком является то, что для этого может потребоваться довольно большая переделка MAC/RHY для NX, включая новые нумерологии и принципы планирования.

[1139] Интеграция уровня PDCP, показанная на фиг. 124, также поддерживает как идеальную, так и не идеальную транспортировку и, таким образом, может работать как в развертываниях с совместным

размещением, так и без совместного размещения. Тем не менее, могут поддерживаться некоторые из тех же функций координации, что и для интеграции нижнего уровня, например, балансировка нагрузки, агрегация пользовательской плоскости, разнесение плоскости управления, скоординированное планирование RAT. Разница заключается в меньшей степени детализации по сравнению с интеграцией нижнего уровня. Здесь доступ может выбираться на каждый PDU PDCP, а повторные передачи RLC являются специфическими для доступа. Одной из функций, которая не может обеспечиваться с помощью интеграции PDCP, является планирование перекрестных несущих (как в агрегации несущих), где обратная связь одного доступа может сообщаться в другом доступе.

[1140] Одним ограничением с интеграцией уровня PDCP является то, что для каждого доступа требуется как возможность соединения как восходящей линии связи, так и нисходящей линии связи, что означает, что асимметричные конфигурации в отношении UL и DL не поддерживаются.

3.7.3.4 Интеграция уровней RRC

[1141] Тесная интеграция LTE-NX основывается на интеграции уровня RRC, показанной на фиг. 125, для обеспечения общего управления связностью, мобильностью, конфигурируемостью и управлением трафиком между LTE и NX. Возможные варианты реализации RRC для тесной интеграции LTE-NX обсуждаются в разделе 2.1.

3.7.3.5 Вывод

[1142] В существующей интеграции мульти-RAT (например, между LTE и UTRAN), каждая RAT имеет свой собственный стек протоколов RAN и свои собственные базовые сети, где обе базовые сети связаны через меж-узловые интерфейсы. Когда пришло время интеграции между NX и LTE, были предложены усовершенствования.

[1143] Первым этапом в этом направлении является общая интеграция CN. В случае, когда каждая RAT имеет свой собственный стек протоколов RAN, но базовая сеть (и интерфейс CN/RAN) является общим, новые базовые NF ядра 5G могут использоваться как LTE, так и новым радиоинтерфейсом. Это имеет потенциал для сокращения жестких задержек хэндовера и обеспечения более непрерывной мобильности. С другой стороны, потенциальная координация мульти-RAT ограничена. На основе характеристик проектирования NX и анализа для различных альтернатив для уровня интеграции, интеграция размещена на уровнях PDCP/RRC.

3.7.4. Характеристики тесной интеграции

[1144] В этом разделе описано, какие характеристики могут быть реализованы решением для тесной интеграции. Краткое описание характеристик показано на фиг. 126, в предположении, что реализация RRC на основе общего RRC с RRC в LTE расширена, чтобы охватывать новые процедуры NX и действовать как своего рода MeNB (см. раздел 2.1).

3.7.4.1 Разнообразие уровней управления

[1145] Интеграция уровня RRC для LTE и NX, как описано в разделе 2.1, обеспечивает единую точку управления в сети и UE для выделенной сигнализации. Чтобы повысить надежность сигнализации, сообщения с этой точки могут дублироваться на уровне линии связи, причем копии сообщения RRC передаются через отдельные линии связи на UE с двойным радио (UE типа #1). В предпочтительной архитектуре, это разделение выполняется на уровне PDCP, так что PDU PDCP дублируются в точке передачи, и каждая копия отправляется по отдельной линии связи в UE, и дублированное обнаружение выполняется в принимающем объекте PDCP для удаления избыточных PDU PDCP.

[1146] Эта характеристика может применяться как в восходящей линии связи, так и в нисходящей линии связи. В нисходящей линии связи сеть может решить использовать одну или другую линию связи. Одним существенным аспектом этой характеристики является то, что для переключения линии связи, которая предполагает, что приемопередатчик UE должен быть способен принимать любое сообщение по любой линии связи, не требуется явная сигнализация. Основное преимущество этой характеристики состоит в том, чтобы обеспечить дополнительную надежность без потребности в явной сигнализации для переключения радиоинтерфейса, что могло бы быть важным для выполнения требований сверхнадежности определенных приложений в сложных условиях распространения, где соединение на одном радиоинтерфейсе теряется настолько быстро, что никакая явная "сигнализация переключения" не могла бы быть выполнена.

[1147] Эта характеристика также может использоваться, например, во время процедур мобильности, где линии связи NX могут так быстро ухудшаться, что тот факт, что UE может просто использовать линию связи LTE без необходимости какой-либо дополнительной сигнализации, является выгодным. С разнесением, UE может отправлять отчеты об измерениях как через LTE, так и NX, так что в сети доступны последние измерения для принятия решений для хэндовера. В том же сценарии команды хэндовера могут быть отправлены как посредством LTE, так и NX.

3.7.4.2 Быстрое переключение плоскости управления

[1148] Быстрое переключение плоскости управления является одной возможной альтернативой разнесению плоскости управления, которая полагается на интеграцию уровня RRC, и которая позволяет UE соединяться с одной точкой управления через NX или LTE и быстро переключаться с одной линии на другую (без необходимости интенсивной сигнализации настройки соединения). Надежность может быть

не такой высокой, как в разнесении плоскости управления, и для обеспечения возможности переключения линии связи потребуется дополнительная сигнализация по сравнению с разнесением плоскости управления. Решение не допускает одновременного приема/передачи. С другой стороны, одним из преимуществ является то, что решение будет работать для всех типов UE, определенных в разделе 3.7.2.2.

[1149] Эти два решения можно рассматривать как альтернативы, но также могут быть взаимодополняющими, когда первое решение можно использовать только в критических сценариях для повышения надежности. Их можно рассматривать как различные режимы работы, настраиваемые в UE, в зависимости от различных процедур/сообщений или типов UE.

3.7.4.3 Разнесение плоскости управления UL и быстрое переключение плоскости управления DL

[1150] Определены некоторые потенциальные проблемы для решения быстрого переключения управления, например, обработка RLF. Затем, в качестве более экспериментальной альтернативы, был предложен гибридный с разнесением уровня управления. Этот гибридный включает в себя разнесение плоскости управления в восходящей линии связи (UE может отправлять сообщения RRC через NX и/или LTE, когда сеть готова принимать эти сообщения из одного/обоих доступов) и быстрое переключение плоскости управления в нисходящей линии связи, где сеть информирует UE, какой доступ оно должно прослушивать для приема сообщений RRC, т.к. сеть передает только через один доступ.

[1151] Решение может рассматриваться как откат в случае, если решение разнесения плоскости управления слишком сложное, например, в случае типа UE типа #3, которое может быть упрощено в случае разнесения плоскости управления. Следует отметить, что в случае, если два доступа не сильно синхронизированы или передаются в разных диапазонах, UE, возможно, потребуется повторно получать синхронизацию каждый раз, когда ему необходимо передавать по другому доступу, что может потребовать времени, делая его менее подходящим для критических процедур. Еще одна проблема, позволяющая использовать эту характеристику посредством UE типа #3, заключается в том, что требуется еще больше времени, чтобы достоверно обнаружить, что UE не удалось выполнить "первый" доступ, а затем "найти" подходящее соединение для другого доступа. Один из способов решения этой проблемы состоит в том, чтобы конфигурировать UE для постоянного мониторинга вторичного доступа для готовности. Возможный недостаток этого решения в том, что оно может потреблять дополнительный ресурс батареи питания UE и вынуждать выполнять некоторые дополнительные передачи DL на стороне NX.

3.7.4.4 Агрегация пользовательской плоскости

[1152] Агрегация пользовательской плоскости имеет два разных варианта. Первый вариант называется агрегацией потока, которая позволяет агрегировать один поток по нескольким радиointерфейсам. Другой вариант называется маршрутизацией потока, где поток данных пользователя отображается на один радиointерфейс, так что разные потоки одного и того же UE могут отображаться на NX или LTE. Эта опция требует функции отображения потоков на разные каналы-носители в базовой сети.

[1153] Преимущества агрегации пользовательской плоскости включают в себя увеличение пропускной способности, объединение ресурсов и поддержку непрерывной мобильности. Эта функция работает только для UE типа #1, если предполагается интеграция уровня PDCP.

3.7.4.5 Быстрое переключение пользовательской плоскости

[1154] Для этой функции, вместо агрегации пользовательской плоскости, UE использует одновременно только один радиointерфейс, опираясь на механизм быстрого переключения между ними. Помимо предоставления объединения ресурсов, непрерывной мобильности и надежности, основное преимущество заключается в том, что она применяется для типов UE #1, #2 и #3, где одновременно используется только один доступ. Ожидается, что быстрого переключения может быть достаточно в сценарии, когда один доступ обеспечивает значительно более высокую пропускную способность пользователя, чем другой, тогда как агрегация пользовательской плоскости обеспечивает дополнительный значительный выигрыш в пропускной способности в сценариях, где производительность доступа более сходна.

3.8 Работа в общем спектре

[1155] Важно, чтобы NX можно было развернуть во всех диапазонах частот, которые доступны для 5G, включая диапазоны частот, выделенные для совместной работы. Как следствие, система NX должна иметь возможность совместно использовать спектр с другими системами NX и/или различными технологиями, такими как LTE и WiFi, на той же несущей. Акцент сделан на операции TDD, предполагающей полудуплексную передачу, но возможен полный дуплекс, обеспечивающий более агрессивный механизм совместного использования.

3.8.1 Сценарии совместного использования

[1156] На фиг. 127 приведено краткое описание типов спектра и сценариев использования для систем NX. Помимо лицензированного специального использования, очевидно, что совместное использование спектра обычно делится на следующие категории:

вертикальное совместное использование относится к совместному использованию спектра между системами с различным приоритетом (например, первичной и вторичной), с неравными правами доступа к спектру;

горизонтальное совместное использование - это совместное использование между системами, которые имеют одинаковые приоритеты в спектре, где разные системы имеют равные права доступа к спек-

тру. Если системы совместного доступа в спектре используют одну и ту же технологию, это называется однородным горизонтальным совместным использованием, например, совместным использованием между операторами на той же несущей/канале; в противном случае это называется неоднородным горизонтальным совместным использованием, например, LTE с WiFi. Однородное горизонтальное совместное использование также может применяться в лицензированном режиме между различными операторами, использующими одну и ту же технологию.

[1157] Ожидается, что NX будет охватывать диапазоны спектра 1~100 ГГц, где наиболее перспективный совместно используемый спектр соответствует следующим категориям:

случай А: нелицензированные диапазоны, такие как 5 ГГц и 60 ГГц, которые уже доступны для развертывания сети. Это наиболее типичный случай совместного использования спектра и многообещающий для развертывания пользователем сценария (например, предприятия), поскольку пользователю не нужно координировать работу с операторами при работе в нелицензированном диапазоне;

случай В: Совместные первичные лицензированные диапазоны с меж-операторским горизонтальным совместным использованием, особенно выше 30 ГГц, которые, как оказалось, выгодны. Эффективность спектра может быть значительно улучшена за счет введения меж-операторского совместного использования, особенно для среды с низким уровнем помех с massive MIMO в NX;

случай С: Работа в диапазонах LSA как вторичных систем без или с горизонтальным совместным использованием. Технологии вертикального совместного использования могут открыть путь системам 3GPP для использования большего спектра и облегчения глобальной гармонизации спектра. Аналогичным образом, межоператорское горизонтальное совместное использование может быть действенным также в полосах LSA.

3.8.2 Мотивации и требования

[1158] Современные системы 2G, 3G и 4G в основном используют лицензированный выделенный спектр для развертывания сети. Однако системы NX, нацеленные на 5G со значительной шириной полосы, нуждаются в значительно большем спектре, чем сегодня, и трудно найти достаточное количество диапазонов для достижения этого с использованием лицензированного выделенного спектра. Кроме того, системы NX более вероятно будут обслуживать новые сценарии приложений, такие как предприятия, которые поддерживают работу с совместно используемым спектром. Поэтому совместно используемый спектр играет важную взаимодополняющую роль в использовании спектра для систем NX.

[1159] В совместно используемом спектре, где несколько систем могут сосуществовать и создавать помехи друг другу, существует потребность в правилах сосуществования. В общем, нет защиты, которую пользователь может ожидать, от помех при работе в нелицензированном режиме, но преднамеренные излучатели, задействованные в связи, должны следовать правилам, призванным минимизировать помехи другим устройствам, использующим данный диапазон. FCC разработала такие правила равноправного сосуществования в нелицензированных диапазонах, как и CEPT в ассоциации с ETSI. Существующие правила обычно обеспечивают спектральную маску, которая ограничивает полную мощность и спектральную плотность мощности (PSD), которую может использовать каждый передатчик. Кроме того, существуют производные протоколы, которые иногда довольно либеральны в той степени, в которой передатчик может получить доступ к каналу, а в других случаях являются более ограничительными; протоколы сосуществования, обычно соблюдаемые в диапазоне 5 ГГц, допускают либеральный подход в США и ограничивают пользователей, чтобы следовать прослушиванию перед передачей в Европе.

[1160] Проблема совместного использования сама по себе не является новой, поскольку многие устройства в нелицензированных диапазонах 2,4 ГГц и 5 ГГц уже работают в режиме, неблагоприятном по отношению к близким устройствам. До сих пор правила FCC были зависимыми от диапазона и нейтральными к технологии. В диапазонах 2,4 ГГц и 5 ГГц WiFi устанавливается как доминирующая технология, чаще всего использующая некоторый механизм прослушивания перед передачей (LBT), чтобы обеспечить равноправное сосуществование и глобальную релевантность. Это установило LBT как де-факто метод для обеспечения равноправности. Новые технологии, такие как лицензированный поддерживаемый доступ (LAA) для LTE, также приняли LBT, чтобы обеспечивать равноправность. Стандарт IEEE 802.11 также предлагает методы сосуществования в новой поправке 'ad' для 60 ГГц, но общее использование этого диапазона не может применять LBT равномерно, поскольку ожидается, что пространственная изоляция между пользователями часто может сделать активное зондирование канала ненужным. Недавно FCC предложила расширить диапазон 60 ГГц с нынешних 57-64 ГГц до включенных 64-71 ГГц.

[1161] Использование новых диапазонов для совместно используемого спектра можно ожидать другом месте в будущем, и NX должно иметь возможность работать в таком спектре. Остается увидеть, как регулирующие органы будут справляться с равноправным сосуществованием при использовании новых технологий и новых диапазонов. Для вертикального совместного использования, основная работа заключается в установлении регулируемыми органами координационного интерфейса с первичными системами, что мало влияет на структуру радио для систем NX, например, поддержку базы геолокации (GLDB). Поэтому основное внимание уделяется тому, как системы NX проектируются для решения горизонтального совместного использования между различными операторами или системами. Нелицензированные

диапазоны, такие как 2,4 ГГц и 5 ГГц, уже используются несколькими технологиями доступа, например 802.11 (WiFi). В настоящее время в 3GPP разрабатывается лицензированный поддерживаемый доступ (LAA), который позволяет LTE работать в нелицензированных диапазонах и сосуществовать с системами WiFi. LAA для LTE имеет потенциал для лучшего покрытия и более высокой спектральной эффективности по сравнению с WiFi. Этот этап, связанный с горизонтальным совместным использованием технологии 3GPP, обеспечивает прочную основу для работы NX в общем спектре.

[1162] NX имеет некоторые характеристики, которые облегчают работу в совместно используемом спектре по сравнению с LTE:

- меньшая степень детализации во временной области (см. 2.3.2), например, подкадр 62,5 мкс;
- гибкая схема HARQ; нет строгого времени для ACK/NACK и повторной передачи (см. 2.2.8);
- гибкий TDD (см. 2.3.2.1); передача UL планируется и разрешается в любом подкадре;
- полнодуплексный режим;
- передача данных на конкурентной основе в восходящей линии связи (см. 2.2.6);

Massive MIMO с формированием луча высокого усиления (см. 3.4) обеспечивает изоляцию и во многих случаях снижает помехи. Однако формирование луча высокого усиления может также вызвать проблемы с механизмом сосуществования, таким как "прослушивание перед передачей". Подробности описаны в последующих разделах.

3.8.3 Механизм сосуществования для горизонтального совместного использования

[1163] Прослушивание перед передачей (LBT) - это самый гибкий инструмент для поддержки горизонтального совместного использования по следующим причинам: а) распределенная структура без необходимости обмена информацией между различными сетями или узлами; б) он может реализовать поддержку сосуществования с разными операторами или системами одновременно. В разделе 3.8.3.1 представлена концепция LBT с формированием лучей высокого усиления и рассматриваются возможные проблемы, связанные с massive MIMO в сочетании с LBT. Затем в разделе 3.8.3.2, для решения некоторых проблем, вводится механизм прослушивания после передачи (LAT). Наконец, в разделе 3.8.3.3 обобщены сценарии приложений для обоих механизмов в соответствии с анализом.

3.8.3.1 Прослушивание перед передачей с формированием луча высокого усиления

[1164] Важной идеей LBT является то, что исходный узел (SN) прослушивает, чтобы проверить состояния канала, прежде чем он фактически передает к узлу-получателю (DN). Другими словами, режим LBT по умолчанию для SN - это "не отправлять", и данные отправляются только тогда, когда подтверждается, что канал доступен при прослушивании. Здесь 'доступен' означает, что запланированная передача не будет ни создавать помехи, ни испытывать помехи от текущей передачи. Таким образом, предположение заключается в том, что воспринимаемая мощность на стороне SN представляет собой мощность помех на стороне DN. Однако, когда воспринимаемая мощность на стороне SN намного меньше мощности помех на стороне DN, может возникнуть проблема скрытого узла, когда канал считается доступным, но фактически является занятым. Напротив, проблема открытого узла может возникать, когда воспринимаемая мощность намного больше мощности помех, когда канал считается занятым, но фактически не занят. В существующих системах WiFi или LAA для LTE, эти проблемы уже существуют, но они не настолько серьезны и могут быть отрегулированы путем установки допустимого порога обнаружения. Вероятность таких проблем, возникающих при использовании LBT, приемлема в соответствии с оценками и практическими применениями в существующих системах WiFi или LAA для LTE. Для LBT также можно учитывать, сколько времени требуется, чтобы воспринимать (зондировать) каждую передачу. Для этой цели, для LBT вводится счетчик отката. Счетчик генерируется случайным образом, когда SN хочет передать данные и уменьшается, если канал воспринимается в ожидании. По его истечении, SN рассматривает канал как незанятый и может начать передавать данные в канале.

[1165] Для систем NX с большими антенными решетками, для передачи данных доступно формирование луча высокого усиления. Это усугубляет проблемы скрытых и открытых узлов. Благодаря формированию луча высокого усиления, фаза восприятия мощности выполняется с направленным формированием луча, указывающим в том направлении, в котором узлу желательно передать сигнал. В этом случае, разные ориентированные направления могут приводить к разным мощностям приема.

[1166] На фиг. 128 показаны примеры проблем скрытых узлов и открытых узлов. На фиг. 128a, AN1 передает данные в UE1 и AN2 прослушивает. Поскольку он не находится в TX-покрытии AN1, AN2 считает, что канал доступен и, таким образом, начинает передавать данные в UE2. Но на самом деле UE1 испытывает помеху от передачи AN2 из-за того, что он находится в TX-покрытии AN2. Причиной этого является то, что воспринимаемая мощность в AN2 намного меньше мощности помех на стороне UE1 из-за разности направлений. Напротив, проблема открытого узла проиллюстрирована на фиг. 128b.

[1167] Большее количество антенн (например, 100 антенн на стороне AN) приводит к менее корректному LBT, с более серьезными проблемами скрытых узлов и проблемами открытых узлов. Здесь "корректный" означает "канал, обнаруженный как занятый, фактически испытывает помеху", и "канал, обнаруженный как доступный, фактически не испытывает помеху". Это может привести к ухудшению производительности, как по средней пропускной способности системы, так и по пропускной способности пользователя на краю соты.

[1168] В системах WiFi предлагается механизм квитирования установления связи путем запрос на передачу/готовности к передаче (RTS/CTS) для решения проблемы скрытых узлов, вызванной восприятием физической несущей. Это дополнительный метод осуществления восприятия виртуальной несущей к восприятию физической несущей. Когда восприятие физической несущей указывает, что канал в ожидании, SN данных передает RTS в DN, а затем DN отвечает с помощью CTS, чтобы выполнить квитирование установления связи. Соседние узлы, слушающие RTS и CTS, откладывают свою передачу, так что проблемы со скрытым узлом нет. Однако это делает проблему с открытым узлом более серьезной, а также вводит дополнительные непроизводительные издержки для передачи RTS/CTS перед передачей данных. Рассматривая проблемы в случае формирования луча высокого усиления, проблема открытых узлов уже является проблемой, и RTS/CTS может выразить ее. Кроме того, вероятность помехи намного меньше в случае формирования луча высокого усиления, это означает, что большая часть непроизводительных издержек RTS/CTS до передачи данных необязательна. По этим причинам, традиционный механизм RTS/CTS не является хорошим решением для проблемы скрытых узлов и проблемы открытых узлов в случае формирования луча высокого усиления.

3.8.3.2 Механизм прослушивания после передачи (LAT)

[1169] Для решения вышеупомянутой проблемы со скрытым и открытым узлом в случаях больших антенн вводится так называемый механизм прослушивания после передачи. Причиной возникновения таких серьезных проблем для LBT является большая разница между воспринимаемой мощностью на стороне SN (например, AN2 на фиг. 128) и мощностью помех на стороне DN (например, UE1 на фиг. 128) в случае формирования лучей высокого усиления. Таким образом, LAT использует приемник для непосредственного восприятия канала. Еще одна мотивация для использования LAT - это ситуации с низкими помехами, где меньше конфликтов для простой прямой передачи. По этой причине LAT использует противоположную логику по сравнению с LBT следующим образом: режим по умолчанию для передатчика - "отправлять", и данные не отправляются, только когда подтверждается, что канал занят создающими помехи передачами. Важная идея состоит в том, что SN передает в любом случае, когда поступают пакеты данных, а затем решает конфликт, обнаруженный DN в соответствии с координационной сигнализацией.

[1170] Для четкого определения LAT предполагаются следующие определения:

время ожидания предполагается после непрерывной передачи данных. Это разумно для нелицензированного диапазона, поскольку всегда существуют правила ограничения использования канала, например, SN должен прекратить передачу и войти в состояние ожидания после того, как непрерывное время передачи превысит заданный порог;

сообщение "уведомить, чтобы отправлять" (NTS): это сообщение может быть передано посредством SN или DN, включая информацию о линии связи, которая будет передавать данные и ожидаемую длительность времени занятости;

сообщение "уведомить, чтобы не отправлять" (NNTS): это сообщение передается от DN, сообщая его SN не передавать данные в указанный промежуток времени.

[1171] Здесь приводится краткое описание процедур SN и DN. Во-первых, функция прослушивания на стороне DN запускается, когда она обнаруживает помехи и не может принять данные. Затем DN подавляемой линии связи координирует передачу данных с SN подавляющей линией(ями) связи. Наконец, координация выполняется во время ожидания подавляющей линии связи. Один пример показан на фиг. 129, где AN2→UE2 испытывает помеху от AN1→UE1. Когда UE2 не может декодировать данные, оно начинает искать период ожидания подавляющей линии связи, и отправляет сообщение NTS в направлении AN2. Поскольку UE2 испытывает помеху от AN1, AN1 также может принять сообщение, а затем отложить передачу, как указывает NTS. Кроме того, NTS также указывает, когда AN2 остановит передачу и прослушивание, период ожидания AN2→UE2. Затем AN1 передает NTS, которое может быть принято посредством UE2. Наконец, NNTS ретранслируется посредством UE2, чтобы дать знать своему передающему AN2, какой ресурс занят подавляющей линией связи, и не передавать. По этой схеме передача этой пары помех (AN1-UE1 и AN2-UE2) координируется распределенным способом, чтобы передавать данные по очереди.

3.8.3.3 Краткие выводы

[1172] Как LBT, так и предлагаемая схема LAT направлены на устранение помех между операторами или системами для достижения хорошего сосуществования. Поэтому, принимая во внимание их различные идеи проектирования, в табл. 16 приведены требования и возможный случай применения следующим образом:

Таблица 16

Сравнение между режимами прослушивания перед передачей и прослушивания после передачи

Схема сосуществования	Структура	Прослушивающий Узел	Сигнализац я	Сценарий
LBT	Распределенная	Только SN	Опционально	От малого до среднего усиления антенны
LAT	Распределенная	Как SN, так и DN	Обязательно	Большое усиление антенны

[1173] Из приведенного выше сравнения, схема LAT включает в себя прослушивание RX и, таким образом, сигнализацию между узлом-источником (SN) данных и узлом-получателем (DN) данных, например, NTS и NNTS. Для схемы LBT, прослушивает только SN данных, тогда как для решения проблемы скрытых узлов может быть использована дополнительная сигнализация. Другими словами, квитирование установления связи RTS/CTS может быть стандартизировано в протоколе WiFi. Тем не менее, RTS/CTS не может решить проблему открытых узлов, которая может серьезно снизить частоту повторного использования в случае большой антенны.

[1174] LBT может хорошо работать для достижения сосуществования с использованием умеренного усиления антенны (AN с менее чем 16 антеннами). Однако для случая с высоким усилением антенны могут использоваться альтернативные решения, включая LAT.

3.8.4 Передача данных на основе LBT

[1175] В этом разделе описывается, как включить LBT в структуру кадра NX для физических каналов данных и управления, определенных в разделе 2.3.3. Для целей настоящего раздела предполагается, что передача данных DL и UL подчиняется LBT. Это мотивируется предположением, что LBT необходимо для работы в диапазонах 2,4 ГГц и 5 ГГц. Для новых частотных диапазонов на более высоких частотах, где ожидается использование высокого усиления антенны, могут использоваться другие механизмы совместного использования, такие как LAT. Для NX, каналы, связанные с передачей данных, определяются как введенные в 2.3.3, например, физический канал управления (PDCCH) и физический канал данных (PDCH). PDCCH используется для планирования PDCH, который может вместить данные DL или UL.

[1176] Чтобы уменьшить задержку передачи восходящей линии связи, cPDCH был введен для обеспечения доступа на конкурентной основе, как описано в разделе 2.2.3. С помощью cPDCH вводится полупостоянное предоставление, которое может быть назначено нескольким UE. Ссылаясь на обсуждение в разделе 2.2.6, cPDCH используется для передачи исходных данных в восходящей линии связи способом на конкурентной основе. В разделе 2.2.6 также описано, как механизм LBT может быть добавлен в cPDCH для доступа в выделенном спектре для дальнейшего повышения производительности.

3.8.4.1 Передача данных DL на основе LBT

[1177] Для передачи данных DL существуют две различные возможности передачи данных DL: PDCH, запланированный посредством PDCCH, или применение обработки ресурсов на конкурентной основе, аналогично той, которая была разработана для DL с использованием cPDCH. В этом разделе, эти методы доступа должны сопровождаться LBT.

[1178] Принцип использования PDCH для передачи данных DL на основе LBT показан на фиг. 130, которая иллюстрирует пример передачи DL, переносимой PDCH, на стороне eNB. Во-первых, eNB начинает воспринимать M символов канала перед PDCCH. Затем выполняется механизм отката, чтобы определить, все ли в порядке, чтобы передавать данные, путем восприятия физической несущей. По истечении случайным образом генерируемого счетчика отката, eNB вставляет сигнал резервирования, чтобы занять канал до границы PDCCH. Если несущая определяется как в ожидании, eNB планирует передачу данных посредством передачи PDCCH в UE, включая индикатор назначения DL (все UE, которые ожидают приема данных на конкретном ресурсе, должны контролировать PDCCH). Наконец, eNB передает данные соответствующим образом. PDCCH и PDCH совместно расположены на непрерывном ресурсе, как указано в разделе 2.3.

[1179] В разделе 2.2, cPDCH обсуждается только для передачи UL. Здесь показывается, что cPDCH также может использоваться для передачи DL на основе LBT. Перед передачей DL с использованием cPDCH, eNB необходимо конфигурировать UE для мониторинга совместно используемых ресурсов, чтобы определить, имеются ли для них передачи cPDCH. Если данные DL для этих сконфигурированных UE приходят, eNB начинает воспринимать канал на этих ресурсах и выполняет прослушивание перед передачей, как показано на фиг. 131. (Следует отметить, что более длинный случайный счетчик отката по сравнению с тем, что используется для данных UL, обеспечивает приоритет для данных UL, передаваемых с помощью cPDCH на основе LBT). При определении ожидания, eNB немедленно отправляет пакет данных DL со специальным форматом по сравнению с форматом, переносимым PDCH, в cPDCH.

Весь специальный пакет включает в себя преамбулу и заголовок, содержащие несколько полей (например, длительность данных, идентификатор DN и т.д.) до полезной нагрузки данных DL, чтобы UE могло знать начало и конец данных, предназначенных для него.

[1180] Использование cPDSCH в DL, таким образом, в некоторых отношениях аналогично тому, как данные передаются WiFi в DL. Однако ресурсы cPDSCH конфигурируются посредством MAC. Таким образом, это можно рассматривать как конкуренцию MAC над запланированным MAC. При низкой нагрузке, ресурсы для cPDSCH могут быть сконфигурированы с большой задержкой для UL и DL; при средней и высокой нагрузке трафика, ресурсы для cPDSCH могут быть установлены меньшими, чтобы иметь больше планирования MAC.

3.8.4.2 Передача данных UL на основе LBT

[1181] Для передачи данных UL существуют также два варианта передачи LBT: UL, переносящая PDSCH, запланированный cPDSCH, и UL, переносящая конкурирующий cPDSCH. Для инициированной UE передачи на PDSCH, UE сначала отправляет запрос планирования UL с использованием cPDSCH на совместно используемом ресурсе, а затем PDCCH используется для информирования UE, когда он может передавать. Чтобы уменьшить задержку, cPDSCH можно использовать для переноса данных напрямую, как указано в разделе 2.2.6.

[1182] Во-первых, для UE должен быть сконфигурирован ресурс cPDSCH. Затем UE с данными UL начинает воспринимать канал на границе, начинающей cPDSCH, как показано на фиг. 132, где проиллюстрирован пример передачи данных UL в cPDSCH. LBT выполняется на стороне UE до тех пор, пока счетчик отката не истечет. Более короткое окно генерации случайного таймера отката используется, по сравнению с таковым для данных DL, для приоритизации его передачи. Когда канал определяется как в ожидании, UE отправляет данные UL, включая отчет о состоянии буфера в cPDSCH. Отметим, что передача в cPDSCH не ограничивается начальными данными UL.

[1183] Другой вариант передачи данных UL - это планирование данных UL, переносимых PDSCH. Предполагается, что запрос планирования UL и отчет о состоянии буфера уже доступны в eNB. Для выполнения такой передачи есть два этапа, как показано на фиг. 133, где проиллюстрирован пример передачи данных UL в PDSCH. Во-первых, предположим, что конкуренция за передачу PDCCH успешна на стороне eNB. Затем eNB передает PDCCH, включая предоставление планирования предоставления UL для UE. Затем UE обнаруживает PDCCH и готово к отправке данных UL, когда LBT успешно после периода LBT, показанного на фиг. 133.

[1184] Одна из проблем с данными UL, переносимыми PDSCH, запланированным PDCCH, заключается в том, что предоставленный UL ресурс не используется, если LBT на стороне UE безуспешен, что приводит к тратам ресурсов. Одним решением этой проблемы является применение возможности группового предоставления для разных UE в частично перекрывающемся ресурсе. Например, как показано на фиг. 134, которая иллюстрирует связь предоставления DL и UL, одно предоставление DL планируется, чтобы начинаться вскоре после возможности предоставления ресурсов UL. Таким образом, eNB сначала декодирует в первых подкадрах: если CRC проверяет наличие данных UL, и eNB может продолжать принимать оставшуюся часть передачи данных UL; в противном случае eNB запускает процедуру DL LBT для инициирования передачи DL. Следует отметить, что UE с предоставлением в перекрывающемся ресурсе предпочтительно должны быть тщательно выбранными, чтобы увеличить вероятность успешной конкуренции за ресурс. Например, если выбраны UE с большим расстоянием в одной соте, разумно предположить, что они имеют разное состояние канала. Тогда, пока по меньшей мере один из них будет успешным, ресурс будет занят.

3.8.5 Передача на основе LBT для системной плоскости

[1185] Для поддержки автономной работы в совместно используемом спектре необходимо также рассмотреть передачу системной плоскости (см. раздел 3.2). Как указано в разделе 2.3.4.1, периодические передачи индекса сигнатурной последовательности (SSI) и таблицы информации доступа (AIT) являются основополагающими для первоначального доступа UE. Однако работа в совместно используемом спектре может привести к неопределенности периодической передачи, и поэтому их передача в соответствии с ограничениями LBT должна быть тщательно спроектирована. Подробности приведены в следующих подразделах.

3.8.5.1 Передача SSI

[1186] В проектировании системы NX для лицензированного диапазона, SSI представляет собой строгую периодическую передачу сигнальной последовательности (например, каждые 100 мс) для обеспечения синхронизации. Кроме того, последовательность распределяется в заранее определенной группе поднесущих, например, небольшом числе возможных положений рабочей несущей.

[1187] При работе в совместно используемом спектре, желательно гораздо большее количество последовательностей SSI-кандидатов, чтобы уменьшить вероятность того, что SSI из разных некоординированных сетевых узлов будут разными. В другом аспекте, LBT должно выполняться в процессе передачи SSI. В частности, eNB начинает прослушивать в определенное время (например, 4 подкадра) до времени периодической передачи SSI. Когда произвольно генерируемый счетчик отката истекает, сигнал резервирования вставляется до времени передачи SSI, чтобы избежать вставки других. Чтобы приорите-

зировать передачу SSI по сравнению с передачей данных, используется более краткое окно конкуренции, чем для передачи данных, например, $Q=8$ для SS и $Q=20$ для данных, где $[0, Q]$ - диапазон для случайного счетчика отката. Поскольку передача SSI находится только в небольшом числе возможных положений в несущей, передача DL данных или фиктивные сигналы передаются в других поднесущих одновременно, как показано в примере передачи SSI, проиллюстрированном на фиг. 135, так что другие прослушивающие устройства могут рассматривать эту несущую как занятую или используемую зондированием энергии. Здесь также может помещаться AIT или другая полезная системная информация.

[1188] Однако есть возможность, что LBT завершится с ошибкой при передаче SSI. Чтобы облегчить такую проблему, могут быть предопределены множественные позиции-кандидаты для передачи SSI, например три пунктирных блока ресурсов на фиг. 135. Для того же SSI, дополнительные последовательности используются для указания смещения времени передачи. eNB еще начинает контролировать несущую до первой позиции-кандидата. Если LBT терпит неудачу до начальной точки первой позиции, eNB продолжает отслеживать канал и ищет возможность передавать SSI во второй или третьей позиции-кандидате с различными последовательностями. Следует отметить, что различные последовательности используются для указания предопределенного смещения в разных позициях. Один пример показан на фиг. 136, которая иллюстрирует конкуренцию передачи SSI: NX оператор 1 (OP1) и оператор 2 (OP2) имеют разные счетчики отката. Когда истекает счетчик OP1, eNB передает SSI. Затем OP2 считает этот канал занятым и останавливает откат. Когда SSI для OP1 заканчивается, OP2 завершает оставшееся время отката и передает.

3.8.5.2 Передача AIT

[1189] Способом, подобным тому, который используется при передачах SSI, eNB запускает LBT до периодической передачи AIT (например, каждые 100 мс). Во-первых, предполагается, что одна или более последовательностей вместе с AIT используются для UE для определения временной позиции передачи AIT, как это предусмотрено в разделе 2.3.3.4. Затем вводится одно предопределенное окно передачи, позволяющее передавать AIT при успешном LBT. Это окно передачи (максимальное смещение) должно указываться UE посредством сигнализации, для сканирования AIT вслепую. Как описано в разделе 3.2.2.2, информация SFN/временной диаграммы также предоставляется в содержании AIT. Здесь SFN/временная диаграмма указывает время в гранулярности 10 мс в NX, например, вместо 1 мс в LTE. Однако смещения передачи AIT могут возникать, как показано на фиг. 137, так что одно дополнительное поле желательно для указания смещения на миллисекундном уровне (менее 10 мс). Наконец, реальное время передачи AIT представляет собой комбинацию SFN/временной диаграммы и смещения по времени на миллисекундном уровне.

3.8.5.3 Процедура доступа к UE

[1190] UE выполняет поиск SSI и AIT для обновления системной информации, необходимой для первоначального доступа. После включения питания, UE сначала сканирует SSI, чтобы узнать, к какому узлу можно получить доступ. Из обнаружения SSI, UE может получить грубую синхронизацию путем корректировки временного смещения SSI, указанного ID последовательности SSI. Одновременно UE может знать SSI из обнаруженной последовательности. Если локальная AIT не имеет информации относительно необходимой информации для обнаруженного SSI, UE требуется сканировать AIT путем обнаружения автономной последовательности. Реальное глобальное время рассчитывается путем суммирования поля глобального времени и временного смещения для дальнейшего использования. Ссылаясь на раздел 3.2.2.2.2, процедура доступа UE обновляется с индикацией смещения в совместно используемом спектре, как показано на фиг. 138, которая иллюстрирует процедуру доступа UE в совместно используемом спектре. Разница (полужирный текст на фиг. 138) от лицензированной операции заключается в том, что смещение синхронизации получается из обнаружения SSI, и, таким образом, синхронизация подразумевает дальнейшую обработку, дополняя обнаруженное смещение. Кроме того, точное глобальное время от обнаружения AIT должно быть получено, рассматривая также поле смещения AIT, которое может использоваться для сканирования SSI.

3.9 Самоорганизующиеся сети

[1191] Характеристики самоорганизующейся сети (SON) были перечислены в требованиях LTE, а некоторые важные концепции, функции и процедуры значительно облегчили введение новых узлов, а также оптимизацию работы существующих узлов. Поэтому для NX естественно обеспечить по меньшей мере сопоставимый уровень автоматизации.

[1192] В этом разделе описываются фундаментальные концепции автоматизации для NX, в основном ориентированные на фазы раннего развертывания и работы. В тексте также приводятся комментарии о различиях с LTE. Автоматизация LTE BS в значительной степени зависела от выбора конструкции, подразумевая, что BS ширококестельно передают неизменно выделенные сигналы и идентификаторы. Такие ширококестельные передачи служили основой для широкого спектра функций, включая мобильность в режиме ожидания, начальный доступ, оценку частотного избирательного канала, измерения мобильности, позиционирование и т.д. Как описано в настоящем документе, структура NX позволяет избежать такой ширококестельной передачи как можно больше. Кроме того, как обсуждалось в разделе 3.10, желательно избегать ширококестельной передачи неизменной последовательности или идентифи-

катора во времени из той же конфигурации BS или антенны. Вместо этого можно управлять сетью NX в режиме (маскирующем, "запутанном" режиме), где передаваемые из антенной конфигурации последовательности и идентификаторы регулярно изменяются. Эти варианты конструкции влияют на NX RAN SON.

[1193] Введение новой базовой станции в сети NX подчинено нескольким задачам управления и автоматизации для обеспечения плавного введения. Эти задачи перечислены последовательно на фиг. 139 и более подробно рассматриваются ниже.

Планирование участка. Традиционно планируются участки базовой станции. Планирование включает в себя установление договора лизинга с арендодателем и принятие решения о месте соответствующего участка. Поскольку NX вводит новые концепции и функции, это также влияет на процедуру планирования участка. Потенциально, этот этап можно опустить подробно, в пользу более конкретной процедуры развертывания, где BS размещается в соответствующем месте во время посещения участка.

Установка соединения с системой OAM. После развертывания BS, необходимо установить контакт с системой OAM, чтобы подтвердить развертывание и связать аппаратные средства BS с запланированным участком. Система OAM также имеет возможность обновлять программное обеспечение BS и получать системные параметры. BS также может извлекать информацию о том, как создавать ретрансляцию и прямую трансляцию для реализации соединений транспортной сети, соединений базовой сети, соединений между базовыми станциями и т.д.

Установление доступа к системе. Системная плоскость сконфигурирована так, чтобы предоставить UE доступ к системе. Новая базовая станция должна быть включена в набор базовых станций, обеспечивающих доступ к системной плоскости, а системная плоскость должна быть сконфигурирована соответствующим образом.

Установление отношения BS. Благодаря автоматическому установлению отношений между BS, инфраструктура способна устанавливать связи между узлами, которые должны взаимодействовать и обмениваться информацией.

Создание отношений лучей. При использовании связи на основе луча между базовой станцией и UE, сеть может извлечь выгоду из установления отношений между лучами в разных точках передачи, а также между различными лучами из одной и той же точки передачи.

Оптимизация надежности мобильности. Мобильность в активном режиме NX поддерживается передачей опорных сигналов мобильности с формированием луча. Настройка процедуры мобильности включает в себя решение, когда целесообразно инициировать измерения мобильности, и когда инициировать процедуру хэндовера.

Самооптимизация и восстановление. В этом разделе рассматриваются только ограниченный набор процедур SON, а также другие процедуры, такие как управление идентификацией, балансировка нагрузки, оптимизация покрытия и пропускной способности, обработка аварийных событий и т.д.

3.9.1 Планирование участка, установление соединения с системой OAM и установление доступа к системе

[1194] Несмотря на стремления сделать конфигурацию и оптимизацию узла радиосетей широко автоматизированными, планирование участка включает в себя ручную работу, такую как лизинговые соглашения с арендодателями и предоставление по меньшей мере набора потенциальных участков, где могут быть реализованы развертывания участков. Часть планирования участка также может быть автоматической, например, для выбора участков для развертывания среди множества кандидатов и определения некоторых базовых параметров конфигурации, таких как тип и возможности базовой станции, тип и возможности транспортной сети, максимальная мощность передачи и т.д. Конфигурация может быть разделена на аппаратную конфигурацию и конфигурацию параметров. Последняя включает в себя предварительные конфигурации радио функций, идентификаторов, последовательностей, безопасности, взаимосвязей базовых станций, устанавливаемых соединений между базовыми станциями и т.д., где некоторые конфигурации параметров можно рассматривать как опциональные.

[1195] Объем конфигурации может варьироваться в зависимости от уровня распределенной автоматизации определенных параметров и процедур, если эта автоматизация проводится централизованно или если параметры предварительно сконфигурированы на основе планирования. Это также зависит от стратегии развертывания (см. также раздел 3.2), например:

А. Каждая базовая станция (традиционная базовая станция или кластер точек передачи, связанных хорошей транспортной сетью, совместно использующих один и тот же интерфейс с другими узлами) конфигурируется с конкретной конфигурацией доступа к системе и, таким образом, специфическим для базовой станции SSI.

В. Конфигурация доступа к системе совместно используется между базовыми станциями в том же регионе, и характеристики транспортной сети сильно различаются между разными базовыми станциями и могут быть неизвестны до развертывания.

С. Конфигурация доступа к системе совместно используется между базовыми станциями того же типа, что, например, может означать, что макро-базовые станции сконфигурированы с одним SSI, а микро-базовые станции с другим SSI.

[1196] В стратегии развертывания А, каждая базовая станция обеспечивает свой конкретный доступ к системе, и предпочтительно автоматическое планирование может конфигурировать доступ к системе. В случае базовых станций в форме кластеров с точками передачи, они могут уже первоначально иметь предварительно сконфигурированные соединения между точками передачи в кластере, чтобы обеспечить координацию приемов и передач. После развертывания, конфигурация доступа к системе может быть автоматически переконфигурирована для адаптации к локальным условиям. Эти локальные условия радиосвязи могут быть изучены с течением времени на основе комбинации измерений UE и BS.

[1197] В стратегии развертывания В цель заключается в обеспечении доступа к региональной системе. Поэтому конфигурация доступа к системе может быть первоначально запланирована так же, как и в стратегии А. После развертывания базовые станции могут быть переназначены в новые регионы доступа к системе на основе локальных условий радиосвязи. Эти локальные условия радиосвязи могут быть изучены с течением времени на основе комбинации измерений UE и BS. Транспортная сеть может быть очень различной и подвержена различной задержке, ограничивая возможности координации.

[1198] В случае развертывания NX в области, где уже существует унаследованная система, существующие логические модели (отношения соседей, конфигурации областей отслеживания, статистика процедур произвольного доступа) могут использоваться для назначения базовой станции области доступа к системе (стратегия В) либо на этапе планирования, после установления соединения с системой ОАМ, либо после установления отношения между новой базовой станцией NX и унаследованной сетью.

[1199] Аналогичным образом, при использовании NX с различными типами базовых станций, каждый тип может быть ассоциирован с одной и той же конфигурацией доступа к системе (стратегия С). Это целесообразно, например, если конфигурация доступа к системе должна быть связана с мощностью передачи базовой станции.

[1200] Один из вариантов заключается в развертывании новых базовых станций со специфическим для BS доступом к системе (стратегия А) из набора конфигураций доступа к системе, используемых только для вновь установленных базовых станций. Когда достаточные знания о локальных условиях установлены, базовая станция назначается области доступа к системе (стратегия В).

[1201] Аналогичным образом, конфигурации областей отслеживания также могут подлежать (автоматическому) планированию до установки участка, централизованно определяться как часть начальных взаимодействий ОАМ или реконфигурироваться распределенным образом после развертывания базовой станции. Область отслеживания может зависеть от существующих конфигураций областей отслеживания в унаследованных сетях и может быть связана с областями доступа к системе.

[1202] В случае учета операций с запутыванием (маскированием) (раздел 3.10.3), когда некоторые опорные последовательности базовой станции и/или идентификаторы запутаны, базовой станции необходимо установить соединение с объектом управления позиционированием (РМЕ). Таким образом, базовая станция получает данные шифрования, время действия и т.д. о таких передачах. Некоторые из этих конфигураций предназначены для общих функций позиционирования, а некоторые для специальных функций позиционирования. Конфигурацию и оптимизацию произвольного доступа можно рассматривать как две части: во-первых, необходимо настроить конфигурацию параметров произвольного доступа для доступа к системе во взаимосвязи с конфигурацией доступа к системе в смежных областях, и во-вторых, должна быть установлена обработка произвольного доступа в области доступа к системе.

[1203] Для конфигурации параметров произвольного доступа, стратегия может заключаться в том, что базовая станция или система ОАМ собирает статистику произвольного доступа на основе измерений базовой станции (отсутствие принятых преамбул доступа к системе, отсутствие успешных/неудачных процедур доступа к системе, отсутствие принятых специфических для узлов преамбул произвольного доступа и т.д.) и/или отчеты об измерениях UE, связанных с процедурой произвольного доступа (количество переданных преамбул доступа к системе и специфических для узлов преамбул произвольного доступа, количество сбоев процедуры из-за конкуренции, количество преамбул, переданных с максимальной мощностью, и т.д.).

[1204] После того как системный доступ сконфигурирован и базовая станция работает, базовые станции и узлы области доступа к системе должны установить знания о перекрытиях приема и передачи узла в области доступа к системе и между областями доступа к системе. Конфигурация и настройка параметров нацелены на локально уникальные конфигурации доступа к системе, что означает, что набор сконфигурированных преамбул доступа к системе и специфических для узлов преамбул произвольного доступа, а также связанные ресурсы по времени, частоте и пространству могут быть изменены из-за совпадений со смежными областями доступа к системе.

[1205] В стратегии развертывания А и В такая статистика перекрытия также может использоваться для понимания того, какие лучи и узлы в области доступа к системе имеют все шансы принять преамбулу от UE, а также которые способны передавать ответ к такому UE. Не менее важно установить, какие лучи и узлы с областью доступа к системе вряд ли примут одну и ту же преамбулу от конкретного UE, или неспособны передать ответ на то же UE. Это знание может быть формализовано как отношения приема и передачи RA, а также отсутствие отношения приема и передачи RA.

[1206] На фиг. 140 показан пример такого перекрытия, где две области доступа к системе имеют

перекрытие и должны согласовывать конфигурации доступа к системе. Кроме того, в пределах области доступа к системе с SS1, узлы B1 и B2 имеют отношение RA (прием и передача, для простоты), как выводится на основе статистики, ассоциированной с UE 1 и подобными, тогда как узлы B1 и B2 имеют отсутствие отношения RA, как выводится на основе статистики, ассоциированной с UE 1 и UE2 и подобными. В случае стратегии развертывания B, такие отношения могут использоваться для координации ответов RA, конфигураций восходящей линии связи и обработки конкуренции между узлами. Для стратегии развертывания C, вместо этого можно использовать отношения при координировании специфических для узлов преамбул и ресурсов RA на более длинном отрезке времени.

3.9.2 Установление отношений базовых станций

[1207] Несмотря на усовершенствованные средства планирования радиосети, очень трудно детально предсказать радио распространение. Как следствие, трудно предсказать, какие базовые станции должны иметь отношение, а может быть, и прямое соединение до развертывания сети. Это было рассмотрено в LTE, где UE могли запрашиваться, чтобы извлекать уникальную информацию из ширококешательной системной информации неизвестных базовых станций и сообщать на обслуживающую базовую станцию. Такая информация использовалась для передачи сообщений на неизвестную базовую станцию через базовую сеть, которая поддерживала таблицу поиска из уникального идентификатора в установленное соединение S1. Одно такое сообщение использовалось для запроса информации адреса уровня транспортной сети, необходимой для прямого соединения от базовой станции к базовой станции для интерфейса X2. Для отношений базовой станции в контексте NX, базовая станция представляет собой объект, который завершает развитые интерфейсы X2 и/или S1.

[1208] Один из подходов к установлению таких отношений базовых станций заключается в предварительной конфигурации и последующем устранении ненужных отношений. Первоначальные отношения могут быть основаны на географической информации или логической информации, такой как отношения между всеми базовыми станциями внутри одного и того же кластера, взаимосвязанными посредством "хорошей" транспортной сети. Кроме того, исходные отношения могут быть очень легкими, чтобы обеспечить обширный набор исходных отношений базовых станций. Недостатком является то, что некоторые отношения базовых станций могут стать релевантными не первоначально, а через некоторое время из-за изменений в среде или в схемах мобильности UE. Альтернативой является регулярное установление обширных отношений базовых станций, а затем устранение ненужных отношений. Для стратегии развертывания A с кластерами точек передачи в одной и той же базовой станции, рационально, что в рамках кластера необходимы некоторые отношения, например, для координации доступа к системе, но все же может возникнуть необходимость в отношениях базовых станций к базовым станциям в разных кластерах и областях доступа к системе.

[1209] Поэтому сделан вывод о необходимости процедуры автоматического отношения базовой станции (ABR) в NX.

3.9.2.1 Сверхэкономная ширококешательная передача идентификатора базовой станции

[1210] ABR может основываться на аналогичной базе, что и ANR в LTE, где UE запрашивается для извлечения системной информации из другой базовой станции и сообщения назад в обслуживающую BS. Таким образом, процедура основана на ширококешательной передаче идентификатора базовой станции (BSID). Одна из задач состоит в том, чтобы объединить это со сверхэкономной схемой, в частности, относительно редкой ширококешательной передачей BSID по сравнению с SSI. Периодичность BSID может быть того же порядка, что и периодичность AIT, и даже ассоциированной с передачей AIT для эффективности базовой станции и UE. Отметим, что такие нечастые ширококешательные передачи BSID, скорее всего, соответствуют худшей характеристикой установления отношения реального времени по сравнению с LTE, но это допустимое ухудшение, учитывая преимущества более экономичных передач.

[1211] Кроме того, для эффективного извлечения UE BSID, UE извлекает выгоду из знаний о приблизительном пространстве поиска для BSID необслуживающих BS. Первая альтернатива основана на предположении, что базовые станции выровнены по времени на миллисекундном уровне, например, через некоторый протокол сетевого времени, и что BSID передаются в общесистемном или по меньшей мере региональном общем пространстве поиска с точки зрения UE. Это позволяет эффективно извлекать BSID также для разреженных ширококешательных передач BSID.

[1212] Вторая альтернатива учитывает, являются ли базовые станции не выровненными по времени или желательно ли поддерживать более гибкий шаблон ширококешательной передачи BSID между определенными областями. Затем шаблон передачи BSID может сигнализироваться как часть AIT и, следовательно, быть привязан к области доступа к системе. Однако такая схема требует, чтобы UE могло извлекать AIT везде, где желательно извлечь BSID. Например, может быть релевантным ширококешательно передавать BSID везде, где базовая станция имеет разумную возможность обслуживать подсоединенные UE, что, возможно, может быть более широкой областью, чем покрывает SSI/AIT.

[1213] Третья альтернатива заключается в том, чтобы полагаться на измерения UE в режиме ожидания. UE могут быть сконфигурированы для мониторинга и регистрации SSI, AIT и BSID в дополнение к информации об области отслеживания, а также меток времени в режиме ожидания. Такая регистрация (запись) может предоставляться на обслуживающую базовую станцию, когда UE соединилось с сетью.

Регистрация переходов между различными BSID может использоваться для идентификации отношений BS. Либо обслуживающая BS, которая получила регистрацию, может извлекать BSID близкой BS из самой последней посещаемой соты, либо обслуживающая BS или центральный объект, такой как система САМ, может использовать полную регистрацию для установления отношений BS, соответствующих всем переходам BS в регистрации.

[1214] Четвертая альтернатива заключается в том, чтобы полагаться на процедуры повторного установления радиосвязи, где UE предоставляет новой обслуживающей базовой станции информацию о своей предыдущей обслуживающей базовой станции. Важно осознавать, что может иметь место провал в покрытии между двумя базовыми станциями, который вызвал отказ радиосвязи. Однако отношение BS все еще может быть весьма релевантным важной частью координации между BS для компенсации провала в покрытии.

[1215] Фиг. 141 иллюстрирует возможную информацию BSID, которую различные UE могут извлекать из необслуживаемой BS по запросу для поддержки автоматических отношений BS:

UE1, обслуживаемое посредством B1, может извлечь идентификатор B2 с использованием любой из четырех альтернатив. Оно также может быть сконфигурировано для извлечения всех BSID, которые имеют такую же конфигурацию поискового пространства BSID, что и его обслуживающая BS, и также может извлечь идентификатор B2.

UE2, обслуживаемое посредством B3, не может извлечь никакого BSID.

UE3, обслуживаемое посредством B3, может извлечь идентификатор B4 с использованием любой из первой, третьей и четвертой альтернативы, но не второй альтернативы, поскольку SSI/AIT не может быть извлечен в этом местоположении.

UE4, обслуживаемое посредством B3, может извлечь идентификатор B4 с использованием любой из четырех альтернатив.

[1216] Кроме того, требуется не только BSID, но и время извлечения, если базовые станции широкоэмитивно передают BSID в запутанном (маскированном) режиме, что означает, что BSID фиксируется только в течение времени действительности, и требуется кортеж из BSID и времени извлечения, чтобы корректно идентифицировать BS. Схема сигнализации для извлечения BSID и адреса TNL и автоматическая настройка X2 представлена на фиг. 142. Этапы 1-5 изображают извлечение уникального BSID из PME (раздел 3.10) или подобного, несмотря на маскирование в радиосвязи, которого достаточно для установления отношения BS. Кроме того, также возможно автоматически извлекать информацию адреса TNL необслуживаемой BS, либо через таблицу поиска в сетевом узле (этап 6), либо через инициализированный запрос от сетевого узла к необслуживаемой BS (этапы 6 и 7). Полученная информация адреса TNL может затем использоваться для установления развитого соединения X2 между двумя BS.

[1217] Передача BSID также должна оцениваться и сравниваться с другими средствами для установления отношений BS. Один пример основан на центральном объекте, таком как PME, координирующий использование MRS базовыми станциями. Базовая станция регулярно согласовывает с PME, какие MRS она может использовать. Затем отношения BS могут быть установлены на основе отчетов MRS от UE к обслуживающей базовой станции, которые отправляются в PME для ассоциирования с базовой станцией с использованием сообщенного MRS. Такое решение достигается за счет координации, но оно обеспечивает более быстрое установление отношения к BS, того же порядка времени установления в LTE.

3.9.2.2 Отношения базовой станции на основе передач восходящей линии связи

[1218] Одной альтернативой сверхэкономичной передаче BSID является разрешать обслуживаемым UE передавать в восходящей линии связи в течение определенного пространства поиска восходящей линии связи. В первой альтернативе, информация об этом пространстве поиска BS может быть действительной по всей сети, и BS предполагаются выровненными во времени на миллисекундном уровне. Это обеспечивает эффективный мониторинг BS пространства поиска при условии, что это пространство поиска достаточно ограничено по времени и частоте. Обслуживающая BS конфигурирует UE для отправки сообщения восходящей линии связи, включающего в себя BSID обслуживающей BS. Не-обслуживаемая BS, которая извлекает передачу восходящей линии связи, может извлечь BSID или по меньшей мере искать его через другой узел, и тем самым установить отношение BS.

[1219] Одна альтернатива поддерживает не выровненные по времени BS или более гибкое назначение пространства поиска восходящей линии связи между областями. Она основана на том, что определение пространства поиска BS для таких передач восходящей линии связи от необслуживаемых UE включено в AIT или подобное и поэтому сконфигурировано как часть доступа к системе. Это требует, чтобы UE извлекало SSI/AIT необслуживаемой BS и сообщало своей обслуживающей BS.

[1220] Следует отметить, что поскольку BSID в этом случае не транслируется узлами, потребность в маскировании не так сильна. Возможно, передача восходящей линии связи может быть замаскирована, чтобы быть на безопасной стороне. Сигнализация с некоторыми другими вариантами показана на фиг. 143, которая является диаграммой сигнализации для ABR на основе восходящей линии связи. Этапы 1-2 необходимы только в том случае, если пространство поиска восходящей линии связи определяется посредством SSI/AIT. Кроме того, этапы 5a и b необходимы только тогда, когда BS требуется искать UB-

SID из PME на основе извлеченного ULID и времени. Вновь, этапы 3-5 (1-2 опционально) необходимы для установления отношения BS, в то время как этапы 6 и опционально 7 необходимы, чтобы восстановить адрес TNL и сделать отношение взаимным, в то время как этапы 8-9 необходимы для автоматического установления развитого соединения X2.

3.9.3 Создание отношений лучей

[1221] Когда отношения BS установлены, базовые станции могут взаимодействовать для координации и информирования о передачах. Одним возможным использованием таких взаимодействий является установление отношений между лучами мобильности различных базовых станций и узлами/точками передачи, ассоциированными с базовыми станциями, как описано в разделе 3.5. Некоторыми важными аспектами при обсуждении отношений между лучами являются следующие:

Отношения не должны быть связаны с передаваемыми MRS, явно ассоциированными с лучами, чтобы избежать проблемы планирования MRS.

Узлы должны быть в состоянии извлечь выгоду из изменяющихся лучей путем настройки лучей, расщепления лучей и т.д.

Отношение также может быть основано на значении выравнивания времени восходящей линии связи для дальнейшего сужения лучей-кандидатов для хэндовера UE.

Таблица отношений, поддерживающая хэндовер от луча исходного узла к лучу целевого узла, может находиться в исходном узле или в целевом узле.

[1222] Таким образом, отношения между лучами в NX могут быть несколько иными, чем отношения между сотами в LTE.

[1223] Для решения первых двух аспектов вводится понятие виртуальных лучей мобильности. Виртуальный луч узла N представлен индексом i , $i=1, \dots, M$. В дальнейшем виртуальный луч i узла N обозначается VB_{Ni} , например, VB_{21} . Таким образом, рассматриваемая процедура автоматического создания отношений лучей мобильности обозначается как "автоматические отношения виртуальных лучей" (AVR), чтобы подчеркнуть, что это отношения между виртуальными лучами. Для поддержки мобильности, узел может реализовать виртуальный луч мобильности одним или более переданными лучами мобильности, каждому из которых назначен MRS. Назначение MRS для луча мобильности не является фиксированным и обычно варьируется от одного временного окна к другому. Концепция виртуального луча также может учитывать и поддерживать мобильность на основе восходящей линии связи, где виртуальный луч может быть ассоциирован с приемом восходящей линии связи, возможно, с направленностью. Нижеприведенное обсуждение основано на мобильности на основе нисходящей линии связи, но обсуждение более или менее применимо к мобильности, основанной на восходящей линии связи.

[1224] На фиг. 144 приведено более подробное описание виртуальных лучей и отношений виртуальных лучей с точки зрения виртуального луча VB_{21} узла B2. Он имеет одно отношение виртуального луча к VB_{11} узла B1 и другое - к VB_{31} узла B3. Виртуальный луч VB_{11} реализуется лучом мобильности, назначенным MRS M1, а VB_{21} реализуется лучом мобильности, назначенным MRS M2. Кроме того, виртуальный луч VB_{31} реализуется двумя лучами мобильности, назначенными MRS M3 и M4, соответственно. Также разумно попытаться ассоциировать обслуживаемое UE с обслуживающим виртуальным лучом мобильности либо путем непосредственного измерения периодически передаваемых лучей мобильности из обслуживающего узла, либо путем ассоциирования обслуживающего луча нисходящей линии связи или восходящей линии связи (как правило, настроенного специально для UE) UE с виртуальным лучом мобильности.

[1225] Когда узел B2 вызывает необходимость в измерениях мобильности от имени изображенного UE, узел использует преимущества отношения виртуальных лучей между VB_{21} , с одной стороны, и VB_{11} и VB_{31} , с другой. В этом случае, наиболее предпочтительной альтернативой является реализованный луч мобильности, сконфигурированный с MRS M3.

[1226] Отношения виртуальных лучей мобильности также могут быть уточнены, чтобы быть отдельными в восходящей линии связи и в нисходящей линии связи линиях связи, и также могут учитывать выравнивание времени в восходящей линии связи с обслуживающим узлом. Далее предполагается, что отношения восходящей линии связи и нисходящей линии связи являются одинаковыми, и обслуживающий узел является одинаковым в восходящей линии связи и в нисходящей линии связи, что означает, что выравнивание времени восходящей линии связи применимо также к обслуживаемому лучу нисходящей линии связи. (В случае разделения восходящей линии связи и нисходящей линии связи, выравнивание времени восходящей линии связи отображает другой узел, чем обслуживающий узел нисходящей линии связи, что означает, что выравнивание времени восходящей линии связи не может быть ассоциировано с обслуживающим лучом нисходящей линии связи).

[1227] Выравнивание времени восходящей линии связи помещается в контекст отношений виртуальных лучей мобильности на фиг. 145. Здесь отношения имеются не только между виртуальными лучами мобильности, но также включают диапазон TA, ассоциированный с обслуживающим узлом. Виртуальный луч мобильности VB_{21} теперь имеет одно отношение виртуального луча от TA-диапазона TA1 к VB_{11} узла B1 и другое - от TA-диапазона TA2 к VB_{31} узла B3. Когда узел B2 вызывает необходимость в измерениях мобильности от имени изображенного UE с TA в TA-диапазоне TA2, узел использует пре-

имущества отношений виртуальных лучей между VB21, TA2, с одной стороны, и VB31, с другой. Таким образом, только узел B3 запрашивается передать лучи мобильности, которые ассоциированы с виртуальным лучом мобильности VB31. В этом случае, также, наиболее предпочтительной альтернативой является реализованный луч мобильности, сконфигурированный с MRS M3. Диапазоны TA, упомянутые выше, установлены из статистики TA, основанной на успешных хэндоверах, и будут улучшаться во времени с большей статистикой.

[1228] Концепция виртуальных лучей мобильности и отношений виртуальных лучей мобильности означает, что виртуальный луч мобильности может быть лучом мобильности с любым MRS и является альтернативой фиксированной ассоциации между лучом и MRS, которая приводит к проблеме планирования MRS. Структура, основанная на концепции виртуального луча мобильности, подразумевает, что ассоциация между логическим виртуальным лучом мобильности и реализованным лучом мобильности с назначенным MRS должна передаваться другим узлам вместе с информацией о выделенных ресурсах через развитый X2 или S1. Таким образом, UE могут быть проинформированы о том, какие пространства поиска UE должно рассматривать и/или какие MRS искать. Эта структура также гарантирует, что любой возможный конфликт MRS от двух разных узлов может быть предсказан заранее. Поскольку распределение MRS лучам мобильности не является фиксированным в такой структуре, это допускает операцию с маскированием лучей мобильности.

[1229] Таблица отношений виртуальных лучей мобильности, рассмотренная для хэндовера от исходного узла к целевому узлу, может находиться в исходном узле или целевом узле. Они синхронизируются между целевыми и исходными узлами, поскольку таблицы отношений лучей необходимы для хэндовера в обоих направлениях между двумя различными узлами.

[1230] Отношения между виртуальными лучами мобильности устанавливаются на основе наблюдений и отчетов UE. Эти наблюдения производятся при передаче ассоциированных лучей мобильности. В зависимости от ситуации, передаваемые лучи мобильности могут быть инициированы по-разному. Две ситуации рассматриваются в следующих двух подразделах. Более того, установление отношений виртуальных лучей мобильности из событий RLF рассматривается в следующем подразделе. Четвертая альтернатива заключается в том, что информация о местоположении доступна от GNSS или какой-либо другой системы, основанной на не-NX, что рассматривается в последнем подразделе раздела отношений виртуальных лучей мобильности.

3.9.3.1 Создание сети с нуля

[1231] Когда все узлы в области развертываются в одно и то же время, для установления имеется множество отношений виртуальных лучей мобильности, и трафик обычно является относительно низким. Поэтому, чтобы быстро установить отношения, важно использовать доступные UE как можно больше для обширных наблюдений. При развертывании с нуля используется специальная процедура обучения, которая согласовывается после установления отношений базовых станций.

[1232] Как показано на фиг. 146, которая иллюстрирует создание отношения виртуальных лучей мобильности для развертываний с нуля, как только отношения базовых станций установлены, базовые станции выполняют согласование в фазе измерения координированных отношений виртуальных лучей мобильности. При конфигурировании, базовые станции могут координировать использование MRS, чтобы избежать конфликтов и максимизировать количество наблюдений в течение ограниченного времени. Сконфигурированные MRS ассоциированы с виртуальными лучами мобильности, а также с реализациями лучей мобильности каждой базовой станцией. Опционально, отношения виртуальных лучей мобильности ассоциированы с выравниванием времени восходящей линии связи и, в частности, с различными диапазонами TA.

3.9.3.2 Создание нового узла в отработанной сети

[1233] Когда новый узел устанавливается в отработанной сети, обычно уже имеется большое количество обслуживаемых UE, которые иницируют процедуры хэндовера. Каждая такая процедура хэндовера запускает передачи лучей мобильности, сконфигурированных с MRS. Поэтому имеет смысл попытаться использовать эти лучи мобильности для измерений с помощью UE, обслуживаемых новым узлом. Это можно сделать различными способами:

новый узел запрашивает информацию о лучах мобильности для всех передаваемых лучах мобильности от соседних базовых станций. Всякий раз, когда базовая станция иницирует луч мобильности, она уведомляет новый узел вовремя, чтобы позволить этому узлу конфигурировать обслуживаемые UE для измерений;

новый узел запрашивает дополнительные передачи лучей мобильности от соседних базовых станций и должен быть проинформирован о том, когда они передаются.

[1234] Оба они показаны на фиг. 147, которая иллюстрирует установление отношений виртуальных лучей мобильности для отработанных развертываний, с опциональным этапом 2, относящимся к запросу от новой базовой станции на другую базовую станцию для передачи избыточных лучей мобильности. Этап 1 касается запроса информации о лучах мобильности, чтобы обеспечить возможность изучения лучей мобильности, передаваемых для поддержки хэндовера между существующими базовыми станциями и точками передачи. В то же время, новая BS передает лучи мобильности для обслуживаемых UE для

измерения. Аналогичным образом, информация об этих лучах мобильности передается от новой базовой станции к близким базовым станциям.

3.9.3.3 Отношения виртуальных лучей мобильности из отчетов RLF

[1235] Ненадлежащие отношения виртуальных лучей мобильности могут приводить к сбою радиолинии (RLF), когда обслуживающий узел не может поддерживать соединение с UE. Поскольку UE имеет установленный контекст в сети, UE не инициирует совершенно новое соединение, но пытается восстановить соединение с сетью, как правило, к новой/целевой базовой станции. Это также можно рассматривать как процедуру установления требуемых отношений без какой-либо дополнительной информации, широковещательно передаваемой от узлов, хотя некоторые из первоначальных UE испытывают сбой радиолинии, процедура обучается необходимым отношениям лучей из таких сбоев и становится более надежной в будущем,

[1236] Этапы 1-7 на фиг. 148 относятся к повторному установлению соединения, а также к установлению отношения виртуальных лучей мобильности на основе отчетов RLF:

1. UE информируется о BSID обслуживающей BS как часть процедуры конфигурирования соединения.
2. UE регулярно ассоциируется с виртуальным лучом мобильности либо посредством измерений UE, либо BS, либо связывает обслуживающий луч данных с наиболее подходящим виртуальным лучом мобильности.
3. Радиолиния UE испытывает сбой. Исходная BS поддерживает контекст UE.
4. UE сохраняет измерения, состояния и время сбоя.
5. UE повторно устанавливается с целевой BS или узлом и предоставляет UE ID и BSID в исходной BS для целевой BS. Целевая BS либо была предоставлена с контекстом UE уже, если был инициирован хэндовер, либо может извлекать контекст UE из исходной BS с использованием UEID и BSID. Контекст UE может включать в себя ассоциацию с виртуальным лучом мобильности.
6. Целевая BS ассоциирует UE с виртуальным лучом мобильности в целевой BS.
7. Целевой объект ассоциирует отношение виртуальных лучей мобильности между ассоциированными виртуальными лучами мобильности в источнике перед RLF и в целевом объекте после RLF (здесь предполагается, что исходный узел сохраняет контекст UE до получения информации повторного установления для UE после восприятия RLF для UE). Опционально, исходная TA извлекается из контекста UE и включается в отношение, и/или целевая TA устанавливается и включается в отношение.

[1237] При условии, что процедура повторного установления является надежной и оперативной, тогда ее можно рассматривать как адекватное средство для установления отношений виртуальных лучей мобильности. Возможно, некоторые RLF можно считать разумной ценой по сравнению с ограниченными непроизводительными издержками, но ассоциированная производительность должна быть связана с требованиями клиентов.

[1238] Поскольку UE может быть безразличным к ID обслуживающего луча и/или ID обслуживающей BS, процедура повторного установления UE может быть инициирована исходной базовой станцией, информирующей потенциальные целевые базовые станции, как показано на фиг. 149, где показана процедура восстановления, инициированная исходной BS с усовершенствованиями отношений виртуальных лучей мобильности. Основываясь на объеме информации, доступной для UE в момент RLF, может происходить обмен другим объемом дополнительной информации между исходной BS источника и BS повторного установления.

[1239] Если UE безразлично к обслуживающей BS и обслуживаемому лучу, то обслуживающая BS должна отправить уведомление своим соседям об UE, как показано на фиг. 149. При добровольном действии для отправки уведомления UE о RLF к соседним базовым станциям обслуживающая базовая станция обеспечивает возможность будущей сигнализации из узла повторного установления. Следует отметить, что этап 2 на фиг. 149 может быть заменен на уведомление от UE узла повторного установления о предыдущем обслуживающем узле, если UE является безразличным только к обслуживаемому лучу, а не безразличным к обслуживаемому лучу и обслуживаемому узлу.

[1240] На этапе 4 на фиг. 149, информация обменивается не только контекстом UE, но также информацией, которая способствует улучшению отношений виртуальных лучей мобильности. BS восстановления информирует исходную обслуживающую BS о текущем виртуальном луче мобильности, который ассоциирован с UE, на основании которого обслуживающий узел может обновлять свои отношения виртуальных лучей мобильности. Кроме того, исходный узел может переоценивать пороги запуска процедуры активного режима в конфигурациях исходного обслуживающего луча UE.

3.9.3.4 Информация о местоположении и отношения виртуальной мобильности

[1241] Если базовая станция и UE могут регулярно или по требованию устанавливать оценку местоположения UE, то отношения виртуальной мобильности могут быть основаны на информации о местоположении. Это также связано с рассмотренными механизмами позиционирования и соответствующей архитектурой позиционирования. Одно из преимуществ заключается в том, что исходной BS не нужно ассоциировать UE с виртуальным лучом мобильности в исходной BS. С другой стороны, комбинация ассоциированного виртуального луча мобильности в исходной BS, а также выравнивание времени

восходящей линии связи может в совокупности рассматриваться как грубая оценка местоположения, и поэтому основанные на местоположении отношения виртуальных лучей мобильности можно рассматривать как те же самые, как описано выше. Однако, если информация о местоположении не зависит от лучей мобильности исходной BS, то положение отношений виртуальных лучей мобильности можно рассматривать как скопление, вытекающее из отношений виртуальных лучей мобильности.

[1242] Построение такой таблицы предполагает постепенное обучение либо посредством методов машинного обучения, либо с помощью исследовательских подходов SON, либо того и другого, чтобы идентифицировать, какая радио характеристика лучше всего представляет местоположение UE (когда геопозиция UE недоступна напрямую), связывая точность геолокации с виртуальными лучами мобильности, а также ассоциированными лучами мобильности и постоянно оптимизируя содержимое таблицы в соответствии с изменениями в сети (изменениями в инфраструктуре города, изменениями в развертывании и т.д.). Точность местоположения также влияет на разумные размеры виртуальных лучей мобильности.

3.9.4 Оптимизация надежности мобильности.

[1243] Процедура мобильности объясняется в разделе 3.5. Объясненная процедура на основе луча требует самоорганизующейся функциональности, чтобы уменьшить непроизводительные издержки передачи MRS без существенного влияния на надежность мобильности процедуры переключения луча. Характеристики SON, упомянутые ниже, предполагают наличие отношений базовых станций и отношений виртуальных лучей мобильности, как указано в разделах 3.9.2 и 3.9.3. Кроме того, возможна функция SON, аналогичная настройке порога CIO (индивидуального для соты смещения), выполняемой в LTE, но на уровне луча - настройка индивидуального смещения луча (BIO) дополняет ее аналог в LTE.

3.9.4.1 Настройка процедуры хэндовера на основе таблиц отношений виртуальных лучей мобильности

[1244] Отношения виртуальных лучей мобильности поддерживают процедуру хэндовера, чтобы предложить подходящие виртуальные лучи мобильности. Обслуживающий узел определяет, какие виртуальные лучи мобильности (и ассоциированные лучи мобильности со сконфигурированными MRS) должны передаваться от него, а также либо запрашивает соседние узлы для передачи конкретных виртуальных лучей мобильности, либо информирует соседей об ассоциированном виртуальном луче мобильности в источнике, который сосед использует для определения связанных виртуальных лучей мобильности в целевом узле. Исходная и целевая BS использует виртуальные лучи мобильности для генерации ассоциированных лучей мобильности. Например, виртуальный луч мобильности может быть ассоциирован с одним или более лучами мобильности, как показано на фиг. 144. Ассоциация между виртуальными лучами мобильности и лучами мобильности, а также сама конфигурация луча мобильности может быть адаптирована с течением времени.

[1245] В предположении, что функция AVR SON работает достаточно долго для создания таблицы отношений виртуальных лучей мобильности с достаточной достоверностью, процедура HO может быть дополнительно уточнена, чтобы сделать ее быстрее. На фиг. 150 показан сценарий границы HO. Отношение виртуальных лучей мобильности для UE в квадрате ассоциировано с одним лучом A3 мобильности в исходном узле A и одним лучом B2 мобильности в целевом узле B. Поскольку UE запрашивается только для измерения по одному целевому лучу мобильности, тогда вместо того, чтобы конфигурировать UE, измерять и сообщать о лучах мобильности, можно рассматривать эту проблему. Поэтому всех этапов до стадии 'подготовка сети' на фиг. 106 можно было бы избежать, чтобы ускорить процедуру HO.

3.9.4.2 Управление динамическим геозонированием

[1246] Концепция геозонирования упоминается в разделе 3.5.2. Чтобы обобщить концепцию геозонирования снова, это идентификатор покрытия UE активного режима для узла. Такое геозонирование может использоваться для проактивного (без ожидания снижения SINR ниже определенного порога) запуска процедуры хэндовера в активном режиме. Геозонирование создается с помощью луча геозонирования (луч геозонирования представляет собой луч MRS, более широкий, чем узкий луч MRS, и этот луч периодически передается от узла, когда по меньшей мере один UE активного режима соединен с узлом) и некоторых относительных порогов в каждом из направлений узкого луча MRS. Этот способ дополнительно иллюстрируется с помощью фиг. 151. На чертеже обозначены узкие лучи MRS, а зона геозонирования представляет собой заштрихованную область, перекрывающую узкие лучи MRS. В этом методе область геозонирования создается с помощью луча геозонирования за счет того, что имеется физический луч, передаваемый от узла, чтобы создать заштрихованную область на фиг. 151. Область геозонирования для такого луча геозонирования определяется с помощью порогов в каждом узком луче MRS. Поэтому, когда UE находится в узком луче-1 MRS, то порог-1 используется для идентификации покрытия луча геозонирования, а когда UE находится в узком луче-2 MRS, то порог-2 используется для идентификации покрытия луча геозонирования и т.д. Таким образом, UE в узком луче-1 MRS использует порог-1 в качестве относительного смещения к качеству сигнала луча геозонирования для запуска отчета об измерении, инициированного событием.

[1247] На начальных стадиях развертывания узла, на основе результатов тестовых измерений с использованием транспортных средств или любых других доступных априорных знаний, OAM может

идентифицировать геозонирование для данного узла может напрямую конфигурировать узел с соответствующими порогами, связанными с геозонированием. Так как было бы желательно уменьшить тестирование с использованием транспортных средств, можно было бы представить себе это как конфигурацию, основанную на неиспользовании транспортных средств, где OAM конфигурирует каждый из порогов, соответствующих узким лучам MRS, на одно и то же значение и позволяет функции SON управления геозонированием оптимизировать эти пороги.

[1248] Геозонирование может быть дополнительно оптимизировано на основе различных измерений, собранных узлом из UE, и эффективности решений НО. Форма геозонирования зависит от настройки параметров отношения лучей, основываясь не характеристиках НО в прошлом, но и на возможностях узлов, задействованных в границах НО. В качестве примера, форма луча геозонирования может значительно различаться в некоторых направлениях узкого луча по сравнению с другими направлениями узкого луча. Это показано на фиг. 151. Как показано на фигуре, покрытие луча геозонирования может быть ограничено различными порогами в разных направлениях на основе качества узких лучей MRS и характеристики качества луча соседнего узла (не показано на фигуре, но текущий узел предполагает наличие соседних узлов). Также следует отметить, что, хотя измерения уровня сигнала луча геозонирования конкретного узла лучше, чем измерения уровня сигнала луча геозонирования другого узла в конкретном местоположении, это не гарантирует, что позиция принадлежит первому узлу в терминах области геозонирования первого узла, поскольку возможности узла в создании узких лучей определяют, насколько велико или мало геозонирование узла.

[1249] Таким образом, функция SON с динамическим управлением геозонированием оптимизирует локализацию запуска процедуры мобильности активного режима на основе статистики НО (поведение пинг-понга между узлами, сбой хэндовера и т.д.), возможностей узла (самого и соседа), а также, возможно, ситуации нагрузки. Управляемым параметром является пороговое значение, специфическое для узкого луча MRS.

3.9.5. Самооптимизация и восстановление.

[1250] В этом разделе кратко прокомментированы некоторые функции SON, такие как управление идентификацией, специфические для объекта параметры, управление нагрузкой, оптимизация покрытия и пропускной способности, распознавание и самовосстановление.

3.9.5.1 Управление идентификацией

[1251] При работе в сети в режиме запутывания (маскирования), целью является регулярное изменение передаваемых последовательностей и идентификаторов. Это также можно рассматривать как способ избежать проблемы планирования присвоения идентификатора локальной уникальности. Идентификаторы в основном находятся в сети и между сетевыми элементами, а передаваемые идентификаторы и последовательности регулярно изменяются в координации с РМЕ.

3.9.5.2 Специфические для объекта параметры

[1252] Подробные процедуры сетевых элементов могут быть автоматизированы при условии, что существуют систематические аспекты, такие как условия радиосвязи для адаптации.

3.9.5.3 Расширенное совместное использование нагрузки между соседними узлами

[1253] Луч может потенциально обслуживать UE с хорошим качеством канала, даже когда UE находится за пределами геозонирования узла. Это, скорее всего, будет иметь место, когда соседний узел не создает помеху, например, из-за отсутствия активности в луче/лучах в направлении UE. Хотя соседний узел не передает никаких лучей в направлении текущего UE, соседний узел может быть перегружен из-за высокой активности в других лучах. Это оказывает влияние на транспортировку и другие непроизводительные издержки на обработку в соседнем узле. Один пример сценария балансировки нагрузки мобильности показан на фиг. 152.

[1254] На фиг. 152 UE перемещается от узла А к узлу В и после того, как UE выходит за пределы покрытия узла А, затем в методе инициирования НО на основе геозонирования, процедура НО запускается в направлении узла В. На основании результатов измерения MRS, узел А распознает, что кандидат НО является узлом В и, в частности, лучом В2 в узле В. Когда узел А запрашивает НО к лучу В2, узел В может отложить принятие НО, если он распознает, что узел А может обслуживать UE достаточно хорошо. (Следует отметить, что узел В обслуживает несколько других UE в разных лучах, что может привести к увеличению непроизводительных издержек на обработку и непроизводительных издержек на транспортировку в узле В). В такой функции балансировки нагрузки, узел В может дополнительно получать только определенные измерения из узла А, связанные с UE, чтобы удостовериться, что UE не страдает из-за неэффективного качества луча от узла А.

3.9.5.4 Оптимизация покрытия и пропускной способности

[1255] При использовании системы на основе лучей, цель состоит в том, чтобы всегда обеспечивать адекватный луч для UE. В то же время, сеть и покрытие обслуживания должны поддерживаться и предсказываться. Поэтому важно повторно оценивать ситуацию с покрытием и пропускной способностью в сети, чтобы оценить, необходимы ли развертывания дополнительных сетевых элементов или могут ли существующие быть переконфигурированы для удовлетворения потребностей пользователей.

3.9.5.5 Распознавание и самовосстановление

[1256] Значительная часть оценок и анализа сегодня использует преимущества обширной широко-вещательной передачи опорных сигналов и идентификаторов. При более ограниченной передаче таких идентификаторов важно по-прежнему надлежащим образом поддерживать корневой случай и случаи использования аналитики.

3.10 Позиционирование

[1257] Позиционирование в NX нацелено на решение самых разных задач позиционирования и дифференциации между пользователями, типами устройств, услугами и т.д. Сигналы и процедуры для позиционирования в NX являются гибкими, чтобы соответствовать требованиям.

3.10.1 Требования и возможности

[1258] С множеством потенциальных применений и случаев использования, требования могут быть сформулированы по нескольким размерностям, как показано на фиг. 153, которая иллюстрирует ком-промиссы требований к позиционированию, представленные критическим применением (заштрихованная область, простирающаяся в основном по горизонтали), таким как экстренный вызов или автономное транспортное средство, ассоциированное с устройством, и некритическим применением (заштрихованная область, простирающаяся в основном по вертикали), таким как зондирование или управление сетью. Таким образом, набор требований является более неоднородным, чем требования к точности.

[1259] Требования физического уровня:

стоимость связана с CAPEX и OPEX оператора, ассоциированными с позиционированием, а также с радиоресурсами, выделенными для позиционирования;

аспекты энергоэффективности могут быть релевантными как на стороне сети, так и на стороне устройства, и рассматривать то, насколько важна энергоэффективность. Также связано с расходами;

требования к точности - от грубой (100 м) до очень точной (суб-метровой). Соответствующее требование касается оценок точности, это подразумевает, что должна быть указана расчетная точность оцениваемого местоположения.

[1260] Требования, ориентированные на протокол:

Протокольные аспекты касаются того, поддерживается ли позиционирование конкретным протоколом, таким как протокол позиционирования LTE между UE и сетевым узлом, или имеется смесь различных протоколов, включая сигнализацию пользовательской плоскости и плоскости управления, сигнализацию уровня доступа и не относящегося к доступу уровня и т.д.

Зависимость от типа устройства относится к различным ограничениям, ассоциированным с устройствами и тегами.

Зависимость от состояния является требованием, которое диктует, может ли устройство быть позиционировано в разных состояниях, таких как ожидание/неактивный/активный.

[1261] Требования к архитектуре и развертыванию:

развертывание относится к тому, создает ли позиционирование требования, которые влияют на конфигурацию развертывания;

требования абсолютного/относительного местоположения с оценками, относящимися к известной географической опоре или только к логическому объекту, возможно, с неопределенным или даже неизвестным местоположением;

время до измерения координат местоположения, время с момента подачи запроса на позиционирование до момента, когда оценка позиции предоставляется запросчику, может иметь разную значимость и на разных уровнях в зависимости от применения. Например, автономность транспортного средства будет иметь более строгие требования, чем экстренный вызов;

гибкость для поддержки различных требований с течением времени;

масштабируемость для поддержки применений с большим количеством устройств;

аспекты сетевой архитектуры также связаны с временем до измерения координат местоположения и масштабируемостью, а также с аспектами сетевого сегментирования. В некоторых применениях может потребоваться использование определенного сетевого узла, в то время как другим подойдет поддержка логической сетевой функции, которая может быть виртуализирована в любом месте.

[1262] Требования более высоких уровней:

дифференциация касается возможности одновременного предоставления различной степени характеристик позиционирования для различных применений, устройств, услуг и т.д.;

конфиденциальность определяет, должна ли информация позиционирования быть анонимной для оператора, и поддерживает ли сеть анонимное позиционирование на основе UE;

безопасность касается того, может ли третья сторона получать некоторую информацию местоположения.

[1263] На фиг. 153 показаны требования в двух примерных случаях использования. Первый случай использования представляет собой критичное применение, где строгое время до измерения координат местоположения, точность, безопасность, аспекты протокола и требования зависимости от состояния наиболее важны, а масштабируемость менее строгая. Второй случай использования показывает некритичное применение для зондирования и управления сетью, где вместо этого важны строгие требования к гибкости, масштабируемости, стоимости и конфиденциальности, а требования к точности, зависимости

от состояния и аспекты протокола являются менее строгими.

[1264] Объем возможностей позиционирования также очень сильно зависит от возможностей терминала. На фиг. 154 перечислены некоторые типичные возможности и некоторые примеры различного уровня сложности устройства. Различные сложности устройств могут быть, например, связаны с поддержкой различной нумерологий, где простые устройства ограничены в плане поддерживаемой ширины полосы и времени символа и т.д. Сложность устройства также может быть связана с тем, как устройство получает питание, что тесно связано с аспектами энергоэффективности. Некоторые устройства предварительно сконфигурированы и не могут повторно конфигурироваться после развертывания, в то время как другие могут извлекать некоторую общую информацию, а еще более производительные устройства могут извлекать выделенную конфигурационную информацию.

[1265] Устройства также могут иметь разные возможности, когда речь идет о поддержке различных по сложности схем приема нисходящей линии связи и передачи восходящей линии связи. Простые устройства могут быть сконфигурированы только для передачи в восходящей линии связи, в то время как несколько более сложные устройства могут измерять и сообщать измерения нисходящей линии связи. Для формирования луча и использования кодовой книги может потребоваться еще более продвинутое устройство и т.д. Кроме того, некоторые устройства могут извлекать пользу из своего собственного местоположения, в то время как более простые устройства позволяют только некоторым другим узлам определять их местоположение и использовать в приложениях.

3.10.2 Общие и специальные функции

[1266] Компоненты позиционирования NX могут быть сконфигурированы как обычные или выделенные компоненты, чтобы обеспечить как масштабируемое, так и грубое позиционирование, а также точное и настроенное позиционирование. Общие опорные сигналы позиционирования (PRS) и сигналы восходящей линии связи на конкурентной основе могут быть сконфигурированы с помощью конкретной таблицы информации позиционирования (PIT) или какой-либо другой таблицы, такой как таблица информации доступа (AIT). Выделенные компоненты включают в себя выделенные PRS, выделенные сигналы синхронизации восходящей линии связи (USS) и специальные процедуры. Процедура позиционирования может быть инициирована с помощью общей процедуры, которая должна быть уточнена с помощью специальных процедур. Географическая ассоциация с компонентом может быть включена в данные поддержки в UE (позиционирование на основе UE) или быть сконфигурирована в базе данных в сетевом узле, где ассоциация выполняется на основе обратной связи UE (позиционирование с поддержкой UE). Обе стратегии позиционирования поддерживаются в предыдущих поколениях и поддерживаются также в NX.

3.10.2.1 Общие PRS

[1267] Некоторые общие сигналы можно рассматривать как экземпляры PRS, такие как сигнатура системы (SS). Кроме того, могут быть определены дополнительные общие PRS, и UE должно получать информацию о таких PRS посредством запланированной сигнализации в активном режиме. Конфигурационная информация обозначается таблицей информации позиционирования (PIT), которая может быть ассоциирована с областью действительности, характеризующей SSI или областью отслеживания. UE должно контролировать действительность PIT и извлекать обновления после изменения области. Это означает, что общие PRS можно контролировать практически в любом состоянии.

[1268] Общий PRS может быть специфическим для конкретного узла или общим для набора узлов. Он также может быть специфическим для луча. Общий PRS также может передаваться через другую RAT, как существующие PRS в LTE.

3.10.2.2 Общие сигналы восходящей линии связи на конкурентной основе

[1269] Общие сигналы восходящей линии связи, такие как преамбулы PRACH, могут использоваться для установления временной синхронизации восходящей линии связи в узле. Поскольку сигналы являются общими, должна быть решена проблема конкуренции, чтобы обеспечить истинную идентификацию устройства. Конфигурационная информация об этих общих сигналах может быть предоставлена на UE посредством ширококестально передаваемой информации или запланированной информации.

3.10.2.3 Выделенные PRS

[1270] PRS также могут быть сконфигурированы специальным образом либо для расширения общих PRS для повышения производительности, либо для уточнения разрешения PRS во времени и/или пространстве. Одна типичная конфигурация PRS - это сигнал временной синхронизации (TSS) для оценки временной диаграммы, как правило, в сочетании с опорным сигналом мобильности (MRS) для уточнения оценки временной диаграммы и обеспечения идентификации луча. PRS представляет собой конфигурацию в отношении UE, что означает, что при наличии передаваемого TSS одно UE может конфигурироваться для использования TSS для оценки временной диаграммы, тогда как другое UE конфигурируется, чтобы рассматривать TSS как реализацию PRS.

[1271] Кроме того, выделенные PRS также могут быть сконфигурированы путем расширения TSS или MRS во времени и/или частоте. В одном примере, узел выполнен с возможностью передачи идентичных последовательностей для TSS и MRS в двух последовательных символах. Одно UE сконфигурировано для использования передачи первого символа как TSS/MRS, тогда как другое UE сконфигуриро-

вано для использования последовательностей двух символов в качестве PRS.

3.10.2.4 Выделенные сигналы синхронизации в восходящей линии связи (USS)

[1272] Выравнивание времени во время произвольного доступа нацелено на выравнивание времени по отношению к узлу. UE назначается USS для обеспечения возможности оценки временной диаграммы восходящей линии связи. Эта процедура также может рассматриваться как процедура оценки времени двухстороннего распространения, которая потенциально может использовать USS как он есть или с уточнением за счет расширенного USS с лучшей поддержкой для оценки временной диаграммы.

[1273] Кроме того, несколько узлов могут принимать USS для включения разности времени прихода (TDOA). Для поддержки такого позиционирования информация об USS должна сигнализироваться между узлами или по меньшей мере на соответствующий блок обработки основной полосы.

3.10.2.5 Объединение общих и выделенных компонентов

[1274] На фиг. 155 показаны некоторые общие и выделенные компоненты, где общие компоненты определены в области действительности, характеризуемой областью SSI. Позиционирование может постепенно уточняться от грубого и поддерживаемого общим PRS, передаваемым набором узлов, до точно-го и поддерживаемого некоторыми специфическими для луча PRS. UE необходимо извлечь информацию о выделенных PRS в активном состоянии UE NX. После извлечения, измерения могут быть агрегированы и обработаны в любом состоянии (активном, ожидания, неактивном).

3.10.2.6 Проблемы с синхронизацией сети

[1275] Некоторые структуры позиционирования, такие как разность времени прихода восходящей линии связи и нисходящей линии связи, основаны на информации об относительном времени между узлами или соответствующими блоками основной полосы. Для грубого позиционирования, сетевая синхронизация является менее проблематичной, и достаточна текущая процедура сетевой синхронизации на основе глобальной системы спутниковой навигации (GNSS). Это подразумевает стандартное отклонение временной синхронизации порядка 50 нс [3GPP37.857], соответствующее 15 м. Однако для требований суб-метровой точности этого недостаточно точно. Поэтому желательна тактовая синхронизация, основанная на измерениях в радиолинии. Альтернативой является использование механизмов, которые используют измерения дальности и направления, которые в комбинации могут обеспечить точное позиционирование без точной синхронизации между узлами.

3.10.3 Ограниченная доступность информации позиционирования

[1276] Существует несколько причин ограничить доступность информации позиционирования. Во-первых, регулярная передача PRS влияет на энергопотребление узла, поскольку это ограничивает сонное состояние узла. Если нет UE, использующих преимущества PRS, то их передачу следует избегать. Более того, если такие сигналы сконфигурированы полустатически, то сторонние приложения могут использоваться, чтобы регистрировать PRS, ассоциировать их с географическими позициями и хранить данные в базе данных. Затем эта база данных позволяет сторонним приложениям измерять PRS и коррелировать с установленной базой данных для обеспечения позиционирования устройства. Оператор может быть заинтересован в ограничении доступа к PRS только своим клиентам, возможно, с некоторой дифференциацией. Ограниченная доступность и доступ к информации позиционирования является новой концепцией для NX и поэтому описывается более подробно, чем компоненты PRS в предыдущем подразделе.

[1277] В общем случае, PRS можно рассматривать как последовательности/ресурсы/дескремблирование, которые являются функциями времени (t) и частоты (f), идентификатора узла (id_1), идентификатора системы (id_2), PRS ID (id_{PRS}) и т.д., которые могут быть полустатически сконфигурированы. Добавляя изменяющийся во времени параметр $\alpha(t)$, который изменяется регулярно и должен быть извлечен через выделенную сигнализацию:

$$PRS_n = f(id_n, \dots, \alpha(t)).$$

[1278] Можно определить PRS с временем действительности или временем доступа в том смысле, что UE необходимо получить информацию о $\alpha(t)$ после того, как ее текущая информация устарела. Таким образом, невозможно записывать PRS поверх приложения, поскольку эта информация действительна только в течение ограниченного времени.

[1279] Это проиллюстрировано на фиг. 156, где различные узлы передают различные опорные сигналы позиционирования. Сигналы не являются полностью полезными для UE, если только оно не знает изменяющуюся во времени последовательность $\alpha(t)$, используемую для генерации сигналов. В этом примере изменяющийся во времени параметр $\alpha(t)$ обозначается как "ключ позиционирования", поскольку он позволяет UE разблокировать возможности высокоточного позиционирования, предоставляемые сетью.

[1280] Пример сигнализации представлен на фиг. 157. В этом примере, сетевой объект, обозначенный как объект управления позиционированием (PME), конфигурирует сетевые узлы с изменяющейся во времени специальной конфигурацией PRS. Сетевой узел l передает выделенный PRS_n (возможно, от имени некоторого другого UE), который является функцией изменяющейся во времени конфигурации PRS. Поскольку UE в этом примере не имеет информации о текущей выделенной конфигурации PRS, оно не может выполнять высокоточное позиционирование с использованием выделенных сигналов PRS. Опционально, оно может выполнять низкоточное позиционирование, например, используя общую ин-

формацию PRS, которая не изменяется во времени.

[1281] Если UE определяет, что оно хочет выполнить высокоточное позиционирование с использованием выделенных сигналов PRS, оно отправляет запрос в сеть (обычно через текущий обслуживающий узел, который затем может перенаправить запрос на узел PME) и принимает в ответ информацию, требуемую для выполнения высокоточного позиционирования.

[1282] Через некоторое время текущее позиционирование истекает, и PME конфигурирует сетевые узлы с помощью новой выделенной конфигурации PRS (или ее шаблон реконфигурации может быть сконфигурирован на более длительный период времени). Если UE не получит обновление, содержащее информацию, связанную с этой новой конфигурацией, оно больше не может выполнять высокоточное позиционирование.

[1283] Следует отметить, что пример, представленный на фиг. 157, является просто одним примером. Альтернативные решения могут заключаться в том, что сетевые узлы обрабатывают таймеры истечения PRS и реконфигурацию автономно после начальной конфигурации, например, с помощью системы OSS (системы эксплуатации и поддержки) или SON (самооптимизирующейся сети).

[1284] Дифференцированную точность позиционирования можно обеспечить различными способами, например, одним или более из следующих способов:

- предоставление ключа позиционирования, действительного в течение короткой или длинной временной длительности;

- предоставление информации, которая позволяет пользовательскому терминалу декодировать только выбранный поднабор доступных сигналов PRS, передаваемых из сети;

- создание выбранных частей PRS декодируемыми в UE (например, во времени и/или ширине полосы);

- предоставление дополнительных PRS в ответ на запрос более высокой точности.

3.10.4 Гибкие опорные узлы

[1285] В предыдущих поколениях, инфраструктура позиционирования являлась сетевыми узлами, такими как базовые станции, точки передачи и т.д. Однако, в некоторых случаях использования, плотность и геометрия сетевых узлов недостаточны для обеспечения точного позиционирования. Кроме того, некоторые применения и случаи использования зависят от относительного позиционирования между объектами, и точные относительные местоположения являются более важными, чем абсолютные местоположения. Одним примером является случай использования с автономными транспортными средствами с людьми в непосредственной близости. В таких случаях, относительное положение жизненно важно для предотвращения несчастных случаев.

[1286] Поэтому важно учитывать, что некоторые устройства являются частью инфраструктуры позиционирования. Чтобы прояснить ситуацию, делается следующее различие:

- позиционирование - определение местонахождения устройства, которое может быть оценено на основе сигналов из узлов инфраструктуры и устройств;

- местоположение - местонахождение части инфраструктуры, которая может быть либо сетевыми узлами, либо другими устройствами. Следует отметить, что местоположение такого устройства может быть определено посредством позиционирования.

[1287] Устройства, которые поддерживают позиционирование, могут обладать определенными возможностями, такими как возможность самопозиционирования в абсолютном выражении (например, GNSS) или в относительном выражении (например, радар, датчики). Эти устройства упоминаются здесь как устройства поддержки позиционирования. Эти устройства по меньшей мере имеют возможность передавать опорный сигнал позиционирования или даже возможность поддержки процедуры оценки дальности и/или пеленга.

[1288] На фиг. 158 показан пример сигнализации с устройством 1, который действует в качестве устройства поддержки позиционирования и тем самым улучшает позиционирование устройства 2. Устройство поддержки позиционирования информирует сетевой узел о своей возможности и принимает конфигурацию PRS. Одним примером PRS является сигнал обнаружения прямой линии связи в LTE, который дополняется процедурой отчетности.

3.10.5 Процедуры дальнометрии

[1289] Цель выравнивания синхронизации восходящей линии связи заключается в установлении синхронизации восходящей линии связи, которая приблизительно равна для всех обслуживаемых UE в одном и том же узле. Она обычно устанавливается во время произвольного доступа и поддерживается в течение длительности соединения на основе обратной связи от узла к UE с относительными временными настройками.

[1290] Дальнометрия также может быть важным компонентом позиционирования, но для этого требуется оценка диапазона от по меньшей мере двух до четырех узлов в зависимости от того, доступна ли временная серия измерений и требуется ли 2D- или 3D-местоположение. Следовательно, может быть релевантным разработать процедуру дальнометрии по отношению к необслуживаемым узлам. Естественно, что такая процедура основывается на выравнивании по времени восходящей линии связи, которое начинается с произвольного доступа. Следовательно, UE должно быть авторизовано и сконфигурировано

так, чтобы иметь возможность инициировать произвольный доступ к необслуживаемому узлу. Конфигурация может быть одной или более из следующих:

АИТ, обеспечивающая информацию доступа к системе, где опционально некоторые преамбулы произвольного доступа могут быть ограничены для доступа необслуживаемых устройств;

обслуживающий узел, предоставляющий информацию о процедурах произвольного доступа необслуживаемым узлам, включая как преамбулы произвольного доступа, так и связанные опорные сигналы нисходящей линии связи;

предварительная конфигурация, где конкретный опорный сигнал нисходящей линии связи указывает принятие приема преамбулы произвольного доступа для необслуживаемого ранжирования.

[1291] UE инициирует измерение дальности путем мониторинга опорного сигнала нисходящей линии связи (PRS или некоторые другие DL RS), ассоциированного с дальнометрией в отношении необслуживаемого узла. На основании полученной временной диаграммы сигнала нисходящей линии связи или временной диаграммы восходящей линии связи, связанной с обслуживаемой сотой, UE передает преамбулу произвольного доступа к необслуживаемому узлу и ожидает ответа на предварительно сконфигурированном или сконфигурированном ресурсе времени/частоты или пространства поиска. Ответ может включать в себя начальную временную диаграмму восходящей линии связи и может включать в себя ресурс восходящей линии связи и конфигурацию передачи для последующей передачи восходящей линии связи. Процедура передачи/ответа может продолжаться до тех пор, пока не будет достигнута удовлетворительная точность дальнометрии. Эта процедура может включать в себя конфигурацию постепенно более широких сигналов восходящей линии связи и нисходящей линии связи, чтобы обеспечить постепенное повышение точности.

3.10.6 Процедура оценки направления

[1292] Взаимодействие обслуживаемого узла может включать в себя обратную связь об относительно благоприятном луче или лучах, обычно ассоциированную с MRS. Обратная связь также может включать в себя уровень принимаемого сигнала MRS. Таким образом, узел может ассоциировать с UE оценку направления, основываясь на направлении и ширине благоприятного луча. Предпосылкой является то, что луч калиброван в пространственном направлении. Такая калибровка может быть выполнена путем сбора точных местоположений на тренировочной фазе через GNSS или т.п. и ассоциирования таких местоположений с благоприятными лучами.

[1293] Один из способов уточнения оценок направления заключается в том, чтобы не только запрашивать UE сообщать о благоприятном луче, но и конфигурировать несколько лучей в направлении, в котором UE приблизительно перемещается, и запрашивать UE сообщать о мощности принимаемого сигнала из нескольких лучей. Обратная связь может быть эффективной, если рассматривать сообщения об относительных уровнях сигнала как уровень принимаемого сигнала относительно уровня благоприятного луча.

[1294] Если лучи исходят из одного и того же узла, и условия распространения радиосигнала можно считать одинаковыми, то относительный уровень сигнала между двумя лучами эквивалентен относительному усилению луча антенны между лучами. С калиброванными лучами, это можно перевести в очень точные оценки направления.

3.11 Связь от устройства к устройству

[1295] Хотя первый набор характеристик LTE D2D был впервые добавлен в Выпуск-12, NX включает возможности D2D как неотъемлемую часть системы. Это включает в себя одноранговый обмен пользовательскими данными между устройствами, а также, например, использование мобильных устройств в качестве ретранслятора для расширения сетевого покрытия.

3.11.1 Базовое обоснование и желательные характеристики для связи D2D

[1296] В LTE сначала была добавлена рудиментарная поддержка связи D2D в Выпуске-12. Основные функциональные возможности были разработаны для случая использования в целях общественной безопасности (PS), в том числе в сценариях внутри- и межсотового покрытия (в зоне покрытия), за пределами сетевого покрытия и частичного сетевого покрытия. Для случаев использования, не связанных с общественной безопасностью, поддерживалось только обнаружение в пределах сетевого покрытия. Для Выпуска-13 и Выпуска-14 область действия связи D2D будет расширена как для PS, так и для коммерческих случаев использования, включая поддержку связи V2X. Тем не менее, поддерживаемые в настоящее время компоненты технологии связи LTE D2D не предназначены для полного использования потенциальных возможностей покрытия, пропускной способности и задержки, которые, как ожидается, будут обеспечивать связь D2D.

[1297] Для NX, возможности связи D2D поддерживаются как неотъемлемая часть системы, а не как "дополнительная" характеристика. Основным обоснованием для связи D2D в качестве компонента технологии является то, что передача D2D должна использоваться всякий раз, когда она (1) более эффективна с точки зрения спектральной эффективности, энергоэффективности, достижимой задержки или надежности или (2) может обеспечить лучший опыт обслуживания, чем традиционная сотовая связь.

[1298] Характеристики D2D, которые поддерживаются или будут поддерживаться Выпуском-12, -13, -14 D2D, также поддерживаются структурой NX D2D. Кроме того, структура NX D2D поддерживает

дополнительные функции, которые мотивированы новыми случаями использования, требованиями или улучшением производительности. Чтобы обобщить сценарии D2D и установить базовый список требований к D2D, сценарии D2D кратко описаны на фиг. 159. Эти сценарии могут быть полезны для определения желательных характеристик и опций проектирования, но обсуждаемые компоненты технологии D2D не должны быть тесно связаны или ограничены этими сценариями.

[1299] На фиг. 160 перечислены желательные характеристики, связанные с D2D, и сравнивается их текущий статус с тем, как это требование применяется к NX. Одноадресная (двухточечная) связь D2D может рассматриваться как базовый случай, который - когда выбор режима, распределение ресурсов и управление мощностью надлежащим образом применяются, - может значительно улучшить производительность сети, когда существуют возможности проксимальной связи. Многоадресная и широковещательная связь с помощью D2D поддерживается из 3GPP Выпуск-12. В NX могут быть улучшения производительности для поддержки более длинного многоадресного/широковещательного диапазона и более высоких скоростей, не затрагивая сотовый уровень. Поддержка ретрансляции на основе D2D в ситуациях частичного покрытия сети уже существует в Выпуске-12, однако ожидается, что производительность как с точки зрения расширения диапазона, так и с учетом сквозных скоростей увеличится с помощью надлежащего выбора ретрансляционного устройства и функций RRM.

[1300] Совместные коммуникации, обеспечиваемые с помощью управляемой и поддерживаемой сетью связи D2D, могут принимать различные формы на разных уровнях стека протоколов, такие как распределенное, базирующееся на устройствах кэширование и распространение контента, совместные протоколы MAC и, например, расширенная путем сетевого кодирования совместная ретрансляция. Аналогичным образом, некоторые формы связи D2D за пределами покрытия NW поддерживаются уже в Rel-12 (например, многоадресной/широковещательной), но в NX связь D2D дополнительно развивается, чтобы охватывать более крупные области, например, в ситуациях бедствия и обеспечивать услуги с более высокой битовой скоростью даже (временно) вне зоны покрытия.

3.11.2 Принципы проектирования NX и D2D

Таблица 17.

Принципы проектирования NX и их применения для D2D в NX

Принципы проектирования NX	Последствия для проектирования D2D в NX
Использовать ультра-минималистичную передачу	Уже так по сравнению с традиционной сотовой, возможность на R12/13 SLSS (синхросигнал прямой линии связи) уменьшения по сравнению с Rel-12.
Использовать автономные передачи	Уже так по сравнению с традиционной сотовой, возможность на интегрированном канале управления и канале данных.
Избегать строгих временных отношений между подкадрами	Использование гибкости UL/DL (нет явного ограничения, чтобы налагать для D2D ограничения на ресурс восходящей линии связи/(несущую для FDD или подкадр для TDD)).
Избегать медленной реконфигурации динамически меняющихся величин	Повышение надежности и гибкости плоскости управления (для поддержки много-скачковой/сетчатой D2D).
Поддерживать удобную по высокой частоте D2D	Нумерология PNY для NX-D2D Использование усовершенствованных антенных решений и высоких возможностей обработки и большого объема памяти, доступной в устройствах Выбор/координация RAT/частоты
Перевести "достаточное" управление NW в администрирование прямой линии связи D2D	Выполнение ретрансляции на L2 вместо ретрансляции типа L3, определенной в Rel-13. Ретранслирующее UE должно представляться (на L1/L2) для UE вне зоны обслуживания как BS.

[1301] Принципы проектирования NX применяются к проектированию D2D как можно больше, чтобы обеспечить плавную интеграцию в систему NX и обеспечить постепенную конвергенцию между решениями для UL, DL, прямого соединения и, возможно, также для линий транспортной сети. В табл. 17 перечислены некоторые принципы проектирования NX для D2D, а также два дополнительных (последние две строки таблицы, как указано выше) в качестве принципов, специфичных для D2D.

3.11.3 Спектр для схем D2D и дуплекса

[1302] Для LTE, связь D2D поддерживается на ресурсах спектра UL, в диапазоне UL или подкадрах UL в случае сети FDD или TDD, соответственно. Причины этого решения связаны с аспектами регулирования и реализации.

[1303] Тем не менее, NX предназначено для гибкого управления ресурсами UL/DL и использования различных типов диапазонов спектра, и поэтому NX D2D также проектируется для гибкой работы на ресурсах UL, а также DL. Кроме того, D2D должна иметь возможность работать как в лицензированных, так и в нелицензированных диапазонах спектра в зависимости от сценария, возможностей UE, ситуации покрытия и других факторов. Для NX, в более высоких частотных диапазонах (>6 ГГц), сеть, как правило, будет работать в режиме TDD, тогда как в более низких частотных диапазонах могут быть приняты операции FDD и TDD. В сетях FDD, линия связи NX D2D выгодно использует частотные ресурсы UL, тогда как в сетях TDD работа D2D конфигурируется посредством NW в соответствии с гибкими принципами дуплекса и динамического TDD NX.

[1304] В NX, прямое соединение D2D развивается так, что NX UL, NX DL, NX прямые линии связи и транспортные линии становятся сходными с точки зрения возможностей уровня PHY, включая схемы дуплексирования. Для ближней связи, то есть когда два устройства близки друг к другу, двунаправленный полный дуплекс также может быть жизнеспособной схемой дуплексирования.

[1305] Для работы в нелицензированных и лицензированных диапазонах может потребоваться, чтобы прямая линия связи гибко поддерживала запланированный и LBT-тип протоколов MAC (см. раздел 3.8).

3.11.4 Базовая архитектура для связи D2D: концепция кластеризации

[1306] Фиг. 161 иллюстрирует связь D2D, поддерживаемую концепцией кластеризации. Узел CH может находиться в покрытии NW или вне покрытия NW. UE в покрытии может выступать в качестве источника сигналов синхронизации или предоставлять информацию RRM для CH, который находится за пределами покрытия NW.

[1307] Схема NX D2D использует кластеры для поддержки широкого разнесения случаев использования в покрытии, вне покрытия и частичного покрытия. Основная идея кластеризации заключается в том, чтобы расширить сотовую концепцию до ситуаций вне покрытия путем назначения UE (портативного, установленного на грузовике или предварительно развернутого) для работы в качестве владельца ресурса и узла управления, аналогично регулярному eNB. Таким образом, узел головки кластера (CH) очень похож на eNB, хотя различия в возможностях с точки зрения выходной мощности, количества UE, которое он может поддерживать, или смонтированных антенн, могут варьироваться.

[1308] CH, при нахождении вне покрытия NW, может получать информацию синхронизации или информацию управления радиоресурсами от не-CH UE, которое находится внутри покрытия и способно ретранслировать такую информацию из eNB (фиг. 161).

[1309] Внутренне присущей частью концепции кластера является динамический процесс выбора CH. Концепция кластеризации представляет собой гибридный распределенный (выбор CH) и централизованный (сам CH, действующий как центральный узел в кластере) элементов. Коротко говоря, процесс выбора CH является распределенным и использует сигналы маяка обнаружения, передаваемые со всех устройств, включая значимую информацию о состоянии, чтобы иметь возможность выбора в качестве головки кластера, и выбор того, какое одноранговое устройство будет действовать как головка кластера для конкретного устройства.

3.11.5 Сценарии сети NX и UE

[1310] На фиг. 162 показаны некоторые комбинации сценариев развертывания NX и возможностей UE. В автономном случае NX (слева) UE поддерживает NX, тогда как в случаях совместного развертывания (в середине) и нескольких участках (справа) может потребоваться выбор RAT для D2D.

[1311] Как показано на фиг. 162, когда NX совместно развернуто или когда NX и LTE развернуты на разных участках, UE с различными возможностями RAT могут находиться в непосредственной близости друг от друга, так что связь D2D может быть жизнеспособной альтернативой при условии, что эти UE используют совместимые RAT. Для облегчения связи D2D в таких сценариях, выбор RAT для D2D может быть желательной функцией, чтобы полностью использовать близость различных устройств.

[1310] Такой выбор RAT не обязательно предполагает выбор только одного из доступных интерфейсов одновременно: выбор RAT может также означать одновременное использование нескольких доступных RAT. Это может иметь место, например, в многоскачковых сценариях.

3.11.6 Архитектура протокола

[1310] Для поддержки D2D в ситуациях частичного покрытия и вне покрытия, могут быть жизнеспособными несколько подходов проектирования, включая иерархическую архитектуру или распределенную (плоскую) архитектуру в качестве базы проектирования. Гибридный подход направлен на выбор головки кластера (CH), которая играет роль, аналогичную eNB, если инфраструктура становится недееспособной. В этом подходе выбор и повторный выбор CH распределяются в том смысле, что узлы могут выбирать CH среди самих себя без помощи центрального объекта. Как только CH выбрана, она действует аналогично eNB до повторного выбора.

[1310] Если необходимо поддерживать только групповую связь на основе широкополосной или многоадресной передачи, архитектура на основе СН и ассоциированные процедуры организации динамических кластеров необязательны. Однако когда связь D2D от точки к точке и возможность достижения сотовой базовой станции через множество скачков являются требованием, подход на основе СН может превосходить полностью плоские архитектуры.

3.11.6.1 Общие сведения

[1315] Стек протокола для прямой линии связи, когда это возможно и может быть мотивировано, выравнивается со стеком протоколов для восходящей линии связи/нисходящей линии связи. Например, физический уровень, симметричный в восходящей линии связи и нисходящей линии связи, хорошо подходит для связи D2D. В качестве другого примера, головкой кластера для связи D2D может быть либо eNB, либо UE.

[1316] Кроме того, стек протокола пользовательской плоскости для разных случаев ретрансляции, связанных с прямым интерфейсом UE-UE (например, ретрансляция от UE к сети и ретрансляция от UE к UE), должен быть согласован с любыми случаями ретрансляции для самотранспортирования.

Выравненные стеки протоколов имеют следующие дополнительные преимущества.

RAN имеет возможность управлять тем, какой путь используется для данного потока трафика, и, следовательно, управлять тем, какой тип радиоресурсов используется. Эта гибкость позволяет, например, пользовательскую плоскость UE-UE ретранслировать через RAN, а также пользовательскую плоскость UE-NW ретранслировать через UE (действующее как ретранслятор от UE к NW), управляемый посредством RAN.

Кроме того, существует возможность для RAN переключать поток трафика между разными путями, обеспечивая непрерывность обслуживания во время переключения, поскольку переключение будет выполняться на слое уровня 2 ниже IP-уровня UE (например, хэндовер). (Чтобы переключить трафик между, например, путем UE-сеть и путем ретрансляции UE-сеть, IP-адрес, используемый UE, должен быть действительным на обоих путях, что требует поддержки базовой станцией.).

[1317] На фиг. 163 показано переключение путей пользовательских данных на уровне 2.

3.11.6.2 Пользовательская плоскость

[1318] Архитектура протокола пользовательской плоскости для случая одного скачка показана на фиг. 164. Для случаев ретрансляции, основным подходом является использование ретранслятора L2. (Ретранслятор L2 в принципе не исключает, что L3 (IP) ретрансляция выполняется с использованием UE в качестве IP-маршрутизатора.) Это также соответствует основной альтернативе самотранспортирования (см. разделы 3.6.6 и 2.2.8.4). На фиг. 165 показана архитектура протокола пользовательской плоскости для ретрансляции от UE к сети. На этой фигуре предполагается двухуровневое RLC-решение, которое далее описывается как один из альтернативных подходов в разделе 2.2.8.4.

[1319] На фиг. 166 показана архитектура протокола пользовательской плоскости для ретрансляции от UE к UE.

3.11.6.3 Плоскость управления

[1320] Для связи и обнаружения D2D существуют три потенциальные плоскости управления:

плоскость управления головки кластера UE: Используется для назначения радиоресурсов для связи и обнаружения D2D. Если UE находится в покрытии, eNB берет на себя роль головки кластера. Если UE находится вне покрытия, UE выбирается как головка кластера и выполняет эту роль;

сквозная плоскость управления UE-UE. Этот протокол, как правило, не является специфическим для радиоуровня ("NAS") и используется для взаимной аутентификации, настройки безопасности и настройки параметров канала-носителя для сквозной пользовательской плоскости UE-UE. Этот протокол соответствует протоколу сигнализации PC5, специфицированному для D2D на основе LTE в 3GPP Rel-13. Эта плоскость управления ориентирована на соединение, поскольку в каждом одноранговом UE необходимо будет использовать контексты/состояния протокола;

позвенная (по участкам) плоскость управления UE-UE. Этот протокол является специфичным для радиолинии и используется для управления конфигурацией PHY, MAC и RLC, используемой на одном ретрансляционном участке (скачке) между двумя UE. Он также может использоваться для передачи измерений по прямой радиолинии UE-UE. Эта плоскость управления обычно ориентирована на соединение;

кроме того, существует также плоскость управления, необходимая для прямого обнаружения, включая обнаружение многоскачкового пути и выбор/повторный выбор ретранслятора. Эта плоскость управления может быть включена как часть упомянутой выше сквозной плоскости управления UE-UE и/или позвенной плоскости управления UE-UE.

[1321] На фиг. 167 показаны протоколы плоскости, используемые в D2D (UE3 находится вне покрытия).

3.11.7 Компоненты технологии D2D

[1322] На фиг. 168 показаны некоторые комбинации сценариев развертывания NX и возможностей UE.

[1323] Чтобы реализовать потенциальную выгоду от связи D2D, защитить сеть от помех, вызванных

передачами прямой линии связи, и плавно интегрировать операцию D2D в систему NX, некоторые компоненты технологии D2D должны быть реализованы в сети и устройствах. Они приведены на фиг. 168.

3.11.7.1 Синхронизация D2D

[1324] Устройства, которые участвуют в связи D2D (одноадресной, многоадресной и широковещательной), должны синхронизироваться по времени и частоте. Хорошая синхронизация необходима для обеспечения передач прямой линии связи в соответствии с решениями планирования временной/частотной области, энергоэффективной операции обнаружения и связи и облегчения высококачественного приема данных. Синхронизация D2D может быть сложной в ситуациях отсутствия покрытия и частичного покрытия.

[1325] Концепция источника синхронизации (SynS), предоставляемая UE, применима к NX D2D. В LTE, синхронизация D2D облегчается процедурами синхронизации прямой линии связи PHY [TS 36.213]. Подобная конструкция является основой для процедур синхронизации NX D2D, которые могут быть расширены на ситуации вне покрытия (сценарий 4) с использованием концепции SynS. SynS может быть сетевым узлом (BS), когда он доступен, или может быть UE в зоне покрытия, обеспечивающим синхросигнал для UE вне покрытия. SynS также может быть UE вне покрытия, которое получает синхронизацию с помощью другого (например, находящегося в покрытии) UE.

3.11.7.2 Обнаружение устройств и услуг

[1326] Обнаружение устройств и услуг может быть частью сеанса D2D или может быть автономной услугой. В обоих случаях обнаружение подразумевает, что UE может взять на себя роль оповещения UE или обнаружения UE или как оповещения, так и обнаружения. В обоих случаях, предварительным условием начала процедуры обнаружения является авторизация и предоставление услуг (см. раздел 3.11.5.3.). Аналогично LTE, две модели обнаружения поддерживаются и конфигурируются сетью с учетом возможностей UE, пользовательских настроек и т.д. Хотя эти модели обнаружения не подразумевают различия на физическом уровне, они могут привести к разной производительности с точки зрения общего потребления энергии и времени обнаружения из-за различных шаблонов передачи сигнала маяка.

[1327] В первой модели обнаружения (для LTE, обозначена 'Модель A'), оповещающее UE широковещательно передает сообщения обнаружения на конкретных радиоресурсах, сконфигурированных сетью. Такая сетевая конфигурация может использовать широковещательную информацию, предварительно сконфигурированную информацию и/или специфическую для UE сигнализацию (например, сигнализацию RRC). Обнаруживающее UE может использовать информацию конфигурации для захвата и декодирования сообщений обнаружения энергоэффективным способом, поскольку для этого необходимо отслеживать только ресурсы обнаружения.

[1328] Во второй модели (для LTE, обозначена 'Модель B'), обнаруживающее UE (а не оповещающее UE) широковещательно передает сообщения обнаружения, также в соответствии со сконфигурированными и предоставленными параметрами и ресурсами. Было показано, что сетевая поддержка в процедурах обнаружения выгодна как с точки зрения времени обнаружения, так и общей используемой энергии в процессе обнаружения.

[1329] В ситуациях частичного покрытия и отсутствия покрытия, механизмы обнаружения D2D зависят от решений базовой архитектуры относительно кластерной или плоской архитектуры для связи D2D. Когда используются кластеры, распределенный выбор СН и повторный выбор и процедуры ассоциации СН действуют как процедуры обнаружения, основанные на автономных (распределенных) решениях узла при передаче и обнаружении сигналов маяка и синхронизации.

[1330] Специальным случаем обнаружения является обнаружение ретранслятора от UE к сети. UE, которое авторизовано сетью действовать в качестве ретранслятора для удаленных UE, обычно вне покрытия (или внутри покрытия), участвует в обнаружении ретранслятора от UE к сети, в течение которого удаленное UE выбирает, какое UE должно использоваться как ретранслятор от UE к сети.

[1331] Кроме того, механизмы обнаружения для NX должны поддерживать выбор пути для более сложных случаев, таких как ретрансляция от UE к UE и многоскачковая ретрансляция.

3.11.7.3 Авторизация и предоставление услуг

[1332] Авторизация и предоставление услуг позволяют устройству использовать радио и другие ресурсы для целей обнаружения и связи D2D. Точные механизмы для этого могут зависеть от случая использования D2D (см. раздел 3.11.1) и могут включать один или более из следующих основных элементов:

предварительно сконфигурированная информация в устройстве. Предварительно сконфигурированная информация может содержать разрешенные диапазоны частот, связанные уровни мощности передачи и другие параметры, которые устройство может использовать для целей обнаружения и связи. Предварительная конфигурация может иметь место перед доступом к системе NX и/или через другие виды доступа;

NAS сигнализация для обмена информацией с функциями CN аналогично функции LTE ProSe; системная информация и специфическая для UE (например, RRC) сигнализация при нахождении в покрытии NX.

3.11.7.4 Управление прямой линией связи

[1333] Управление прямой линией связи отвечает за установление, поддержание и завершение каналов прямой линии связи, включая каналы обнаружения и связи. Эти функции можно рассматривать как расширения и эволюцию функций, которые определены в LTE в [TS 36.213].

[1334] Примеры управления прямой линией связи включают в себя инициирование сообщений обнаружения (оповещения или запроса) широковещательной передачи, установление совместно используемого канала с конкретным одноранговым устройством или инициирование сообщений широковещательной/многоадресной передачи к набору одноранговых UE на конкретных ресурсах и т.д.

[1335] На фиг. 169 показаны примеры функций управления прямой линией связи.

3.11.7.5 Отчеты об измерениях и управление радиоресурсами

[1336] На фиг. 170 показаны примеры функций измерения, желательных для связи D2D.

[1337] Измерения и ассоциированная отчетность обеспечивают важный вклад в управление прямым соединением и связанные с D2D функции управления радиоресурсами, так что связь D2D может действительно улучшить общую спектральную/энергоэффективность и покрытие и сократить задержку, не вызывая неприемлемых помех для сотового трафика. Функции управления радиоресурсами, которые желательны для реализации этих целей, зависят от случая использования (см. раздел 3.11.1), доступности лицензированных/нелицензированных спектральных ресурсов, нагрузки трафика, возможностей устройства (например, устройства с питанием от маленькой батареи, смартфона, устройства общественной безопасности). Функции RRM распределяются между сетевыми узлами и устройствами. Важными аспектами функционального распределения между сетевыми узлами и устройствами являются уровень сетевого управления и временной масштаб, в котором работают функции RRM сети и устройства. Общий принцип для этих аспектов заключается в том, что сеть или СН имеют жесткий контроль над ресурсами, принадлежащими сети или СН (например, лицензированными спектральными ресурсами). Соответственно, два UE, из которых ни один из них не имеет возможностей СН, не могут осуществлять связь на лицензированных ресурсах, когда находятся вне покрытия.

[1338] Функции RRM, которые желательны для связи D2D, включают в себя стандартизованные и проприетарные элементы и могут частично повторно использовать функции RRM, предназначенные для традиционной сотовой связи. Такие функции RRM включают в себя одно или более из следующего:

- выбор режима между сотовым и прямым режимом D2D;
- распределение и планирование ресурсов прямой линии связи;
- управление мощностью прямой линии связи;
- формирование кластера вне покрытия и частичного покрытия.

3.11.7.6 Многоантенные схемы (формирование луча UE согласование луча прямой линии связи)

[1339] На фиг. 171 показано, как формирование диаграммы UE для связи D2D зависит от управляемых сетью авторизации, предоставления и локальных измерений. Управление eNB/СН выполняется на гораздо более грубой временной шкале (~500 мс), чем управление линией связи D2D, выполняемое автономно в пределах ограничений, установленных eNB/СН.

[1340] Формирование луча UE может в значительной степени улучшить диапазон D2D и, следовательно, может дополнительно улучшить потенциал связи D2D, например, для расширения покрытия сотовой связи, увеличения количества устройств, достигаемых при обнаружении устройства, или уменьшения количества устройств, необходимых для обеспечения временного покрытия в чрезвычайной бедствия. С точки зрения конфигурации и управления, основной принцип поддержки формирования луча UE аналогичен другим функциям устройства (см. 3.11.7.3 и 3.11.7.5): работа устройства зависит от информации о предоставлении услуг и конфигурации, а также поддерживающих процедур измерения.

3.11.7.7 Стратегия выбора диапазона D2D

[1341] Для случаев с несколькими доступными диапазонами, такими как лицензированные и нелицензированные диапазоны, должна быть реализована стратегия согласования и принятия решений, чтобы улучшить баланс общей эффективности полосы пропускания и конкретных преимуществ линии для прямых линий связи. Например, диапазоны высоких или низких частот имеют различные физические характеристики, такие как разные потери при распространении, доступность ширины полосы, когерентное время каналов, гранулярность пространственного разделения. Эти аспекты могут быть разумно рассмотрены для разных случаев D2D с точки зрения различных требований QoS, ситуации с бюджетом линии связи, состояния помех и т.д. Если доступны несколько диапазонов, оптимизированный и динамический выбор диапазона существенно влияет на производительность по участкам линии связи D2D и общую производительность NW.

[1342] На практике, многорежимные устройства UE доступны повсеместно. Интеграция таких режимов и диапазонов дает больше возможностей для балансировки производительности отдельных линий и целевых показателей NW, что представляет особый интерес для случаев D2D для дальнейшего увеличения пропускной способности D2D.

[1343] Стратегия выбора диапазона может принимать во внимание множество факторов, таких как нагрузка NW, доступность и качество нелицензированного диапазона, общие возможности пар UE, качество прямой линии связи для разных диапазонов, требование задержки трафика, роль прямой линии связи в качестве ретранслятора или прямой связи, роли UE в беспроводном ретрансляторе или простая оди-

ночная роль в качестве получателя/источника трафика.

[1344] В разных диапазонах, UE или eNB могут иметь отличающийся режим MAC, который оптимизирован для этого конкретного диапазона. А именно, один узел, способный работать в разных разделах радиоресурсов, обладает многорежимным MAC, переходя от одного к другому. Разделение ресурсов позволяет упростить интеграцию D2D с доступом к сотовой сети. Потенциально, это может принести непревзойденную надежность для плотного развертывания NW и случаев высокой загрузки, а также легкое обесценивание или добавление функций для NX сотовых NW с D2D.

3.11.7.8 Планирование D2D, HARQ и DRX

[1345] На фиг. 172 показана операция планирования прямой линии связи.

[1346] Механизмы L2, предлагаемые для D2D, должны обеспечивать энергоэффективную связь с низкой задержкой и высокой надежностью, как для сценариев в покрытии, так и вне покрытия, например, путем принятия необходимых механизмов L2, например DRX и HARQ.

[1347] Быстрое планирование (операция малого временного масштаба) прямой линии связи управляется автономно устройствами в пределах ограничений, сконфигурированных посредством eNB или CN, как показано на фиг. 172. Примеры операций прямой линии связи, сконфигурированных посредством eNB или CN, включают в себя медленное планирование D2D (распределение спектра, максимальную мощность передачи и т.д.), процессы HARQ и управление DRX.

[1348] В связи с тем, что для планирования eNB требуется дополнительная сетевая обработка и двухскачковый обмен сообщениями, для планирования D2D, дизъюнкция планирования используется для передач D2D, когда предполагается сценарий в покрытии. Это означает, что каждое D2D UE отвечает за собственную передачу, и для каждой передачи, информация быстрого планирования, которая является поднабором предоставления медленного планирования, является автономной в рамках передачи прямой линии связи, чтобы обеспечить частотно-избирательное планирование. Следует также отметить, что повторное использование ресурсов в восходящей линии связи и прямой линии связи (для одного и того же UE) может быть возможным, если это совместно и полупостоянно конфигурируется посредством eNB.

[1349] На фиг. 173 показана работа прямого соединения HARQ. Аналогично NX DL HARQ (см. раздел 2.2.7.2 для более подробной информации), обратная связь HARQ может быть отправлена как элемент управления MAC прямой линии связи. Путем встраивания обратной связи HARQ в MAC, он становится защищенным путем CRC, и ошибка обнаружения ACK/NACK может быть сведена к минимуму.

[1350] На фиг. 174 показано выравнивание DRX при связи типа от инфраструктуры к устройству (I2D) и D2D для максимизации длительности выключения (OFF). D2D-DRX и сотовый DRX (C-DRX) могут быть независимыми механизмами DRX. Обе конфигурации могут быть видны только для CN. Таким образом, CN может выравнивать D2D-DRX с C-DRX, когда происходят передачи D2D и от инфраструктуры к устройству (I2D), чтобы свести к минимуму потребление энергии путем выключения большего числа компонентов приемопередатчика терминала.

3.11.8 Аспекты мобильности связи D2D

[1351] Что касается управления мобильностью, раздел 3.5 описывает решение для мобильности на основе луча, но для соединений D2D имеется два основных вопроса для дополнительного рассмотрения:

переход от поддержки специфического для отдельного UE соединения UE к нескольким UE: Традиционно при смене обслуживающего сетевого узла распределение ресурсов для перемещающегося UE может быть переконфигурировано. Однако такое распределение ресурсов должно учитывать состояние UE противоположной стороны, участвующих в связи D2D, чтобы минимизировать прерывание обслуживания D2D из-за реконфигурации ресурсов. Это может потребовать некоторого улучшения в процедуре управления мобильностью, ориентированной на сотовую связь;

связь D2D в неактивном состоянии RRC (которая определена в разделе 2.1): В этом состоянии использование ресурсов линии связи D2D управляется самими UE (хотя все еще в пределах пула ресурсов, определяемого сетью с использованием широковещательной сигнализации), поэтому, когда перемещение UE выходит за пределы диапазона сетевого узла, изменение конфигурации ресурса не может быть известно D2D UE противоположной стороны через сетевые узлы. Следовательно, для плавного/без потерь переключения, реконфигурация ресурсов должна быть сообщена в UE противоположной стороны через сигнализацию D2D в плоскости управления D2D, которая должна быть расширена для достижения этого.

3.11.8.1 Передача D2D

[1352] На фиг. 175 показан кластер D2D, осуществляющий связь за границы соты. В случаях использования в покрытии, где eNB представляет собой CN, сигнализация RRC для управления D2D должна обмениваться между кластером D2D и eNB, чтобы обеспечить надежную плоскость управления и устойчивую мобильность. В этом случае, для сети может быть затратным управлять плоскостью управления кластера D2D с несколькими eNB, ввиду того, что непроизводительные издержки транспортировки в радиосети могут вызвать проблему. Поэтому выгодно поддерживать плоскость управления кластера D2D под одним eNB. Это достигается за счет управления мобильностью кластера D2D на основе не только качества канала одного устройства, но и измерений с других устройств в кластере. Этот механизм может

быть реализован на стороне сети просто путем определения дополнительного критерия хэндовера. Отметим, что сложность может возрастать, если оптимальный узел должен выбираться для управления D2D, поскольку тогда требуется координированное сообщение об измерениях (и дополнительная конфигурация измерения и сообщение о нем).

3.12 Аспекты архитектуры многоточечной связности NX

[1353] В этом разделе описываются решения касательно архитектуры для поддержки многоточечной связности NX. Данный раздел организован следующим образом: В разделе 3.12.1 предоставляются краткие предпосылки и мотивация для многоточечной связности. В разделе 3.12.2 описывается архитектура протокола верхнего уровня для многоточечной связности NX. В разделе 3.12.3 подробно описываются некоторые специфические для многоточечной связности аспекты мобильности. Затем в разделе 3.12.4 описан способ, который может быть использован для ослабления требований к задержкам транспортировки путем применения многоточечного разнесения с поддержкой UE.

3.12.1 Предпосылки

[1354] NX, скорее всего, будет развернуто в диапазонах выше, чем таковые современных коммерческих RAN. На более высоких частотах, затенение радиоканалов значительно более сильное, по сравнению с радио затенением на более низких частотах. Специально для высоких частот может потребоваться прямая видимость для успешной передачи. В таких условиях радиосвязи можно использовать многоточечную связность для уменьшения перебоев в трафике. Повышение производительности и пропускной способности пользователей также может быть достигнуто при одновременной поддержке нескольких точек соединения. Структура NX поддерживает многоточечную связность как неотъемлемую часть концепции. Как обсуждалось выше, концепция мобильности DL в NX основана на луче. С точки зрения UE, процедуры мобильности одинаковы независимо от количества задействованных eNB. Как следствие, UE не должно заботиться о том, какой eNB передает лучи или нет; в некоторых случаях это определяется как безразличное к узлу UE, а мобильность является UE-центрированной. Для эффективной работы мобильности, вовлеченные eNB должны поддерживать списки соседних лучей, обмениваться информацией о лучах и координировать использование MRS. Общий подход к мобильности для NX описан в разделе 3.5. Быстрое переключение лучей в сценарии многоточечной связности требует быстрой связи между eNB, а также может потребовать предварительного кэширования и дублирования данных; во многих случаях данные должны дублироваться и распределяться на несколько eNB и от них. Это требование бросает вызов возможности транспортной сети с точки зрения пропускной способности и задержки. Один из вариантов состоит в том, чтобы поместить определенный орган разделения данных на стороне EPC, чтобы исключить контур в S1-соединении 'привязка-eNB'. Кроме того, на радиоинтерфейсе можно сократить возможность/степень передачи таких дублированных данных между eNB за счет поддерживаемого UE управления потоком. В подразделе 3.12.5 обсуждается, что поддержка UE в этом отношении может максимизировать производительность многоточечного разнесения.

[1355] На фиг. 176 показано соотношение между различными режимами мультисвязности в NX. Соединенные точки передачи могут принадлежать одному или более eNB, что обычно называется многоточечной связностью внутри eNB и многоточечной связностью между eNB, соответственно. Различные режимы передачи/приема могут рассматриваться в зависимости от условий канала, развертывания сети, доступной пропускной способности и задержки транспортировки и типа трафика. В контексте NX, проблемы связаны с многоточечным разнесением (MPD), агрегацией трафика и распределенным MIMO. Агрегация трафика обычно относится к операциям мультисвязности на более низких уровнях, которые являются независимыми и отдельными с точки зрения ресурсов и/или RAT, таким как агрегация несущих или агрегации IP-уровня. Распределенное MIMO включает в себя несколько точек передачи и предполагает совместное кодирование по ветвям. Как правило, для обеспечения ожидаемой производительности требуется транспортная сеть с высокой пропускной способностью и низкой задержкой. В этом разделе основное внимание уделяется аспектам архитектуры и протокола многоточечного разнесения (MPD) и агрегации трафика.

[1356] Координированная многоточечная связь (CoMP) - это термин, который используется для описания набора конкретных характеристик LTE, используемых для многоточечной связности внутри LTE. Как правило, CoMP имеет четкую координацию на уровне MAC. Координация MAC является желательной, когда радиоресурсы совмещенного канала используются для разных точек передачи. Термин CoMP намеренно избегается в контексте NX, чтобы избежать путаницы.

[1357] Помимо получения измерений, проблема, ассоциированная с многоточечной связностью, заключается в ограничении пропускной способности и задержки в линиях транспортной сети, несущих интерфейсы между узлами. Во многих развертываниях, транспортная сеть с ограниченной пропускной способностью и большой задержкой является единственным вариантом из-за высокой стоимости, связанной с развертыванием быстрой транспортной сети. Например, в некоторых случаях соединения X2 становятся доступными через обычную Интернет-линию передачи данных.

[1358] Мультисвязность, описанная в этом разделе, фокусируется на случае между eNB. Решение для мультисвязности внутри eNB, где eNB содержит централизованное RRC/PDCP и распределенное RLC/MAC, является альтернативным вариантом осуществления.

3.12.2 Протокол и архитектура многоточечной связности в NX

3.12.2.1 Архитектура протокола пользовательской плоскости

[1359] Многоточечная связность на пользовательской плоскости может работать на разных уровнях. Уровень интеграции для многоточечной связности может быть либо уровнем PHY, уровнем MAC (который соответствует агрегации несущих в контексте LTE), либо уровнем PDCP (что соответствует двойной связности в LTE), как указано в разделе 3.7. В этом разделе, исследуемые решения многоточечной связности работают на уровне PDCP. Это решение является жизнеспособным также для медленной транспортной сети и в соответствии с предложением в разделе 3.7 для взаимодействия NX и LTE. Другие решения многоточечной связности, например, многоточечная связность, разделенная между узлами MAC, являются также возможными подходами. Разделение между узлами MAC предпочтительнее, учитывая централизованную архитектуру RRC/PDCP и быструю транспортную сеть. В этом разделе предполагаются медленная транспортная сеть и разделение PDCP. Стек протоколов пользовательской плоскости для многоточечной связности NX показан на фиг. 177, в качестве примера приведены два SeNB. Это подходит для режимов как многоточечного разнесения, так и для многоточечной агрегации трафика.

3.12.2.2 Альтернативы архитектуры протокола плоскости управления

[1360] В разделе 3.7 обсуждается структура RRC для интеграции LTE и NX. Здесь основное внимание уделяется многоточечной связности внутри NX с использованием PDCP в качестве уровня интеграции. В центре внимания находится вопрос о том, следует ли иметь один централизованный объект RRC в MeNB (основной eNB), что ниже упоминается как альтернатива 1, или множество объектов RRC, распределенных как в MeNB, так и в каждом SeNB в многоточечной связности, что ниже упоминается как альтернатива 2. (MeNB является точкой привязки для UE с точки зрения CN (базовой сети), и радиолиния между UE и MeNB определяет RRC-состояние UE. SeNB помогает MeNB обслуживать UE либо для увеличения пропускной способности UE, либо для повышения надежности радиолинии между UE и RAN.)

[1361] Альтернатива 1 аналогична той, которая определена для DC в LTE с некоторыми расширениями. Помимо одного MeNB, в многоточечной связности задействовано более одного SeNB. В MeNB имеется только один объект RRC, который осуществляет связь с объектом RRC в UE. Когда функции SeNB RRM необходимо конфигурировать свои локальные радиоресурсы между ним и UE, SeNB необходимо сначала инкапсулировать свое сообщение RRC в сообщение X2 и передать его через транспортную сеть в MeNB. И затем MeNB пересылает сообщение RRC от SeNB к UE. Аналогично, когда UE отправляет отчет об измерении, даже если этот отчет об измерении связан с SeNB, это сообщение принимается посредством MeNB. Затем MeNB проверяет отчет об измерении, если какая-то информация связана с SeNB, формирует новое сообщение и направляет его в SeNB через транспортную сеть. Решение разнесения RRC может поддерживаться в этой альтернативе, что означает, что сообщение RRC от MeNB может быть передано в UE через несколько ветвей для повышения надежности передач сигнализации. Архитектура протокола для альтернативы 1 показана на фиг. 178, которая иллюстрирует, что в MeNB имеется один объект RRC.

[1362] Преимущество этой альтернативы заключается в том, что она проста, по сравнению с альтернативой 2 (обсуждается ниже) и соответствует той же архитектуре, что и LTE DC. UE необходимо поддерживать только одно соединение RRC с MeNB, и на него не влияет развязка DL и UL. Недостатком является то, что ответ на некоторую конфигурацию радиоресурсов в SeNB, например, переключение луча UE в SeNB, может быть медленным, и когда MeNB терпит отказ, процедура восстановления всей многоточечной связности также может быть относительно трудоемкой по сравнению с альтернативой 2.

[1363] В альтернативе 2 несколько объектов RRC устанавливаются в MeNB и SeNB, как показано на фиг. 179. Объект RRC в SeNB может осуществлять связь с объектом RRC в UE. Между UE и многоточечной связностью существует только одно состояние RRC, которое определяется соединением RRC между UE и MeNB. RRC в MeNB представляет собой RRC полного стека, которое может выполнять все функциональные возможности RRC, в то время как RRC в SeNB является тонким RRC, которое может выполнять только ограниченные функциональные возможности RRC, например, может быть выполнена реконфигурация соединения RRC для конфигурирования радиоресурсов между SeNB и UE, но установка и освобождение соединения RRC исключены. Архитектура протокола альтернативы 2 показана на фиг. 179.

[1364] Преимущество этой альтернативы заключается в том, что она может быстро реагировать на события конфигурации локального радиоресурса между SeNB и UE. Когда MeNB терпит отказ, в предположении, что соединение между UE и SeNB поддерживается, время восстановления многоточечной связности может быть коротким, если SeNB уже имеет контекст UE, связанный с RRC, например, сохраненный ключ безопасности плюс контекст UE, связанный с S1, например S1AP UE ID. Таким образом, либо UE, либо SeNB, который принимает роль нового MeNB, могут отправлять сообщение RRC непосредственно своему одноранговому узлу, чтобы выполнять действие, не требуя повторного установления соединения RRC. И SeNB, который становится MeNB, также может информировать CN, что он является новым MeNB для восстановления соединения S1. Недостатком этой альтернативы является то, что она сложнее. Поскольку несколько сетевых узлов могут отправлять сообщение RRC в UE, необходимо ре-

шить несколько проблем. Во-первых, SRB (радиоканал-носитель сигнализации) необходимо установить между каждым SeNB и UE. Ключ безопасности, используемый для SRB между SeNB и UE, должен быть сконфигурирован посредством MeNB во время процедуры установки. Во-вторых, SRB между SeNB и UE необходимо сконфигурировать с уникальным ID логического канала в многоточечной связности, чтобы UE могло узнать, из какого узла поступает сообщение RRC, а затем доставлять ответное сообщение RRC обратно в соответствии с отношением отображения между ID логического канала и сетевым узлом. В-третьих, внутренняя для UE обработка процедуры RRC должна быть расширена для поддержки параллельных процедур RRC. То есть, процедура RRC от SeNB и MeNB может выполняться одновременно. Возможно, существует риск того, что запросы RRC от MeNB и SeNB конфликтуют друг с другом, например, общие потоки для приема, сконфигурированные сетью, могут превышать возможности UE. Если это так, UE может сообщить, например, на SeNB, что общие сконфигурированные потоки превышают его пропускную способность. После приема этой информации SeNB может реконфигурировать свое сообщение к UE для удовлетворения возможностей UE.

[1365] Поскольку альтернатива 1 представляет собой централизованную архитектуру протокола RRC, лучше, чтобы схема переключения луча могла работать на Уровне 2, так что команда и сообщение о переключении луча могут обмениваться между SeNB и UE напрямую, не требуя участия MeNB. Что касается альтернативы 2, она соответствует схеме переключения луча, работающей либо на уровне 2, либо на уровне 3, как указано в разделе 3.5.

3.12.3 Аспекты архитектуры мобильности для многоточечной связности

[1366] Процедуры сигнализации на L3 для многоточечной связности в NX включают в себя добавление SeNB, освобождение SeNB, изменение SeNB, модификацию SeNB, изменение MeNB, переключение ролей MeNB и SeNB. Для процедуры с использованием только SeNB, если в многоточечной связности используются разные частоты, то критерий и условие запуска для процедур могут быть аналогичными условию LTE DC. SeNB с хорошим качеством радио может быть добавлен в многоточечную связность, и, соответственно, SeNB с плохим качеством радио может быть освобожден из многоточечной связности. Если для многоточечной связности используется одна частота, то, какой SeNB добавлять или освобождать из многоточечной связности, должно учитывать влияние помех на эту многоточечную связность, помимо качества радиоканала, что нуждается в дальнейшем исследовании.

[1367] Для изменения MeNB (новый eNB за пределами этой многоточечной связности становится новым MeNB, а SeNB не изменяется), или MeNB и один SeNB меняются ролями - один SeNB переключается на новый MeNB, а MeNB - на новый SeNB, процедура, определенная в LTE DC, довольно громоздка: UE необходимо сначала удалить все SeNB в многоточечной связности, выполнить хэндовер от старого MeNB к новому MeNB, а затем снова установить SeNB в новой многоточечной связности. Поскольку все члены в многоточечной связности не изменяются после переключения ролей, можно определить быструю и эффективную процедуру, как показано на фиг. 180.

[1368] То есть, до переключения ролей, также конфигурируется ключ безопасности, подлежащий использованию между SeNB (который будет обновлен до MeNB) и UE. UE поддерживает несколько контекстов безопасности. Когда происходит переключение ролей, сигнализация между задействованными eNB указывает, что это переключение ролей, так что все существующие протокольные объекты и контекст в eNB могут быть повторно использованы во время переключения ролей в максимально возможной степени. Никакой дополнительной сигнализации LRC R3 не требуется, чтобы информировать UE об этом переключении ролей (обновление временного опережения и т.д. выполняется независимо от переключения ролей). Пересылка пакетов от старого MeNB к новому MeNB может потребоваться после переключения ролей.

[1369] Для мобильности на уровне линии связи, это включает в себя добавление/удаление/изменение обслуживающих линий связи для UE в многоточечной связности. В зависимости от возможностей UE в осуществлении связи с несколькими eNB в многоточечной связности и разветвления сети, мобильность на уровне линии связи может означать передачу/прием данных посредством UE с использованием нескольких линий связи или ветвей одновременно, передачу/прием данных посредством UE с использованием только одной линии связи/ветви одновременно и быстрое переключение в этих линиях связи/ветвях или их комбинацию. Например, одна линия связи/ветвь всегда используется для передачи/приема данных, другие линии связи/ветви динамически переключаются с одной на другую.

3.12.4 Быстрое многоточечное разнесение с поддержкой UE для радиодоступа NX

[1370] Как упоминалось в 3.12.1, соединения как S1, так и X2 между eNB и EPC или между eNB обычно выполняются с помощью невыделенной кабельной проводки через обычные Интернет-соединения. Результирующая неидеальная пропускная способность транспортировки и характеристика задержки становятся узким местом для повышения производительности за счет многоточечного разнесения. В условиях такой реальности, в этом разделе представлен способ, который может быть использован для ускорения координации плоскости управления, когда транспортная сеть медленная, и уровень интеграции находится на PDCP. Важной идеей быстрого многоточечного разнесения с поддержкой UE является использование поддержки UE или даже решения UE для поддержки процедуры MAC, чтобы уско-

ритель координацию MAC между задействованными eNB.

[1371] Цель этого раздела - предложить решение по многоточечному разнесению (MPD), для чего оно предполагает: (i) сценарий реалистичной неидеальной транспортной сети, (ii) рассматриваются схемы разнесения MPD как нисходящей линии связи (DL), так и восходящей линии связи (UL), (iii) задействованные линии доступа работают в одном и том же частотном диапазоне. Следовательно, это схема внутрочастотного многоточечного разнесения. В силу вышеизложенных причин, она имеет широкое применение в реальности.

[1372] В отличие от многоточечной связности внутри несущей с использованием ослабленной транспортной сети для координации, этот подход полагается на координацию на основе радиointерфейса посредством поддержки или решения UE. Поэтому во многих случаях он может достичь более низкой задержки плоскости управления, чем схемы координации, полагающиеся на (ослабленную) транспортную сеть.

[1373] Следует отметить, что этот подход по-прежнему подвержен влиянию задержки транспортной сети на задержку пользовательской плоскости, так как данные пользовательской плоскости по-прежнему доставляются через ослабленную транспортную сеть.

[1374] Это решение главным образом включает в себя две части: (i) MAC, поддерживаемое UE, и (ii) управление потоком, поддерживаемое UE; эти две части могут работать автономно или совместно для повышения выигрыша от многоточечного разнесения. Общее описание состоит в том, что "предварительное предоставление" от NW и UE-решение & подтверждение "предварительного предоставления" играет роль в операции. Во-первых, концепция MAC, поддерживаемого UE, основана на том факте, что UE само владеет своевременной информацией о состоянии качества канала связи, так что удобно динамически проводить координацию ресурсов (в отличие от традиционной схемы DC, которая основывается на ВН для координации). Предлагается, что подтверждение или отклонение UE "предварительного предоставления" из NW помогает сети быстро менять долю ресурсов среди линий связи, чтобы адаптироваться к различным вариациям качества линии связи для линий связи с одним и тем же частотным диапазоном.

[1375] Во-вторых, основной концепцией поддерживаемого UE управления потоком является введение объекта в UE для управления потоком на основе решения UE. Входная информация получается локальным измерением UE, и UE принимает решение/предложение по маршрутизации доставки PDU по нескольким возможным соединениям и отправляет команды на каждую обслуживающую AP прямую.

4 Обсуждение выбранных терминов

4.1 Антенны

[1376] Антенный порт - антенный порт определяется так, что канал, по которому передается символ на антенном порту, может быть выведен из канала, по которому передается другой символ на том же самом антенном порту.

[1377] На практике опорный сигнал и "антенна" таковы, как воспринимается приемником. Говорят, что два антенных порта квази-совмещенные, если крупномасштабные свойства канала, по которому передается символ на одном антенном порту, могут быть выведены из канала, по которому передается символ на другом антенном порту.

[1378] Пример: кросс-поляризованный луч=набор из двух антенных портов, отображаемый на две ортогональные поляризации, с QCL, предполагаемым в отношении разброса задержки, доплеровского разброса, доплеровского сдвига [список не исчерпывающий].

[1379] Луч - луч определяется как набор векторов весов луча, где каждый вектор весов луча имеет отдельный антенный порт, а все антенные порты имеют сходные средние пространственные характеристики. Таким образом, все антенные порты луча покрывают одну и ту же географическую зону. Отметим, однако, что характеристики быстрого замирания различных антенных портов могут быть разными. В этом случае один антенный порт отображается на один или более антенных элементов с использованием, если возможно, динамического отображения. Количество антенных портов луча - это ранг луча.

4.2 Задержка

[1380] Задержка плоскости управления - задержка плоскости управления (С-плоскости) обычно измеряется как время перехода из разных режимов соединения, например, из режима ожидания в активное состояние.

[1381] адержка пользовательской плоскости RAN - задержка пользовательской плоскости RAN (также известная как специфическая для радио задержка) определяется как одностороннее время перехода между доступностью пакета SDU на IP-уровне в пользовательском терминале/базовой станции и доступностью этого пакета (блока протокольных данных, PDU) на IP-уровне в базовой станции/пользовательском терминале. Задержка пакета пользовательской плоскости включает задержку, введенную ассоциированными протоколами и управляющей сигнализацией, в предположении, что пользовательский терминал находится в активном состоянии.

[1382] Задержка пользовательской плоскости мобильной сети - задержка пользовательской плоскости мобильной сети или PLMN определяется как одностороннее время перехода между доступностью

пакета SDU на IP-уровне в пользовательском терминале/сетевом шлюзе и доступностью этого пакета (блока протокольных данных, PDU) на IP-уровне в сетевом шлюзе/пользовательском терминале. Задержка пакета PLMN включает задержку, введенную всеми транспортными туннелями, которые управляются сетевым оператором, включая оператора виртуальной сети, использующего физическую инфраструктуру, принадлежащую третьей стороне.

[1383] Сквозная задержка приложения - сквозная задержка приложения представляет собой одностороннее время перехода, включающее задержку кадрирования и задержку буферизации в источнике и всех промежуточных обрабатывающих узлах, поддерживающих приложение, во время транзита пакета или потока пакетов между сервисным или программным приложением на терминале/серверном узле, осуществляющем связь с другим терминалом или серверным узлом. Задержка приложения зависит от сценария и может включать в себя кадрирование информации, сервисы транскодирования или перевода, а также сетевые задержки. В редких случаях, когда приложение зависит от двухсторонней интерактивной связи, возможно, потребуется учитывать время двухстороннего распространения.

[1384] Джиттер (неустойчивость) приложения - джиттер приложения по отношению к минимальной задержке соответствует вариации в задержке от минимального значения и измеряется с использованием математического ожидания разности между мгновенной задержкой и минимально возможной задержкой. Джиттер приложения по отношению к средней задержке логически следует.

4.3 Надежность и доступность услуг

[1385] Для 5G предусматриваются новые случаи использования в области критичной связи машинного типа, которая определяется ITU как сверхнадежная связь с низкой задержкой. Примерными случаями использования являются автоматизация распределения в интеллектуальных энергосетях, промышленное производство и управление, автономные транспортные средства, дистанционное управление машинами, дистанционная хирургия. Для этих применений используются требования к надежности и доступности, которые определены в этом разделе. Типичными применениями являются процессы управления, которые обычно работают с некоторого рода контуром обратной связи и сенсорным вводом, управляющим исполнительным элементом, и зависят от "детерминированного" поведения базовой системы связи. Надежность определяет, до какого уровня может быть удовлетворено детерминированное поведение, например желательная информация будет успешно принята в нужное время.

[1386] Надежность - надежность соединения определяется как вероятность того, что сообщение будет успешно передано к приемнику в пределах заданной задержки. Например, надежность может потребовать, чтобы управляющие сообщения доставлялись в приемник с гарантией 99,9999% и с задержкой 1 мс. Это означает, что только 0,0001% пакетов либо теряются из-за ошибок передачи, либо задерживаются из-за перегрузки или нагрузки на канал или слишком низкой достижимой скорости передачи данных. Эта надежность обеспечивается в отношении максимального размера сообщения, так что задержка может быть связана с требуемой скоростью передачи данных. Надежность связана с надежностью возможности соединения (связности), обеспечиваемой от передатчика к приемнику; связность может быть обеспечена одной радиолинией или набором радиолиний (например, на разных частотных уровнях, с различными антенными узлами или даже на основе разных RAT), которые совместно обеспечивают возможность соединения. Надежность требует наличия достаточного количества радиоресурсов для передачи при достаточно высоком SINR по линиям связи. SINR должно позволять радиолинии удовлетворять требуемую скорость передачи данных и задержку, а также обеспечивать достаточные запасы по замиранию для желательного уровня надежности.

[1387] Доступность услуги - для услуги с определенной надежностью и низкой задержкой - пары надежности и предела задержки - может быть определена доступность услуги, которая определяет, до какого уровня обеспечивается задержка-надежность в пространстве и времени. В ограниченных средах может потребоваться высокая доступность, например, посредством соглашения об уровне обслуживания. Например, на промышленном предприятии может быть задана доступность, например, 99,9999%, так что 99,9999% передач во времени и в пространстве удовлетворяют требованиям надежности-задержки в помещениях предприятия. Это может быть обеспечено путем соответствующего развертывания и резервирования сети. (SLA может дополнительно ограничиваться, например, максимальным количеством устройств в области или максимальной совокупной нагрузкой приоритетного трафика). В пространственно неограниченных средах, таких как подсоединенные транспортные средства, автономно движущиеся по всему континенту, доступность не может быть легко гарантирована с помощью любой развернутой инфраструктуры. Даже при использовании самоорганизующейся (ad hoc) связи D2D между транспортными средствами доступность надежной услуги с низкой задержкой может быть обеспечена только для определенного диапазона вокруг передатчика и, возможно, с дальнейшими ограничениями максимальной плотности транспортных средств (и нагрузки приоритетного трафика).

[1388] Следует отметить, что многие системы управления, которые требуют надежных услуг с низкой задержкой, могут иметь несколько режимов работы, в зависимости от надежности и задержки связи. Например, группа автономно движущихся грузовиков может двигаться с расстоянием 4 м между транспортными средствами, если связь может быть гарантирована 99,9999% в течение 5 мс и может переключаться на расстояние 8 м между автомобилями, если может быть предоставлена задержка в 10 мс

при надежности 99%. Аналогичным образом, цикл управления производственной установкой может быть уменьшен, или оборудование с дистанционным управлением может работать только в консервативном режиме управления для неадекватных уровней надежности-задержки. Желательно, чтобы система связи могла информировать услугу об изменениях в достижимом уровне обслуживания, чтобы приложение могло адаптироваться. Эту концепцию иногда называют надежной структурой обслуживания, где изменения в уровне обслуживания указываются в индикаторе доступности.

5. Способы, оборудование радиосети и беспроводные устройства

[1389] В этом разделе, некоторые из многочисленных подробных способов и процедур, описанных выше, обобщаются и применяются к конкретным способам, сетевым узлам и беспроводным устройствам. Каждый из этих способов, оборудования радиосети и беспроводного устройства, а также их многочисленные варианты, которые описаны в более подробном описании выше, могут рассматриваться как вариант осуществления настоящего изобретения. Следует понимать, что конкретные группирования этих признаков, описанные ниже, являются примерами - возможны другие группирования и комбинации, о чем свидетельствует предыдущее подробное обсуждение.

[1390] Отметим, что в следующем обсуждении и в приведенных здесь примерах использование обозначений "первый", "второй", "третий" и т.д. означает просто отличие одного элемента от другого и не должно пониматься как указание конкретного порядка или приоритета, если контекст явно не указывает иначе.

5.1 Беспроводные устройства и способы

[1391] Как используется здесь, "беспроводное устройство" относится к устройству, способному, сконфигурированному, организованному и/или действующему для беспроводной связи с сетевым оборудованием и/или другим беспроводным устройством. В настоящем контексте, беспроводная связь включает в себя передачу и/или прием беспроводных сигналов с использованием электромагнитных сигналов. В конкретных вариантах осуществления, беспроводные устройства могут быть выполнены с возможностью передачи и/или приема информации без прямого вмешательства человека. Например, беспроводное устройство может быть сконструировано для передачи информации в сеть по заранее определенному графику, когда оно инициируется внутренним или внешним событием или в ответ на запросы из сети. Как правило, беспроводное устройство может представлять любое устройство, способное, сконфигурированное, организованное и/или действующее для беспроводной связи, например, устройства радиосвязи. Примеры беспроводных устройств включают в себя, без ограничения указанным, пользовательское оборудование (UE), такое как смартфоны. Другие примеры включают в себя беспроводные камеры, планшетные компьютеры с поддержкой беспроводной связи, встроенное в ноутбук оборудование (LEE), установленное на ноутбуке оборудование (LME), USB-аппаратные ключи ("донглы") и/или беспроводное оборудование в помещениях клиентов (CPE).

[1392] В качестве одного конкретного примера, беспроводное устройство может представлять UE, выполненное с возможностью связи в соответствии с одним или более стандартами связи, обнародованными Проектом партнерства третьего поколения (3GPP), таким как стандарты 3GPP, UMTS, LTE и/или 5G. Используемый здесь термин "пользовательское оборудование" или "UE" необязательно может иметь "пользователя" в смысле человека-пользователя, который владеет и/или управляет соответствующим устройством. Вместо этого, UE может представлять устройство, которое предназначено для продажи пользователю или применения пользователем, но которое первоначально может не быть связано с конкретным человеком-пользователем. Следует также принять во внимание, что в предыдущем подробном обсуждении, термин "UE" используется для удобства еще более широко, чтобы включать, в контексте сети NX, любой тип беспроводного устройства, которое осуществляет доступ и/или обслуживается сетью NX, независимо от того, ассоциировано ли UE с "пользователем" как таковым. Таким образом, термин "UE", используемый в вышеприведенном подробном обсуждении, включает в себя, например, устройства связи машинного типа (MTC) (иногда называемые межмашинными или M2M-устройствами), а также телефонные трубки или беспроводные устройства, которые могут быть ассоциированы с "пользователем".

[1393] Некоторые беспроводные устройства могут поддерживать связь от устройства к устройству (D2D), например, путем реализации стандарта 3GPP для связи по прямой линии связи и в этом случае могут упоминаться как устройства связи D2D.

[1394] В качестве еще одного конкретного примера, в сценарии Интернета вещей (IoT), беспроводное устройство может представлять собой машину или другое устройство, которое осуществляет мониторинг и/или измерения и передает результаты такого мониторинга и/или измерений на другое беспроводное устройство и/или сетевое оборудование. В этом случае беспроводное устройство может быть межмашинным (M2M) устройством, которое может в контексте 3GPP упоминаться как устройство связи машинного типа (MTC). В качестве одного конкретного примера, беспроводным устройством может быть UE, реализующее стандарт 3GPP Интернета вещей (NB-IoT) с применением узкого луча. Конкретными примерами таких машин или устройств являются датчики, измерительные приборы, такие как измерители мощности, промышленное оборудование или домашние или персональные приборы, например, холодильники, телевизоры, личные носимые вещи, такие как часы и т.д. В других сценариях, беспровод-

ное устройство может представлять транспортное средство или другое оборудование, которое может осуществлять мониторинг и/или сообщать о своем рабочем состоянии или других функциях, связанных с его работой.

[1395] Беспроводное устройство, как описано выше, может представлять конечную точку беспроводного соединения, и в этом случае устройство может называться беспроводным терминалом. Кроме того, беспроводное устройство, как описано выше, может быть мобильным, и в этом случае его также можно назвать мобильным устройством или мобильным терминалом.

[1396] Хотя будет понятно, что конкретные варианты осуществления беспроводных устройств, обсуждаемых здесь, могут включать в себя любую из различных подходящих комбинаций аппаратных средств и/или программного обеспечения, беспроводное устройство, выполненное с возможностью работы в сетях беспроводной связи, описанных здесь, и/или в соответствии с различными описанными здесь способами, в конкретных вариантах осуществления, может быть представлено примерным беспроводным устройством 1000, показанным на фиг. 181.

[1397] Как показано на фиг. 181, примерное беспроводное устройство 1000 включает в себя антенну 1005, схему 1010 радиочастотного каскада и схему 1020 обработки, которая в проиллюстрированном примере включает в себя считываемый компьютером носитель 1025 хранения, например один или более устройств памяти. Антенна 1005 может включать в себя одну или более антенн или антенных решеток и выполнена с возможностью отправки и/или приема беспроводных сигналов и соединена со схемой 1010 радиочастотного каскада. В некоторых альтернативных вариантах осуществления, беспроводное устройство 1000 может не включать в себя антенну 1005, а антенна 1005 может вместо этого быть отдельной от беспроводного устройства 1000 и быть подключаемой к беспроводному устройству 1000 через интерфейс или порт.

[1398] Схема 1010 радиочастотного каскада, которая может содержать, например, различные фильтры и усилители, соединена с антенной 1005 и схемой 1020 обработки и выполнена с возможностью формирования сигналов, передаваемых между антенной 1005 и схемой 1020 обработки. В некоторых альтернативных вариантах осуществления, беспроводное устройство 1000 может не включать в себя схему 1010 радиочастотного каскада, и вместо этого схема 1020 обработки может быть соединена с антенной 1005 без схемы 1010 радиочастотного каскада. В некоторых вариантах осуществления, схема 1010 радиочастотного каскада выполнена с возможностью обработки сигналов в нескольких диапазонах частот, в некоторых случаях одновременно.

[1399] Схема 1020 обработки может включать в себя одну или более схем 1021 радиочастотного (RF) приемопередатчика, схему 1022 обработки основной полосы и схему 1023 обработки приложения. В некоторых вариантах осуществления, схема 1021 RF приемопередатчика, схема 1022 обработки основной полосы и схема 1023 обработки приложения могут находиться в отдельных чипсетах. В альтернативных вариантах осуществления, часть или вся схема 1022 обработки основной полосы и схема 1023 обработки приложения могут быть объединены в один чипсет, а схема 1021 RF приемопередатчика может находиться на отдельном чипсете. В альтернативных вариантах осуществления, часть или вся схема 1021 RF приемопередатчика и схема 1022 обработки основной полосы частот могут находиться на одном чипсете, а схема 1023 обработки приложения может находиться на отдельном чипсете. В других альтернативных вариантах осуществления, часть или вся схема 1021 RF приемопередатчика, схема 1022 обработки основной полосы и схема 1023 обработки приложения могут быть объединены в один и тот же чипсет. Схема 1020 обработки может включать в себя, например, один или более центральных процессоров (CPU), один или более микропроцессоров, одну или более специализированных интегральных схем (ASIC) и/или одну или более программируемых вентильных матриц (FPGA).

[1400] В конкретных вариантах осуществления, некоторые или все функциональные возможности, описанные в настоящем документе как релевантные для пользовательского оборудования, устройства МТС или другого беспроводного устройства, могут быть реализованы в беспроводном устройстве или, в качестве альтернативы, могут быть реализованы схемой 1020 обработки, выполняющей инструкции, сохраненные на считываемом компьютером носителе 1025 хранения, как показано на фиг. 181. В альтернативных вариантах осуществления, некоторые или все функциональные возможности могут предоставляться схемой 1020 обработки без выполнения инструкций, хранящихся на считываемом компьютером носителе, например, аппаратно реализованным способом. В любом из этих конкретных вариантов осуществления, с выполнением инструкций, сохраненных на считываемом компьютером носителе хранения или нет, можно сказать, что схема 1020 обработки выполнена с возможностью осуществления описанной функциональности. Преимущества, предоставляемые такой функциональностью, не ограничиваются только схемой 1020 обработки или другими компонентами беспроводного устройства, но используются беспроводным устройством в целом и/или, в общем, конечными пользователями и беспроводной сетью.

[1401] Схема 1020 обработки может быть выполнена с возможностью осуществления любых операций определения, описанных здесь. Определение, выполняемое схемой 1020 обработки, может включать в себя обработку информации, получаемой схемой 1020 обработки, путем, например, преобразования полученной информации в другую информацию, сравнения полученной информации или преобразованной информации с информацией, хранящейся в беспроводном устройстве, и/или выполнения одной или

более операций на основе полученной информации или преобразованной информации и, в результате указанной обработки, выполнение определения.

[1402] Антенна 1005, схема 1010 радиочастотного каскада и/или схема 1020 обработки могут быть выполнены с возможностью осуществления любых описанных здесь операций передачи. Любая информация, данные и/или сигналы могут передаваться на сетевое оборудование и/или другое беспроводное устройство. Аналогично, антенна 1005, схема 1010 радиочастотного каскада и/или схема 1020 обработки могут быть выполнены с возможностью осуществлять любые операции приема, описанные здесь как выполняемые беспроводным устройством. Любая информация, данные и/или сигналы могут приниматься от сетевого оборудования и/или другого беспроводного устройства.

[1403] Считываемый компьютером носитель 1025 хранения, как правило, способен хранить инструкции, такие как компьютерная программа, программное обеспечение, приложение, включающее в себя одно или более из логики, правил, кодов, таблиц и т.д., и/или другие инструкции, которые могут выполняться процессором. Примеры считываемого компьютером носителя 1025 хранения включают в себя компьютерную память (например, память с произвольным доступом (RAM) или постоянную память (ROM)), носители массовой памяти (например, жесткий диск), съемные носители хранения (например, компакт-диск (CD) или цифровой видеодиск (DVD)) и/или любые другие энергозависимые или энергонезависимые, невременные, считываемые компьютером и/или исполняемые компьютером, устройства памяти, которые хранят информацию, данные и/или инструкции, которые могут использоваться схемой 1020 обработки. В некоторых вариантах осуществления, схема 1020 обработки и считываемый компьютером носитель 1025 хранения могут считаться интегрированными.

[1404] Альтернативные варианты осуществления беспроводного устройства 1000 могут включать в себя дополнительные компоненты, кроме тех, которые показаны на фиг. 181, которые могут отвечать за предоставление определенных аспектов функциональности беспроводного устройства, включая любую функциональность, описанную здесь, и/или любую функциональность, необходимую для поддержки описанного выше решения. В качестве одного примера, беспроводное устройство 1000 может включать в себя интерфейсы, устройства и схемы ввода, а также интерфейсы, устройства и схемы вывода. Интерфейсы, устройства и схемы ввода сконфигурированы так, что позволяют вводить информацию в беспроводное устройство 1000, и соединены со схемой 1020 обработки, чтобы позволить схеме обработки 1020 обрабатывать информацию ввода. Например, интерфейсы, устройства и схемы ввода могут включать в себя микрофон, датчик приближения или другой датчик, клавиши/кнопки, сенсорный дисплей, одну или более камер, USB-порт или другие элементы ввода. Интерфейсы, устройства и схемы вывода выполнены с возможностью выводить информацию из беспроводного устройства 1000, и соединены со схемой 1020 обработки так, что позволяют схеме обработки 1020 выводить информацию из беспроводного устройства 1000. Например, интерфейсы, устройства или схемы вывода могут включать в себя динамик, дисплей, схему вибрации, USB-порт, интерфейс для наушников или другие элементы вывода. Используя один или более интерфейсов, устройств и схем ввода и вывода, беспроводное устройство 1000 может осуществлять связь с конечными пользователями и/или беспроводной сетью и позволяет им извлекать выгоду из функциональности, описанной здесь.

[1405] В качестве другого примера, беспроводное устройство 1000 может включать в себя схему 1030 источника питания. Схема 1030 источника питания может содержать схему управления питанием. Схема источника питания может принимать питание от источника питания, который может либо содержаться в схеме 1030 источника питания, либо быть внешним по отношению к ней. Например, беспроводное устройство 1000 может содержать источник питания в виде батареи или батарейного блока, который может быть либо соединен со схемой 1030 источника питания, либо включен в нее. Могут также использоваться другие типы источников энергии, например, фотоэлектрические устройства. В качестве другого примера, беспроводное устройство 1000 может быть подключаемым к внешнему источнику питания (например, к электрической розетке) через схему или интерфейс ввода, например, электрический кабель, посредством чего внешний источник питания подает питание на схему 1030 источника питания.

[1406] Схема 1030 источника питания может быть подключена к схеме 1010 радиочастотного каскада, схеме 1020 обработки и/или считываемому компьютером носителю 1025 хранения и выполнена с возможностью обеспечения беспроводного устройства 1000, включая схему 1020 обработки, мощностью для выполнения описанных здесь функций.

[1407] Беспроводное устройство 1000 может также включать в себя несколько наборов схемы 1020 обработки, считываемого компьютером носителя 1025 хранения, схемы 1010 радиочастотного каскада и/или антенны 1005 для различных беспроводных технологий, интегрированных в беспроводное устройство 1000, таких как, например, GSM, WCDMA, LTE, NR, WiFi или Bluetooth. Эти беспроводные технологии могут быть интегрированы в один и тот же или разные чипсеты и другие компоненты в беспроводном устройстве 1000.

[1408] Беспроводное устройство 1000, в различных вариантах осуществления, приспособлено для выполнения любой из множества комбинаций признаков и методов, описанных здесь. В некоторых вариантах осуществления, например, схема 1020 обработки, например, с использованием антенны 1005 и схемы 1010 радиочастотного каскада, выполнена с возможностью приема сигнала нисходящей линии

связи, содержащего индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, использования индекса конфигурации доступа к восходящей линии связи для идентификации конфигурации доступа к восходящей линии связи из предопределенного множества конфигураций доступа к восходящей линии связи и передачи в сеть беспроводной связи в соответствии с идентифицированной конфигурацией доступа к восходящей линии связи. Как обсуждалось в разделе 3.2.2 выше, этот индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи является указателем в таблицу конфигураций доступа к восходящей линии связи. Этот указатель может быть извлечен, например, из SSI, как описано выше, в то время как конфигурации доступа к восходящей линии связи принимаются как AIT. Как подробно описано выше, преимущество, обеспечиваемое использованием индекса конфигурации доступа к восходящей линии связи, заключается в том, что широковещательно передаваемая информация может быть уменьшена. Множество конфигураций доступа к восходящей линии связи, из которых извлекается конкретная конфигурация доступа к восходящей линии связи с использованием индекса конфигурации доступа к восходящей линии связи, может распределяться отдельно от широковещательной передачи самого индекса.

[1409] Схема 1020 обработки также выполнена с возможностью приема, в первом подкадре нисходящей линии связи, первой передачи OFDM, отформатированной в соответствии с первой нумерологией, и приема, во втором подкадре нисходящей линии связи, второй передачи OFDM, отформатированной в соответствии со второй нумерологией, вторая нумерология отличается от первой нумерологий. Первая нумерология может, например, иметь первый шаг поднесущей (или первую ширину полосы поднесущей), а вторая нумерология может иметь второй шаг поднесущей (или вторую ширину полосы поднесущей), причем первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей. Следует отметить, что "нумерология", как этот термин используется здесь, относится к конкретной комбинации ширины полосы поднесущей OFDM, длины циклического префикса и длины подкадра. Термин ширина полосы поднесущей, которая относится к ширине полосы, занятой одной поднесущей, непосредственно связан и иногда используется взаимозаменяемо с шагом поднесущей. Как подробно описано выше, например, в разделе 2.3, доступность и использование различных нумерологий позволяет лучше согласовать физический уровень с конкретными приложениями и требованиями к случаям использования.

[1410] В некоторых вариантах осуществления, компоненты беспроводного устройства 1000 и, в частности, схемы 1020 обработки также выполнены с возможностью осуществления способа 18200, как показано на фиг. 182, или в соответствии с любым из других вариантов осуществления способа, описанных ниже. Способ 18200 включает в себя прием сигнала нисходящей линии связи, содержащего индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, использование индекса конфигурации доступа к восходящей линии связи для идентификации конфигурации доступа к восходящей линии связи из предопределенного множества конфигураций доступа к восходящей линии связи и передачу в сеть беспроводной связи в соответствии с идентифицированной конфигурацией доступа к восходящей линии связи (блок 18210). Способ 18200 также включает в себя прием, в первом подкадре нисходящей линии связи, первой передачи OFDM, отформатированной в соответствии с первой нумерологией, и прием, во втором подкадре нисходящей линии связи, второй передачи OFDM, отформатированной в соответствии со второй нумерологией, вторая нумерология отличается от первой нумерологий (блок 18220). Первая нумерология может, например, иметь первый шаг поднесущей (или первую ширину полосы поднесущей), а вторая нумерология может иметь второй шаг поднесущей (или вторую ширину полосы поднесущей), первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей. Первая передача OFDM может иметь нумерологию в соответствии со спецификациями для LTE, тем самым обеспечивая сосуществование с унаследованным LTE. Кроме того, способ 18200 может содержать прием широковещательно передаваемой информации о доступе к системе и использование принятой информации о доступе к системе для доступа к сети беспроводной связи. Первый и второй подкадры нисходящей линии связи могут быть приняты на одной и той же несущей частоте (см., например, [0583]), что имеет то преимущество, что на той же самой несущей могут быть разные нумерологий.

[1411] В качестве примера, первая и вторая нумерологий могут содержать подкадры первой и второй длин подкадра, соответственно, причем первая длина подкадра отличается от второй длины подкадра. Подкадры первой и второй нумерологий могут содержать, соответственно, первое и второе предопределенное количество символов OFDM, см., например, [0536] и [0553]. Таким образом, может существовать стандартизованный временной интервал (например, 1 мс), и различные нумерологий используют отличающееся количество символов OFDM для перекрытия этого временного интервала. Такой стандартизованный или общий временной интервал имеет преимущества в обеспечении радио сосуществования. По меньшей мере одна из первой и второй нумерологий может содержать подкадры длительностью 250 микросекунд или менее, см. [0536], [0553] или табл. 3. Способ может дополнительно содержать запрашивание дополнительной системной информации из сети беспроводной связи и прием дополнительной системной информации из сети беспроводной связи, в ответ на упомянутое запрашивание, также см. [0745], [0756], [0756]. Это имеет преимущество в том, что системная информация может быть запрошена только в случае необходимости. Кроме того, способ может содержать прием дополнительной системной информации из сети беспроводной связи в выделенной передаче, также см. [0745], [0756], [0756]. Это имеет преимущество в том, что дополнительная системная информация может быть отправлена только

на те беспроводные устройства (например, UE), которые явно запрашивают ее. Первая передача OFDM может быть частотно-мультиплексированной и по меньшей мере частично перекрывающейся по времени со второй передачей OFDM, см., например, [0527] и фиг. 46. Например, передачи, использующие разные нумерологии, могут приниматься одновременно. Из-за разных длин, перекрытие может быть частичным. Как также описано в [0541] или [0583], способ может дополнительно содержать прием, в первом по времени символе OFDM первого или второго подкадра нисходящей линии связи, управляющей сигнализации нисходящей линии связи в первом наборе поднесущих первого по времени символа OFDM и выделенных пользовательских данных во втором наборе поднесущих первого по времени символа OFDM. Предпочтительно принимать управляющую сигнализацию, например, информацию о распределении ресурсов, как можно раньше в подкадре (первом символе OFDM), и если эта информация показывает, что данные распределены также в этом первом символе, UE может начать декодировать пользовательские данные уже после приема первого символа OFDM. Это уменьшает задержку до наименьшего возможного значения. Это полезно, например, для приложений в реальном времени, где существует проблема с задержкой. Способ может дополнительно содержать передачу данных положительного квитирования (ACK) или отрицательного квитирования (NACK) в ответ на первую передачу OFDM в первом подкадре нисходящей линии связи, в последнем символе OFDM интервала подкадра восходящей линии связи, по меньшей мере частично перекрывающего первый подкадр нисходящей линии связи, см. например [0541] или [0583]. После приема и декодирования пользовательских данных нисходящей линии связи в подкадре нисходящей линии связи, беспроводное устройство может как можно скорее отправить ответ ACK/NAK в соответствующем подкадре восходящей линии связи. Такой быстрый ответ возможен, например, когда декодирование может начаться очень рано, как описано выше. Как описано, например, в [686] или [693], первый подкадр нисходящей линии связи может содержать один или более опорных символов в первом по времени символе OFDM первого подкадра нисходящей линии связи, и способ также может содержать начало декодирования первой передачи OFDM в первом подкадре нисходящей линии связи перед тем, как закончится длительность первого подкадра нисходящей линии связи, с использованием оценки канала на основе одного или более опорных символов. Способ может дополнительно содержать прием информации, определяющей множество конфигураций доступа к восходящей линии связи на первой несущей, причем сигнал нисходящей линии связи, содержащий индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, может приниматься на второй несущей, отличающийся от упомянутой первой несущей, см., например, [0778]. Таким образом, наиболее подходящая несущая может выбираться для соответствующих различных типов передачи. Способ может дополнительно содержать прием третьей передачи OFDM, отформатированной в соответствии с первой нумерологией, причем третья передача OFDM занимает интервал времени передачи (TTI), имеющий длину, равную множеству подкадров в соответствии с первой нумерологией. Предпочтительно иметь возможность получать предоставление множества подкадров для данных, если имеется большой объем данных для отправки. По меньшей мере одна из первой и второй передач OFDM может представлять собой расширенную дискретным преобразованием Фурье передачу OFDM (DFTS-OFDM), см. например, [0525] или [0532]. DFTS-OFDM является предпочтительным потому, что оно имеет меньшее отношение пиковой к средней мощности, чем чистое OFDM, что упрощает проектирование усилителя мощности и сокращает затраты.

[1412] В некоторых вариантах осуществления, способ 18200, рассмотренный выше, или другой способ может дополнительно включать в себя прием и обработку первых данных уровня 2 на первом физическом канале данных и прием и обработку вторых данных уровня 2 на втором физическом канале данных, как показано в блоках 18230 и 18232 на фиг. 183. Примеры этого были представлены выше, где первый и второй физические каналы данных назывались повторно передаваемыми и прямыми каналами или gPDCN и dPDCN, соответственно. Прием и обработка первых данных уровня 2 содержит использование мягкого объединения HARQ, а прием и обработка вторых данных уровня 2 не содержат мягкого объединения HARQ. Это может включать в себя использование общего набора опорных сигналов демодуляции для приема как первых, так и вторых данных уровня 2. Преимущество этого использования двух типов физических каналов данных заключается в том, что исправление ошибок и непроизводительные издержки, ассоциированные с каждым из каналов, могут быть лучше согласованы с конкретными типами данных, передаваемых соответствующими каналами. Может быть выгодно использовать один и тот же набор опорных сигналов для демодуляции управляющих и пользовательских данных, поскольку это означает меньшие непроизводительные издержки опорных сигналов. Кроме того, базовая станция может использовать формирование луча как для управления, так и для данных, но беспроводное устройство (UE) не обязательно должно знать об этом факте, поскольку опорная сигнализация и управляющие и пользовательские данные испытывают влияние одних и тех же весов луча. Как описано в [0401]-[0403] или [0417], общий набор опорных сигналов демодуляции может представлять собой набор опорных сигналов демодуляции, индивидуальный для пользователя. Поскольку лучи базовой станции могут быть специфическими для пользователя, опорная сигнализация может также быть специфической для пользователя. Способ может дополнительно содержать прием физического канала управления с использованием набора опорных сигналов демодуляции, который отличается от общего набора опорных сигналов демодуляции.

[1413] В некоторых случаях, подход с одним управлением радиоресурсами (RRC) может использоваться для обработки как первой, так и второй передач OFDM, например, в комбинации с некоторыми или всеми функциями, рассмотренными выше. Этот подход с одним RRC обсуждался выше, например, в разделе 2.1.4. Отметим, что, в подробном обсуждении выше, термин "RRC" часто используется в качестве сокращения для более точного термина уровня протокола управления радиоресурсами или уровня протокола RRC, который представляет собой набор процедур, которые обеспечивают управление радиоресурсами, например, как специфицировано промышленными стандартами и как реализуется соответствующими программными модулями в беспроводных устройствах и оборудовании радиосети. К примеру, способ 18200 или другой способ, как показано на фиг. 184, может дополнительно включать в себя обработку данных из первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола MAC (блок 18240) и обработку данных из второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, причем первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC (блок 18242). Этот способ может дополнительно включать в себя обработку сообщений, принимаемых от каждого из первого и второго уровней протокола MAC с использованием одного общего уровня протокола RRC (блок 18244). Преимущество такого подхода заключается в том, что обработка RRC для двух физических каналов, которые могут быть каналом на основе LTE и каналом на основе NX, например, заключается в том, что обработка RRC является более тесно интегрированной и эффективной.

[1414] В некоторых случаях, вместо этого может использоваться подход с двумя RRC, вновь, например, как описано в разделе 2.1.4. В этом случае, способ 18200 или другой способ, как показано на фиг. 185, дополнительно включает в себя обработку данных из первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола MAC (блок 18250) и обработку данных из второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, где первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC (блок 18252). Способ 18200 может дополнительно включать в себя обработку сообщений, принятых через первый уровень протокола MAC, с использованием первого уровня протокола RRC и обработку сообщений, принятых через второй уровень протокола MAC, с использованием второго уровня протокола RRC, причем первый уровень протокола RRC отличается от второго уровня протокола RRC (блок 18252). По меньшей мере первый один из первого и второго уровней протокола RRC выполнен с возможностью передачи выбранных сообщений RRC на другой один из первого и второго уровней протокола RRC. Выбранные сообщения RRC представляют собой сообщения RRC, принимаемые и обрабатываемые первым одним из первого и второго уровней протокола RRC, но предназначенные для другого одного из первого и второго уровней протокола RRC. Как обсуждалось в разделе 2.1.4.2, этот подход предусматривает независимую спецификацию уровней протокола RRC в контексте работы с двумя разными RAT (например, NX и LTE) и позволяет изменять каждый уровень протокола RRC независимо от другого.

[1415] Способ 18200 или другой способ, как показано на фиг. 186, может дополнительно включать в себя передачу третьих данных уровня 2 по третьему физическому каналу данных (блок 18260) и передаче четвертых данных уровня 2 по четвертому физическому каналу данных (блок 18262). Передача третьих данных уровня 2 содержит использование процесса HARQ, поддерживающего мягкое объединение, а передача четвертых данных уровня 2 не содержит использования процесса HARQ. Эти третий и четвертый физические каналы данных соответствуют повторно передаваемым и прямым каналам, подробно обсуждаемым выше.

[1416] В некоторых случаях, способ 18200 или другой способ, как показано на фиг. 177, включает в себя работу в режиме соединения для одного или более первых интервалов и работу в неактивном режиме для одного или более вторых интервалов, причем первая и вторая передачи OFDM выполняются в режиме соединения (блок 18270). Подробная информация о таком неактивном состоянии в контексте NX была приведена выше, например, в разделе 1.2. Работа в неактивном режиме содержит мониторинг сигналов, переносящих идентификаторы областей отслеживания (блок 18272), сравнение идентификаторов областей отслеживания, принятых во время мониторинга, со списком идентификаторов областей отслеживания (блок 18274), и уведомление сети беспроводной связи в ответ на определение, что принятый идентификатор области отслеживания отсутствует в списке, но в противном случае воздержание от уведомления сети беспроводной связи в ответ на прием измененных идентификаторов областей отслеживания (блок 18276). Примерные детали этого поведения, связанного с отслеживанием, описаны выше, в разделе 3.2.4.1. В подробном обсуждении, приведенном выше, примеры этих идентификаторов областей отслеживания назывались кодами областей отслеживания RAN (TRAC), которые соответствуют конкретной области отслеживания RAN и которые могут приниматься в индексе сигнала области отслеживания RAN. Следует отметить, что это неактивное состояние позволяет беспроводному устройству перемещаться в пределах зоны отслеживания без сообщения в сеть, обеспечивая тем самым более эффективную работу и меньшую сигнализацию.

[1417] Способ 18200 может включать в себя передачу, в сеть беспроводной связи, указателя возможностей, указатель возможностей идентифицирует набор возможностей, для беспроводного устройства, сохраненных в сети беспроводной связи. Таким образом, вместо отправки набора возможностей, беспроводное устройство может отправить указатель на уже сохраненный набор возможностей в сети. Подробная информация этого подхода приведена выше в разделе 2.1.5.3. Как уже отмечалось, этот подход

позволяет продолжать эволюцию новых возможностей беспроводных устройств, не требуя постоянных обновлений сигнализации, чтобы указывать эти возможности. Набор возможностей может включать в себя по меньшей мере одно из поставщика беспроводного устройства (например, поставщика UE), версии возможностей или проприетарной информации беспроводного устройства (например, проприетарной информации UE) или сети, см. [0345] или фиг. 10. Способ может содержать передачу в сеть беспроводной связи с использованием расширенной дискретным преобразованием Фурье передачи OFDM (DFTS-OFDM).

[1418] Как подробно описано выше, беспроводные устройства в соответствии со многими вариантами осуществления, описанными здесь, могут использовать запланированные передачи, передачи на конкурентной основе или их комбинацию. Таким образом, способ 18200 может включать в себя передачу в сеть беспроводной связи с использованием протокола доступа на конкурентной основе. Протокол доступа на конкурентной основе может содержать механизм доступа с прослушиванием канала перед передачей (LBT). Передача в сеть беспроводной связи с использованием протокола доступа на конкурентной основе может содержать передачу сообщения, которое указывает идентификатор буфера гибридного автоматического запроса повторной передачи (HARQ), ассоциированного с сообщением, см. [0454]. Как описано в [0457], передача в сеть беспроводной связи с использованием протокола доступа на конкурентной основе может выполняться в ответ на первый прием сигнала готовности к передаче. Передача в сеть беспроводной связи с использованием протокола доступа на конкурентной основе может выполняться в ответ на прием сообщения, предоставляющего ресурсы восходящей линии связи для передачи в соответствии с протоколом доступа на конкурентной основе, см. [0453]. Как описано в [0454], передача в сеть беспроводной связи с использованием протокола доступа на конкурентной основе может содержать передачу сообщения, которое указывает идентификатор беспроводного устройства, например идентификатор UE. Передача в сеть беспроводной связи с использованием протокола доступа на конкурентной основе может содержать передачу с использованием ресурса на конкурентной основе, который предварительно запланирован для потенциального использования, см. [0413] или [0428].

[1419] Способ 18200 или другой способ, как показано на фиг. 188, может включать в себя измерение первого опорного сигнала мобильности по первому принимаемому лучу (блок 18280) и измерение второго опорного сигнала мобильности по второму принимаемому лучу, причем второй опорный сигнал мобильности отличается от первого опорного сигнала мобильности (блок 18282). Эти опорные сигналы мобильности упоминаются как MRS в подробной системе, описанной выше, например, при обсуждении передачи на основе луча и обратной связи в разделе 3.4, а также в обсуждении мобильности в разделе 3.5. Способ 18200 может дополнительно включать в себя сообщение результатов измерения первого и второго опорных сигналов мобильности в сеть беспроводной связи (блок 18284). Первый опорный сигнал мобильности может содержать конкатенацию первого сигнала временной и частотной синхронизации (TSS) и первого опорного сигнала луча (BRS) во времени в один символ OFDM, см. [0629]. Кроме того, как описано в [0629], конкатенация первого сигнала временной и частотной синхронизации (TSS) и первого опорного сигнала луча (BRS) во времени в один символ OFDM может быть выполнена в соответствии с предкодированием дискретного преобразования Фурье (DFT). Способ 18200 также может включать в себя прием, в ответ на сообщение результатов, команды на переключение с приема данных по текущему лучу нисходящей линии связи на прием данных по другому лучу нисходящей линии связи (блок 18286). Способ 18200 может включать в себя прием значения временного опережения для применения к другому лучу нисходящей линии связи (блок 18288). Этот подход обеспечивает активную мобильность на основе луча, подробно описанную в разделах с 3.5.2 по 3.5.4, в отличие от мобильности на основе соты, используемой в обычных беспроводных системах. Прием, по меньшей мере, одной из первой и второй передач OFDM может содержать декодирование по меньшей мере одной из упомянутых первой и второй передач OFDM с использованием полярного кода, см. [02326]. Как также описано в [0236], прием по меньшей мере одной из первой и второй передач OFDM может содержать декодирование по меньшей мере одной из первой и второй передач OFDM с использованием кода с малой плотностью проверок на четность (LDPC).

5.2 Оборудование и способы радиосети

[1420] Используемый здесь термин "сетевое оборудование" относится к оборудованию, способному, сконфигурированному, организованному и/или действующему для непосредственного или опосредованного осуществления связи с беспроводным устройством и/или с другим оборудованием в сети беспроводной связи, которые предоставляют возможность и/или обеспечивают беспроводной доступ беспроводному устройству. Примеры сетевого оборудования включают в себя, без ограничения указанным, точки доступа (AP), в частности, точки радиодоступа. Сетевое оборудование может представлять базовые станции (BS), такие как базовые радиостанции. Конкретные примеры базовых радиостанций включают в себя узлы В и развитые узлы В (eNB). Базовые станции могут быть классифицированы на основе величины предоставляемого ими покрытия (или, иначе говоря, их уровней мощности передачи) и могут тогда также упоминаться как фемто базовые станции, пико базовые станции, микро базовые станции или макро базовые станции. "Сетевое оборудование" также включает в себя одну или более (или все) частей распределенной базовой радиостанции, например, централизованные цифровые блоки и/или удаленные

радиоблоки (RRU), иногда называемые удаленными радиоголовками (RRH). Такие удаленные радиоблоки могут или не могут быть интегрированы с антенной в качестве встроенного в антенну радио. Части распределенных базовых радиостанций также могут упоминаться как узлы в распределенной антенной системе (DAS).

[1421] В качестве конкретного неограничивающего примера, базовая станция может быть ретрансляционным узлом или донорным узлом ретранслятора, управляющим ретранслятором.

[1422] Другие примеры сетевого оборудования включают в себя радиооборудование, работающее с несколькими стандартами (MSR), такое как MSR BS, сетевые контроллеры, такие как контроллеры радиосети (RNC) или контроллеры базовой станции (BSC), базовые приемопередающие станции (BTS), точки передачи, узлы передачи, объекты мульти-сотовой/многоадресной координации (MCE), узлы базовой сети (например, MSC, MME), узлы O&M, узлы OSS, узлы SON, узлы позиционирования (например, E-SMLC) и/или MDT. В общем случае, сетевое оборудование может представлять любое подходящее устройство (или группу устройств), способное, сконфигурированное, организованное и/или действующее для разрешения и/или предоставления доступа беспроводному устройству к сети беспроводной связи или для предоставления некоторой услуги беспроводному устройству, которое имеет доступ к сети беспроводной связи.

[1423] Используемый здесь термин "оборудование радиосети" используется для обозначения сетевого оборудования, которое включает в себя возможности радиосвязи. Таким образом, примерами оборудования радиосети являются базовые радиостанции и точки радиодоступа, рассмотренные выше. Понятно, что некоторое оборудование радиосети может содержать оборудование, которое является распределенным, например, распределенные базовые радиостанции (с RRH и/или RRU), рассмотренные выше. Следует принимать во внимание, что различные ссылки здесь на eNB, eNodeB, узлы B и т.п. ссылаются на примеры оборудования радиосети. Следует также понимать, что термин "оборудование радиосети", как используется здесь, может относиться к одной базовой станции или одному радиоузлу, в некоторых случаях, или к множеству базовых станций или узлов, например, в разных местоположениях. В некоторых случаях, этот документ может ссылаться на "экземпляр" оборудования радиосети, чтобы более четко описывать определенные сценарии, в которых задействованы несколько различных вариантов или установок радиооборудования. Однако отсутствие ссылки на "экземпляр" в связи с обсуждением оборудования радиосети не следует понимать как означающее, что упоминается только один экземпляр. Данный экземпляр оборудования радиосети может альтернативно упоминаться как "узел радиосети", где использование слова "узел" означает, что упомянутое оборудование работает как логический узел в сети, но не означает, что все компоненты обязательно расположены вместе.

[1424] Хотя оборудование радиосети может включать в себя любую подходящую комбинацию аппаратных средств и/или программного обеспечения, пример экземпляра оборудования 1100 радиосети иллюстрируется более подробно на фиг. 189. Как показано на фиг. 189, примерное оборудование 1100 радиосети включает в себя антенну 1105, схему 1110 радиочастотного каскада и схему 1120 обработки, которая в проиллюстрированном примере включает в себя считываемый компьютером носитель 1025 хранения, например, одно или более устройств памяти. Антенна 1105 может включать в себя одну или более антенн или антенных решеток и выполнена с возможностью отправки и/или приема беспроводных сигналов и соединена со схемой 1110 радиочастотного каскада. В некоторых альтернативных вариантах осуществления, оборудование 1100 радиосети может не включать в себя антенну 1005, а вместо этого антенна 1005 может быть отдельной от оборудования 1100 радиосети и может быть подключаемой к оборудованию 1100 радиосети через интерфейс или порт. В некоторых вариантах осуществления, все или части схемы 1110 радиочастотного каскада могут быть расположены в одном или более местоположениях, помимо схемы 1120 обработки, например, в RRH или RRU. Аналогично, части схемы 1120 обработки могут быть физически отделены друг от друга. Оборудование 1100 радиосети также может включать в себя схему 1140 интерфейса связи для связи с другими сетевыми узлами, например, с другим оборудованием радиосети и с узлами в базовой сети.

[1425] Схема 1110 радиочастотного каскада, которая может содержать, например, различные фильтры и усилители, соединена с антенной 1105 и схемой 1120 обработки и выполнена с возможностью формирования сигналов, передаваемых между антенной 1105 и схемой 1120 обработки. В некоторых альтернативных вариантах осуществления, оборудование 1100 радиосети может не включать в себя схему 1110 радиочастотного каскада, и вместо этого схема 1120 обработки может быть соединена с антенной 1105 без схемы 1110 радиочастотного каскада. В некоторых вариантах осуществления, схема 1110 радиочастотного каскада выполнена с возможностью обработки сигналов в нескольких диапазонах частот, в некоторых случаях одновременно.

[1426] Схема 1120 обработки может включать в себя одну или более схем 1121 RF приемопередатчика, схему 1122 обработки основной полосы и схему 1123 обработки приложения. В некоторых вариантах осуществления, схема 1121 RF приемопередатчика, схема 1122 обработки основной полосы и схема 1123 обработки приложения могут находиться в отдельных чипсетах. В альтернативных вариантах осуществления, часть или все из схемы 1122 обработки основной полосы и схемы 1123 обработки приложения могут быть объединены в один чипсет, а схема 1121 RF приемопередатчика может находиться в от-

дельном чипсете. В альтернативных вариантах осуществления, часть или все из схемы 1121 RF приемопередатчика и схемы 1122 обработки основной полосы могут находиться в одном чипсете, а схема 1123 обработки приложения может находиться в отдельном чипсете. В других альтернативных вариантах осуществления, часть или все из схемы 1121 RF приемопередатчика, схемы 1122 обработки основной полосы частот и схемы 1123 обработки приложения могут объединяться в один и тот же чипсет. Схема 1120 обработки может включать в себя, например, один или более центральных CPU, один или более микропроцессоров, одну или более ASIC и/или одну или более FPGA.

[1427] В конкретных вариантах осуществления, некоторые или все из функциональных возможностей, описанных здесь как релевантные для оборудования радиосети, базовой радиостанции, eNB и т.д., могут быть реализованы в оборудовании радиосети или, в качестве альтернативы, могут быть реализованы схемой 1120 обработки, выполняющей инструкции, сохраненные на считываемом компьютером носителе 1125 хранения, как показано на фиг. 183. В альтернативных вариантах осуществления, некоторые или все функциональные возможности могут предоставляться схемой 1120 обработки без выполнения инструкций, сохраненных на считываемом компьютером носителе, например, аппаратно реализованным способом. В любом из этих конкретных вариантов осуществления, независимо от того, исполняются ли инструкции, сохраненные на считываемом компьютером носителе данных, или нет, можно сказать, что схема обработки выполнена с возможностью осуществления описанной функциональности. Преимущества, предоставляемые такой функциональностью, не ограничиваются только схемой 1120 обработки или отдельными компонентами оборудования радиосети, но обеспечиваются оборудованием 1100 радиосети в целом и/или, в общем, конечными пользователями и беспроводной сетью.

[1428] Схема 1120 обработки может быть выполнена с возможностью осуществления любых операций определения, описанных здесь. Определение, выполняемое схемой 1120 обработки, может включать в себя обработку информации, полученной схемой 1120 обработки, путем, например, преобразования полученной информации в другую информацию, сравнения полученной информации или преобразованной информации с информацией, сохраненной в оборудовании радиосети, и/или выполнения одной или более операций на основе полученной информации или преобразованной информации и в результате указанной обработки выполнение определения.

[1429] Антенна 1105, схема 1110 радиочастотного каскада и/или схема 1120 обработки могут быть выполнены с возможностью осуществления любых описанных здесь операций передачи. Любая информация, данные и/или сигналы могут передаваться на любое сетевое оборудование и/или беспроводное устройство. Аналогично, антенна 1105, схема 1110 радиочастотного каскада и/или схема 1120 обработки могут быть выполнены с возможностью осуществлять любые операции приема, описанные здесь как выполняемые оборудованием радиосети. Любая информация, данные и/или сигналы могут приниматься от любого сетевого оборудования и/или беспроводного устройства.

[1430] Считываемый компьютером носитель 1125 хранения, как правило, способен хранить инструкции, такие как компьютерная программа, программное обеспечение, приложение, включающее в себя одно или более из логики, правил, кодов, таблиц и т.д. и/или другие инструкции, которые могут выполняться процессором. Примеры считываемого компьютером носителя 1125 хранения включают в себя компьютерную память (например, RAM или ROM), носители массовой памяти (например, жесткий диск), съемные носители хранения (например, CD или DVD) и/или любые другие энергозависимые или энергонезависимые, невременные считываемые компьютером и/или исполняемые компьютером устройства памяти, которые хранят информацию, данные и/или инструкции, которые могут использоваться схемой 1120 обработки. В некоторых вариантах осуществления, схема 1120 обработки и считываемый компьютером носитель 1125 хранения могут считаться интегрированными.

[1431] Альтернативные варианты осуществления оборудования 1100 радиосети могут включать в себя дополнительные компоненты, кроме тех, которые показаны на фиг. 189, которые могут отвечать за предоставление определенных аспектов функциональности оборудования радиосети, включая любую функциональность, описанную здесь, и/или любую функциональность, необходимую для поддержки описанного выше решения. В качестве одного примера, оборудование 1100 радиосети может включать в себя интерфейсы, устройства и схемы ввода, а также интерфейсы, устройства и схемы вывода. Интерфейсы, устройства и схемы ввода выполнены с возможностью обеспечивать ввод информации в оборудование 1100 радиосети, и соединены со схемой 1120 обработки, чтобы позволить схеме обработки 1120 обрабатывать информацию ввода. Например, интерфейсы, устройства и схемы ввода могут включать в себя микрофон, датчик приближения или другой датчик, клавиши/кнопки, сенсорный дисплей, одну или более камер, USB-порт или другие элементы ввода. Интерфейсы, устройства и схемы вывода выполнены с возможностью выводить информацию из оборудования 1100 радиосети, и подключены к схеме 1120 обработки, чтобы позволить схеме 1120 обработки выводить информацию из оборудования 1100 радиосети. Например, интерфейсы, устройства или схемы вывода могут включать в себя динамик, дисплей, USB-порт, интерфейс для наушников или другие элементы вывода. Используя один или более интерфейсов, устройств и схем ввода и вывода, оборудование 1100 радиосети может осуществлять связь с конечными пользователями и/или беспроводной сетью и позволять им извлекать выгоду из функциональности, описанной здесь.

[1432] В качестве другого примера, оборудование 1100 радиосети может включать в себя схему 1130 источника питания. Схема 1130 источника питания может содержать схему управления питанием. Схема 1130 источника питания может принимать питание от источника питания, который может либо содержаться в схеме 1130 источника питания, либо быть внешним по отношению к ней. Например, оборудование 1100 радиосети может содержать источник питания в виде батареи или батарейного блока, который может быть либо соединен со схемой 1130 источника питания, либо включен в нее. Могут также использоваться другие типы источников энергии, например, фотоэлектрические устройства. В качестве другого примера, оборудование 1100 радиосети может быть подключаемым к внешнему источнику питания (например, к электрической розетке) через схему или интерфейс ввода, например, электрический кабель, при этом внешний источник питания подает питание на схему 1130 источника питания.

[1433] Схема 1130 источника питания может быть подключена к схеме 1110 радиочастотного каскада, схеме 1120 обработки и/или считываемому компьютером носителю 1125 хранения и выполнена с возможностью питания оборудования 1100 радиосети, включая схему 1120 обработки, мощностью для выполнения описанной здесь функциональности.

[1434] Оборудование 1100 радиосети может также включать в себя несколько наборов схемы 1120 обработки, считываемого компьютером носителя 1125 хранения, схемы 1110 радиочастотного каскада, антенны 1105 и/или схемы 1140 интерфейса связи для различных беспроводных технологий, интегрированных в оборудование 1100 радиосети, таких как, например, GSM, WCDMA, LTE, NR, WiFi или Bluetooth. Эти беспроводные технологии могут быть интегрированы в тот же самый или разные чипсеты и другие компоненты в оборудовании 1100 радиосети.

[1435] Один или более экземпляров оборудования 1100 радиосети могут быть адаптированы для выполнения некоторых или всех описанных здесь методов в любой из различных комбинаций. Понятно, что в данной сетевой реализации будут использоваться несколько экземпляров оборудования 1100 радиосети. В некоторых случаях, несколько экземпляров оборудования 1100 радиосети могут одновременно осуществлять связь или передавать сигналы на данное беспроводное устройство или группу беспроводных устройств. Таким образом, следует понимать, что хотя многие из описанных здесь методов могут быть выполнены одним экземпляром оборудования 1100 радиосети, эти методы могут пониматься как выполняемые системой из одного или более экземпляров оборудования 1100 радиосети, в некоторых случаях скоординированным образом. Таким образом, оборудование 1100 радиосети, показанное на фиг. 189, является самым простым примером этой системы.

[1436] В некоторых вариантах осуществления, например, система из одного или более экземпляров оборудования 1100 радиосети и, в частности, схема 1120 обработки в таком оборудовании 1100 радиосети сконфигурирована, например, с использованием антенны 1105 и схемы 1110 радиочастотного каскада, для передачи первого сигнала нисходящей линии связи, содержащего индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи идентифицирует конфигурацию доступа к восходящей линии связи из множества предопределенных конфигураций доступа к восходящей линии связи, и последующего приема передачи от первого беспроводного устройства в соответствии с идентифицированной конфигурацией доступа к восходящей линии связи. Следует отметить, что эта передача индекса конфигурации доступа к восходящей линии связи может быть широкополосной передачей, при этом она не обязательно нацелена на какое-либо конкретное беспроводное устройство или группу беспроводных устройств. Понятно, что эти методы дополняют методы беспроводного устройства, описанные в разделе 5.1, и обеспечивают те же преимущества. Схема 1120 обработки также выполнена с возможностью передачи, в первом подкадре нисходящей линии связи, первой передачи OFDM, отформатированной в соответствии с первой нумерологией, и передачи, во втором подкадре нисходящей линии связи, второй передачи OFDM, отформатированной в соответствии со второй нумерологией, вторая нумерология отличается от первой нумерологий. Первая нумерология имеет первый шаг поднесущей, а вторая нумерология имеет второй шаг поднесущей, причем первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей. Первый и второй подкадры нисходящей линии связи могут быть переданы на одной и той же несущей частоте. Здесь каждая из этих первой и второй передач OFDM обычно (но не обязательно) нацелена на конкретное беспроводное устройство или группу беспроводных устройств; две передачи здесь могут быть нацелены на одно и то же беспроводное устройство или на два разных беспроводных устройства. Вновь, эти методы дополняют те, которые описаны в разделе 5.1.

[1437] В некоторых вариантах осуществления, система, содержащая один или более экземпляров оборудования 1100 радиосети, выполнена с возможностью осуществления способа 19000, как показано на фиг. 190, или в любого другого варианта осуществления способа, как описано ниже. Способ 19000 включает в себя передачу первого сигнала нисходящей линии связи, содержащего индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи идентифицирует конфигурацию доступа к восходящей линии связи из множества предопределенных конфигураций доступа к восходящей линии связи, и последующий прием передачи от первого беспроводного устройства в соответствии с идентифицированной конфигурацией доступа к восходящей линии связи (блок 19010). Способ 19000 также включает в себя передачу, в первом подкадре нисходящей линии связи, пер-

вой передачи OFDM, отформатированной в соответствии с первой нумерологией, и передачу, во втором подкадре нисходящей линии связи, второй передачи OFDM, отформатированной в соответствии со второй нумерологией, вторая нумерология отличается от первой нумерологий (блок 19020). Первая нумерология имеет первый шаг поднесущей, а вторая нумерология имеет второй шаг поднесущей, причем первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей. Первый и второй подкадры нисходящей линии связи могут быть переданы на одной и той же несущей частоте.

[1438] В некоторых случаях, передача первого сигнала нисходящей линии связи выполняется первым экземпляром оборудования радиосети, а передача первой и второй передач OFDM выполняется вторым экземпляром оборудования радиосети. Первая передача OFDM может иметь нумерологию в соответствии со спецификациями для LTE.

[1439] Первая и вторая нумерологий могут содержать подкадры первой и второй длин подкадра, соответственно, где первая длина подкадра отличается от второй длины подкадра. Подкадры первой и второй нумерологий могут содержать первое и второе предопределенные количества символов OFDM, соответственно. По меньшей мере одна из первой и второй нумерологий может содержать подкадры длительностью 250 микросекунд или менее. Первая передача OFDM может быть частотно-мультиплексированной и по меньшей мере частично перекрывающейся по времени со второй передачей OFDM. Способ может дополнительно содержать передачу, в первом по времени символе OFDM первого или второго подкадра нисходящей линии связи, управляющей сигнализации нисходящей линии связи в первых поднесущих первого по времени символа OFDM и выделенных пользовательских данных во вторых поднесущих первого по времени символа OFDM. Способ может дополнительно содержать прием данных положительного квитирования (ACK) или отрицательного квитирования (NACK) в ответ на первую передачу OFDM в первом подкадре нисходящей линии связи, в последнем символе OFDM интервала подкадра восходящей линии связи, по меньшей мере частично перекрывающего первый подкадр нисходящей линии связи. Способ может дополнительно содержать передачу третьей передачи OFDM, отформатированной в соответствии с первой нумерологией, причем третья передача OFDM занимает интервал времени передачи (TTI), имеющий длину, равную множеству подкадров в соответствии с первой нумерологией. По меньшей мере одна из первой и второй передач OFDM может представлять собой расширенную дискретным преобразованием Фурье передачу OFDM (DFTS-OFDM).

[1440] Способ 19000, как дополнительно показано на фиг. 190, может включать в себя передачу второго сигнала нисходящей линии связи, содержащего сигнал информации доступа, сигнал информации доступа указывает множество конфигураций доступа к восходящей линии связи, причем индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи идентифицирует одну конфигурацию из множества конфигураций доступа к восходящей линии связи (блок 19030). Передача второго сигнала нисходящей линии связи может выполняться третьим экземпляром оборудования радиосети.

[1441] В некоторых случаях, способ 19000 или другой способ, как показано на фиг. 191, включает в себя обработку и передачу первых данных уровня 2 по первому физическому каналу данных (блок 19040) и обработку и передачу вторых данных уровня 2 по второму физическому каналу данных (блок 19042). Обработка и передача первых данных уровня 2 содержит использование процесса HARQ, поддерживающего мягкое объединение, а обработка и передача вторых данных уровня 2 не содержит процесса HARQ. Передача первых и вторых данных уровня 2 может выполняться с использованием общего антенного порта, причем способ 19000 дополнительно включает в себя передачу общего набора опорных сигналов демодуляции, с использованием общего антенного порта, для использования при приеме как первых, так и вторых данных уровня 2. Таким образом, общий набор опорных сигналов демодуляции предназначен для использования беспроводными устройствами при приеме как первых, так и вторых данных уровня 2. Общий набор опорных сигналов демодуляции может являться индивидуальным для пользователя набором опорных сигналов демодуляции. Способ может дополнительно содержать передачу физического канала управления с использованием набора опорных сигналов демодуляции, который отличается от общего набора опорных сигналов демодуляции. Вновь, эти методы и соответствующие методы для приема физических каналов данных, обсуждаемые ниже, дополняют методы, описанные в разделе 5.1, и обеспечивают те же преимущества.

[1442] Способ 19000, как показано на фиг. 192, может включать в себя прием и обработку третьих данных уровня 2 на третьем физическом канале данных (блок 19050), прием и обработку четвертых данных уровня 2 на четвертом физическом канале данных (блок 19052), причем прием и обработка третьих данных уровня 2 содержат использование мягкого HARQ объединения, а прием и обработка четвертых данных уровня 2 не содержат мягкого HARQ объединения.

[1443] В некоторых случаях, передача первой и второй передач OFDM может выполняться одним экземпляром оборудования радиосети, и в этом случае способ 19000 или другой способ, как показано на фиг. 193, может дополнительно включать в себя обработку данных для первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола MAC (блок 19060) и обработку данных для второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, причем первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC (блок 19062). Способ 19000 может дополнительно включать в себя обработку сообщений, подлежащих транспортировке каждым из первого и второго уровней протокола

MAC, с использованием одного общего уровня протокола RRC (блок 19064).

[1444] В других случаях, передача первой и второй передач OFDM выполняется одним экземпляром оборудования радиосети, и в этом случае способ 19000 или другой способ, как показано на фиг. 194, может дополнительно включать в себя обработку данных для первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола MAC (блок 19070) и обработку данных для второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, причем первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC (блок 19072). Способ 19000 дополнительно включает в себя обработку сообщений, подлежащих транспортировке первым уровнем протокола MAC, с использованием первого уровня протокола RRC (блок 19074), и обработку сообщений, подлежащих транспортировке вторым уровнем протокола MAC, с использованием второго уровня протокола RRC, причем первый RRC уровень протокола отличается от второго уровня протокола RRC (блок 19076). По меньшей мере первый один из первого и второго уровней протокола RRC выполнен с возможностью передачи выбранных сообщений RRC на другой один из первого и второго уровней протокола RRC, выбранные сообщения RRC представляют собой сообщения RRC, принимаемые и обрабатываемые первым одним из первого и второго уровней протокола RRC, но предназначенные для другого одного из первого и второго уровней протокола RRC.

[1445] Способ 19000 или другой способ, как показано на фиг. 195 может дополнительно включать в себя прием, от второго беспроводного устройства, указатель возможностей, указатель возможностей идентифицирует набор возможностей для второго беспроводного устройства (блок 19080), и извлечение набора возможностей для второго беспроводного устройства, из базы данных сохраненных возможностей для множества беспроводных устройств, с использованием принятого указателя возможностей (блок 19082). Набор возможностей может включать в себя по меньшей мере одно из поставщика беспроводного устройства (например, поставщика UE), версии возможностей или проприетарной информации беспроводного устройства (например, проприетарной информации UE) или сети.

[1446] Способ 19000 может включать в себя передачу на третье беспроводное устройство с использованием протокола на конкурентной основе. Протокол доступа на конкурентной основе может содержать механизм доступа LBT.

[1447] В некоторых вариантах осуществления способ 19000 или другой способ, как показано на фиг. 196, включает в себя прием сообщения запроса произвольного доступа от четвертого беспроводного устройства, посредством луча восходящей линии связи, сформированного с использованием множества антенн в одном из одного или более экземпляров оборудования радиосети (блок 19090), оценку угла прихода, соответствующего сообщению запроса произвольного доступа (блок 19092), и передачу сообщения ответа произвольного доступа, с использованием луча нисходящей линии связи, сформированного с использованием нескольких антенн в одном из одного или более экземпляров оборудования радиосети (блок 19094). Формирование луча нисходящей линии связи основано на оцененном угле прихода. Луч восходящей линии связи может представлять собой свипируемый луч восходящей линии связи. Ширина луча нисходящей линии связи может базироваться на оцененном качестве оцененного угла прихода. Следует отметить, что примерные детали процедуры произвольного доступа в NX описаны в разделе 3.2.5.2, в то время как многоантенные аспекты процедуры произвольного доступа представлены в разделе 3.4.5.2.

[1448] Способ 19000 или другой способ, как показано на фиг. 197, может включать в себя обслуживание пятого беспроводного устройства, причем обслуживание пятого беспроводного устройства содержит отправку данных от пятого беспроводного устройства в первый сетевой узел или первый набор сетевых узлов в соответствии с идентификатором первого сетевого сегмента, ассоциированным с пятым беспроводным устройством (блок 19096). Способ 19000 может также включать обслуживание шестого беспроводного устройства, причем обслуживание шестого беспроводного устройства содержит отправку данных от шестого беспроводного устройства во второй сетевой узел или второй набор сетевых узлов в соответствии с идентификатором второго сетевого сегмента, ассоциированным с шестым беспроводным устройством (блок 19098). Идентификатор второго сетевого сегмента отличается от идентификатора первого сетевого сегмента, а второй сетевой узел или второй набор сетевых узлов отличается от первого сетевого узла или первого набора сетевых узлов.

5.3 Функциональные представления и компьютерные программные продукты

[1449] На фиг. 198 показана примерная архитектура функционального модуля или схемы, которая может быть реализована в беспроводном устройстве 1000, например, на основе схемы 1020 обработки. Беспроводное устройство 1000 может, например, быть UE. Проиллюстрированный вариант осуществления по меньшей мере функционально включает в себя модуль 19802 конфигурации доступа к восходящей линии связи для приема сигнала нисходящей линии связи, содержащего индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, использование индекса конфигурации доступа к восходящей линии связи для идентификации конфигурации доступа к восходящей линии связи из предопределенного множества конфигураций доступа к восходящей линии связи и передачу в сеть беспроводной связи в соответствии с идентифицированной конфигурацией доступа к восходящей линии связи. Реализация также включает в себя модуль 19804 приема для приема, в первом подкадре нисходящей линии связи, первой передачи OFDM, отформатированной в соответствии с первой нумерологией, и приема, во втором под-

кадре нисходящей линии связи, второй передачи OFDM, отформатированной в соответствии со второй нумерологией, вторая нумерология отличается от первой нумерологий. Первая нумерология имеет первый шаг поднесущей, а вторая нумерология имеет второй шаг поднесущей, первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей. Один или оба из модуля 19802 конфигурации доступа и модуля 19804 приема также могут быть выполнены с возможностью приема ширококвещательно передаваемой информации о доступе к системе и использования принятой информации о доступе к системе для доступа к сети беспроводной связи. Модуль 19804 приема может быть выполнен с возможностью приема первого и второго подкадров нисходящей линии связи на одной и той же несущей частоте.

[1450] В некоторых вариантах осуществления, реализация включает в себя модуль 19806 приема и обработки для приема и обработки первых данных уровня 2 в первом физическом канале данных и приема и обработки вторых данных уровня 2 во втором физическом канале данных, причем прием и обработка первых данных уровня 2 содержат использование мягкого объединения HARQ, а прием и обработка вторых данных уровня 2 не содержат мягкого объединения HARQ. Модуль 19806 приема и обработки может быть выполнен с возможностью использования общего набора опорных сигналов демодуляции для приема как упомянутых первого, так и вторых данных уровня 2. Модуль 19806 приема и обработки может дополнительно быть выполнен с возможностью приема физического канала управления с использованием набора опорных сигналов демодуляции, который отличается от общего набора опорных сигналов демодуляции.

[1451] В некоторых вариантах осуществления, реализация включает в себя модуль 19808 передачи для передачи, в сеть беспроводной связи, указателя возможностей, указатель возможностей идентифицирует набор возможностей, для беспроводного устройства, сохраненных в сети беспроводной связи. Набор возможностей может включать в себя по меньшей мере одно из поставщика беспроводного устройства (например, поставщика UE), версии возможностей или проприетарной информации беспроводного устройства (например, проприетарной информации UE) или сети. Модуль 19808 передачи может быть выполнен с возможностью передачи в сеть беспроводной связи, с использованием расширенной дискретным преобразованием Фурье передачи OFDM (DFTS-OFDM).

[1452] В некоторых вариантах осуществления, реализация включает в себя модуль 19810 измерения для измерения первого опорного сигнала мобильности по первому принимаемому лучу и для измерения второго опорного сигнала мобильности по второму принимаемому лучу, второй опорный сигнал мобильности отличается от первого опорного сигнала мобильности. Эта реализация также включает в себя модуль 19812 отчетности для сообщения результатов измерения первого и второго опорных сигналов мобильности в сеть беспроводной связи.

[1453] На фиг. 199 показана примерная архитектура функционального модуля или схемы, которая может быть реализована в оборудовании 1100 радиосети, например, на основе схемы 1120 обработки. Показанный вариант осуществления по меньшей мере функционально включает в себя модуль 19902 конфигурации доступа для передачи первого сигнала нисходящей линии связи, содержащего индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи идентифицирует конфигурацию доступа к восходящей линии связи из множества предопределенных конфигураций доступа к восходящей линии связи, и последующий прием передачи от первого беспроводного устройства в соответствии с идентифицированной конфигурацией доступа к восходящей линии связи. Реализация также включает в себя модуль 19804 передачи для передачи, в первом подкадре нисходящей линии связи, первой передачи OFDM, отформатированной в соответствии с первой нумерологией, и передачи, во втором подкадре нисходящей линии связи, второй передачи OFDM, отформатированной в соответствии со второй нумерологией, вторая нумерология отличается от первой нумерологий. Первая нумерология имеет первый шаг поднесущей, а вторая нумерология имеет второй шаг поднесущей, первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей. Модуль 19804 передачи может быть выполнен с возможностью передачи первого и второго подкадров нисходящей линии связи на одной и той же несущей частоте.

[1454] В некоторых вариантах осуществления, реализация включает в себя модуль 19906 передачи для передачи второго сигнала нисходящей линии связи, содержащего сигнал информации доступа, сигнал информации доступа указывает множество конфигураций доступа к восходящей линии связи, причем индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи идентифицирует одну из множества конфигураций доступа к восходящей линии связи. Один или оба из модуля 19904 передачи и модуля 19906 передачи могут быть выполнены с возможностью ширококвещательной передачи информации доступа к системе для доступа к сети беспроводной связи.

[1455] В некоторых вариантах осуществления, реализация включает в себя модуль 19908 обработки и передачи для обработки и передачи первых данных уровня 2 по первому физическому каналу данных и обработки и передачи вторых данных уровня 2 по второму физическому каналу данных, причем обработка и передача первых данных уровня 2 включает в себя использование процесса HARQ, поддерживающего мягкое объединение, причем обработка и передача вторых данных уровня 2 не содержат процесса HARQ. Модуль 19908 обработки и передачи может быть выполнен с возможностью передачи первых и вторых данных уровня 2 с использованием общего антенного порта и передачи общего набора

опорных сигналов демодуляции с использованием общего антенного порта для использования в приеме как первых, так и вторых данных уровня 2. Таким образом, общий набор опорных сигналов демодуляции предназначен для использования беспроводными устройствами при приеме как первых, так и вторых данных уровня 2. Модуль 19908 обработки и передачи также может быть выполнен с возможностью передачи физического канала управления с использованием набора опорных сигналов демодуляции, который отличается от упомянутого общего набора опорных сигналов демодуляции.

[1456] В некоторых вариантах осуществления, реализация включает в себя модуль 19910 приема для приема, от второго беспроводного устройства, указателя возможностей, указатель возможностей идентифицирует набор возможностей для второго беспроводного устройства. Эта реализация также включает в себя модуль 19912 извлечения для извлечения набора возможностей для второго беспроводного устройства, из базы данных сохраненных возможностей для множества беспроводных устройств, с использованием принятого указателя возможностей.

[1457] В некоторых вариантах осуществления, реализация включает в себя модуль 19914 приема для приема сообщения запроса произвольного доступа от четвертого беспроводного устройства посредством луча восходящей линии связи, сформированного с использованием множества антенн в оборудовании радиосети. Эта реализация также включает в себя модуль 19916 оценки для оценки угла прихода, соответствующего сообщению запроса произвольного доступа, и модуль 19918 передачи для передачи сообщения ответа произвольного доступа, с использованием луча нисходящей линии связи, сформированного с использованием нескольких антенн в оборудовании радиосети, причем формирование луча нисходящей линии связи основано на оцененном угле прихода.

[1458] Далее будут описаны дополнительные неограничивающие примеры 1-110.

[1459] 1. Способ, в беспроводном устройстве, для работы в сети беспроводной связи, причем способ содержит: прием сигнала нисходящей линии связи, содержащего индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, использование индекса конфигурации доступа к восходящей линии связи для идентификации конфигурации доступа к восходящей линии связи из предопределенного множества конфигураций доступа к восходящей линии связи и передачу в сеть беспроводной связи в соответствии с идентифицированной конфигурацией доступа к восходящей линии связи; и прием, в первом подкадре, первой передачи мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM), отформатированной в соответствии с первой нумерологией, и прием, во втором подкадре, второй передачи OFDM, отформатированной в соответствии со второй нумерологией, вторая нумерология отличается от первой нумерологии.

[1460] 2. Способ примера 1, в котором первая передача OFDM имеет нумерологию в соответствии со спецификациями для Долгосрочного развития (LTE).

[1461] 3. Способ примера 1 или 2, в котором первая и вторая нумерологии содержат подкадры первой и второй длин подкадра, соответственно, длина первого подкадра отличается от длины второго подкадра.

[1462] 4. Способ любого из примеров 1-3, в котором первая нумерология имеет первый шаг поднесущей, а вторая нумерология имеет второй шаг поднесущей, первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей.

[1463] 5. Способ любого из примеров 1-4, дополнительно содержащий прием и обработку первых данных уровня 2 по первому физическому каналу данных и прием и обработку вторых данных уровня 2 по второму физическому каналу данных, причем прием и обработка первых данных уровня 2 содержит использование мягкого объединения HARQ, и причем прием и обработка вторых данных уровня 2 не содержит мягкого объединения HARQ.

[1464] 6. Способ примера 5, дополнительно содержащий использование общего набора опорных сигналов демодуляции для приема как первых, так и вторых данных уровня 2.

[1465] 7. Способ любого из примеров 1-6, причем способ дополнительно содержит обработку данных из первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола управления доступом к среде (MAC) и обработку данных из второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC, и способ дополнительно содержит обработку сообщений, принятых от каждого из первого и второго уровней протокола MAC, с использованием одного общего уровня протокола управления радиоресурсами (RRC).

[1466] 8. Способ любого из примеров 1-6, причем способ дополнительно содержит обработку данных из первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола управления доступом к среде (MAC) и обработку данных из второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC, причем способ дополнительно содержит обработку сообщений, принимаемых через первый уровень протокола MAC, с использованием первого уровня протокола управления радиоресурсами (RRC) и обработку сообщений, принятых через второй уровень протокола MAC с использованием второго уровня протокола RRC, первый уровень протокола RRC отличается от второго уровня протокола RRC, и причем по меньшей мере первый один из первого и второго уровней протокола RRC выполнен с возможностью передачи выбранных сообщений RRC на другой один из первого и второго уровней протокола RRC, выбранные сообще-

ния RRC представляют собой сообщения RRC, принимаемые и обрабатываемые первым одним из первого и второго уровней протокола RRC, но предназначенные для другого одного из первого и второго уровней протокола RRC.

[1467] 9. Способ любого из примеров 1-8, дополнительно содержащий передачу третьих данных уровня 2 по третьему физическому каналу данных и передачу четвертых данных уровня 2 по четвертому физическому каналу данных, причем передача третьих данных уровня 2 содержит использование процесса HARQ, поддерживающего мягкое объединение, а передача четвертых данных уровня 2 не содержит процесс HARQ.

[1468] 10. Способ любого из примеров 1-9, дополнительно содержащий работу в режиме соединения для одного или более первых интервалов и работу в неактивном режиме для одного или более вторых интервалов, причем упомянутые первая и вторая передачи OFDM выполняются в режиме соединения, и упомянутая работа в неактивном режиме содержит: мониторинг сигналов, переносящих идентификаторы областей отслеживания; сравнение идентификаторов областей отслеживания, принятых во время упомянутого мониторинга, со списком идентификаторов областей отслеживания; и уведомление сети беспроводной связи в ответ на определение, что принятый идентификатор области отслеживания отсутствует в упомянутом списке, в противном случае воздержание от уведомления сети беспроводной связи в ответ на прием измененных идентификаторов областей отслеживания.

[1469] 11. Способ любого из примеров 1-10, дополнительно содержащий передачу в сеть беспроводной связи указателя возможностей, указатель возможностей идентифицирует набор возможностей, для беспроводного устройства, сохраненный в сети беспроводной связи.

[1470] 12. Способ любого из примеров 1-11, дополнительно содержащий передачу в сеть беспроводной связи с использованием протокола доступа на конкурентной основе.

[1471] 13. Способ примера 12, в котором протокол доступа на конкурентной основе содержит механизм доступа с прослушиванием перед передачей (LBT).

[1472] 14. Способ любого из примеров 1-13, дополнительно содержащий: измерение первого опорного сигнала мобильности по первому принимаемому лучу; измерение второго опорного сигнала мобильности по второму принимаемому лучу, второй опорный сигнал мобильности отличается от первого опорного сигнала мобильности; и сообщение результатов измерения первого и второго опорных сигналов мобильности в сеть беспроводной связи.

[1473] 15. Способ примера 14, дополнительно содержащий прием, в ответ на сообщение результатов, команды на переключение с приема данных по текущему лучу нисходящей линии связи на прием данных по другому лучу нисходящей линии связи.

[1474] 16. Способ примера 15, дополнительно содержащий прием значения временного опережения для применения к другому лучу нисходящей линии связи.

[1475] 17. Способ, в оборудовании радиосети, работающем в сети беспроводной связи, причем способ содержит: передачу первого сигнала нисходящей линии связи, содержащего индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи идентифицирует конфигурацию доступа к восходящей линии связи из множества predetermined конфигураций доступа к восходящей линии связи, и последующий прием передачи от первого беспроводного устройства в соответствии с идентифицированной конфигурацией доступа к восходящей линии связи; и передачу, в первом подкадре, первой передачи мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM), отформатированной в соответствии с первой нумерологией, и передачу, во втором подкадре, второй передачи OFDM, отформатированной в соответствии со второй нумерологией, вторая нумерология отличается от первой нумерологий.

[1476] 18. Способ примера 17, в котором передача первого сигнала нисходящей линии связи, содержащего индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, выполняется первым экземпляром оборудования радиосети, причем передача первой и второй передач OFDM выполняется вторым экземпляром оборудования радиосети.

[1477] 19. Способ примера 17 или 18, в котором первая передача OFDM имеет нумерологию в соответствии со спецификациями Долгосрочного развития (LTE).

[1478] 20. Способ любого из примеров 17-19, в котором первая и вторая нумерологий содержат подкадры первой и второй длины подкадра, соответственно, длина первого подкадра отличается от длины второго подкадра.

[1479] 21. Способ любого из примеров 17-20, в котором первая нумерология имеет первый шаг поднесущей, а вторая нумерология имеет второй шаг поднесущей, первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей.

[1480] 22. Способ любого из примеров 17-21, дополнительно содержащий передачу второго сигнала нисходящей линии связи, содержащего сигнал информации доступа, сигнал информации доступа указывает множество конфигураций доступа к восходящей линии связи, причем индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи идентифицирует одну из множества конфигураций доступа к восходящей линии связи.

[1481] 23. Способ примера 22, в котором передача второго сигнала нисходящей линии связи выпол-

няется третьим экземпляром оборудования радиосети.

[1482] 24. Способ любого из примеров 17-23, дополнительно содержащий обработку и передачу первых данных уровня 2 по первому физическому каналу данных и обработку и передачу вторых данных уровня 2 по второму физическому каналу данных, причем обработка и передача первых данных уровня 2 содержит использование процесса HARQ, поддерживающего мягкое объединение, и причем обработка и передача вторых данных уровня 2 не содержит процесса HARQ.

[1483] 25. Способ примера 24, в котором передача первых и вторых данных уровня 2 выполняется с использованием общего антенного порта, причем способ дополнительно содержит передачу общего набора опорных сигналов демодуляции, с использованием общего антенного порта, для использования в приеме как первого, так и второго уровня 2.

[1484] 26. Способ любого из примеров 17-25, дополнительно содержащий прием и обработку третьих данных уровня 2 по третьему физическому каналу данных и прием и обработку четвертых данных уровня 2 по четвертому физическому каналу данных, причем прием и обработка третьих данных уровня 2 содержит использование мягкого объединения HARQ, и причем прием и обработка четвертых данных уровня 2 не содержит мягкого объединения HARQ.

[1485] 27. Способ любого из примеров 17-26, в котором передача первой и второй передач OFDM выполняется одним экземпляром оборудования радиосети, причем способ дополнительно содержит обработку данных для первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола управления доступом к среде (MAC) и обработку данных для второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC, и причем способ дополнительно содержит обработку сообщений, подлежащих транспортировке каждым из первого и второго уровней протокола MAC, с использованием одного общего уровня протокола управления радиоресурсами (RRC).

[1486] 28. Способ любого из примеров 17-26, в котором передача первой и второй передач OFDM выполняется одним экземпляром оборудования радиосети, причем способ дополнительно содержит обработку данных для первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола управления доступом к среде (MAC) и обработку данных для второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC, причем способ дополнительно содержит обработку сообщений, подлежащих транспортировке первым уровнем протокола MAC, с использованием первого уровня протокола управления радиоресурсами (RRC), и обработку сообщений, подлежащих транспортировке вторым уровнем протокола MAC, с использованием второго уровня протокола RRC, первый уровень протокола RRC отличается от второго уровня протокола RRC, и причем по меньшей мере первый один из первого и второго уровней протокола RRC выполнен с возможностью передачи выбранных сообщений RRC на другой один из первого и второго уровней протокола RRC, причем выбранные сообщения RRC представляют собой сообщения RRC, принимаемые и обрабатываемые первым одним из первого и второго уровней протокола RRC, но предназначенные для другого одного из первого и второго уровней протокола RRC.

[1487] 29. Способ любого из примеров 17-28, дополнительно содержащий: прием, от второго беспроводного устройства, указателя возможностей, причем указатель возможностей идентифицирует набор возможностей для второго беспроводного устройства; и извлечение набора возможностей для второго беспроводного устройства из базы данных сохраненных возможностей для множества беспроводных устройств с использованием принятого указателя возможностей.

[1488] 30. Способ любого из примеров 17-29, дополнительно содержащий передачу, на третье беспроводное устройство, с использованием протокола на конкурентной основе.

[1489] 31. Способ примера 30, в котором протокол доступа на конкурентной основе содержит механизм доступа с прослушиванием перед передачей (LBT).

[1490] 32. Способ любого из примеров 17-31, дополнительно содержащий: прием сообщения запроса произвольного доступа от четвертого беспроводного устройства через луч восходящей линии связи, сформированный с использованием множества антенн в оборудовании радиосети; оценку угла прихода, соответствующего сообщению запроса произвольного доступа; и передачу сообщения ответа произвольного доступа с использованием луча нисходящей линии связи, сформированного с использованием множества антенн в оборудовании радиосети, причем формирование луча нисходящей линии связи основано на оцененном угле прихода.

[1491] 33. Способ примера 32, в котором луч восходящей линии связи представляет собой свипируемый луч восходящей линии связи.

[1492] 34. Способ примера 32 или 33, в котором ширина луча нисходящей линии связи основана на оцененном качестве оцененного угла прихода.

[1493] 35. Способ любого из примеров 17-34, дополнительно содержащий: обслуживание пятого беспроводного устройства, причем обслуживание пятого беспроводного устройства содержит отправку данных от пятого беспроводного устройства в первый сетевой узел или первый набор сетевых узлов в соответствии с идентификатором первого сетевого сегмента, ассоциированным с пятым беспроводным устройством; и обслуживание шестого беспроводного устройства, причем обслуживание шестого бес-

проводного устройства содержит отправку данных от шестого беспроводного устройства во второй сетевой узел или второй набор сетевых узлов в соответствии с идентификатором второго сетевого сегмента, ассоциированным с шестым беспроводным устройством, второй идентификатор сетевого сегмента отличается от идентификатора первого сетевого сегмента, и второй сетевой узел или второй набор сетевых узлов отличается от первого сетевого узла или первого набора сетевых узлов.

[1494] 36. Беспроводное устройство, содержащее радиочастотную схему и схему обработки, операционно соединенную с радиочастотной схемой и выполненную с возможностью: принимать сигнал нисходящей линии связи, содержащий индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, использовать индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи для идентификации конфигурации доступа к восходящей линии связи из предопределенного множества конфигураций доступа к восходящей линии связи и передачи в сеть беспроводной связи согласно идентифицированной конфигурации доступа к восходящей линии связи; и принимать, в первом подкадре, первую передачу мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM), отформатированную в соответствии с первой нумерологией, и принимать, во втором подкадре, вторую передачу OFDM, отформатированную в соответствии со второй нумерологией, вторая нумерология отличается от первой нумерологий.

[1495] 37. Беспроводное устройство примера 36, в котором первая передача OFDM имеет нумерологию в соответствии со спецификациями для Долговременного развития (LTE).

[1496] 38. Беспроводное устройство примера 36 или 37, в котором первая и вторая нумерологии содержат подкадры первой и второй длины подкадра, соответственно, причем длина первого подкадра отличается от длины второго подкадра.

[1497] 39. Беспроводное устройство любого из примеров 36-38, в котором первая нумерология имеет первый шаг поднесущей, а вторая нумерология имеет второй шаг поднесущей, первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей.

[1498] 40. Беспроводное устройство любого из примеров 36-39, в котором схема обработки дополнительно выполнена с возможностью принимать и обрабатывать первые данные уровня 2 по первому физическому каналу данных и принимать и обрабатывать вторые данные уровня 2 по второму физическому каналу данных так, что прием и обработка первых данных уровня 2 содержат использование мягкого объединения HARQ, и так, что прием и обработка вторых данных уровня 2 не содержат мягкого объединения HARQ.

[1499] 41. Беспроводное устройство примера 40, в котором схема обработки дополнительно выполнена с возможностью использования общего набора опорных сигналов демодуляции для приема как первых данных, так и вторых данных уровня 2.

[1500] 42. Беспроводное устройство любого из примеров 36-41, в котором схема обработки дополнительно выполнена с возможностью обрабатывать данные из первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола управления доступом к среде (MAC) и обрабатывать данные из второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC, и схема обработки выполнена с возможностью обрабатывать сообщения, принятые от каждого из первого и второго уровней протокола MAC, с использованием одного общего уровня протокола управления радиоресурсами (RRC).

[1501] 43. Беспроводное устройство любого из примеров 36-41, в котором схема обработки дополнительно выполнена с возможностью обрабатывать данные из первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола управления доступом к среде (MAC) и обрабатывать данные из второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC, причем схема обработки выполнена с возможностью обрабатывать сообщения, принятые через первый уровень протокола MAC, с использованием первого уровня протокола управления радиоресурсами (RRC) и обрабатывать сообщения, принятые через второй уровень протокола MAC, с использованием второго уровня протокола RRC, первый уровень протокола RRC отличается от второго уровня протокола RRC, и причем по меньшей мере один из первого и второго уровней протокола RRC выполнен с возможностью передавать выбранные сообщения RRC на другой один из первого и второго уровней протокола RRC, выбранные сообщения RRC представляют собой сообщения RRC, принимаемые и обрабатываемые первым одним из первого и второго уровней протокола RRC, но предназначенные для другого одного из первого и второго уровней протокола RRC.

[1502] 44. Беспроводное устройство любого из примеров 36-43, в котором схема обработки выполнена с возможностью передавать третьи данные уровня 2 по третьему физическому каналу данных и передавать четвертые данные уровня 2 по четвертому физическому каналу данных так, что передача третьих данных уровня 2 содержит использование процесса HARQ, поддерживающего мягкое объединение, и так, что передача четвертых данных уровня 2 не содержит процесс HARQ.

[1503] 45. Беспроводное устройство любого из примеров 36-44, в котором схема обработки выполнена с возможностью работать в режиме соединения для одного или более первых интервалов и работать в неактивном режиме для одного или более вторых интервалов, так что первая и вторая передачи OFDM выполняются в режиме соединения, и причем схема обработки выполнена с возможностью, при работе в неактивном режиме: выполнять мониторинг сигналов, переносящих идентификаторы областей отслежи-

вания; сравнивать идентификаторы областей отслеживания, принятые во время упомянутого мониторинга, со списком идентификаторов областей отслеживания; и уведомлять сеть беспроводной связи в ответ на определение того, что принятый идентификатор области отслеживания отсутствует в упомянутом списке, но в противном случае воздерживается от уведомления сети беспроводной связи в ответ на прием измененных идентификаторов областей отслеживания.

[1504] 46. Беспроводное устройство любого из примеров 36-45, в котором схема обработки дополнительно выполнена с возможностью передавать в сеть беспроводной связи указатель возможностей, указатель возможностей идентифицирует набор возможностей, для беспроводного устройства, сохраненный в сети беспроводной связи.

[1505] 47. Беспроводное устройство любого из примеров 36-46, в котором схема обработки дополнительно выполнена с возможностью передачи в сеть беспроводной связи с использованием протокола доступа на конкурентной основе.

[1506] 48. Беспроводное устройство в примере 47, в котором протокол доступа на конкурентной основе содержит механизм доступа к прослушиванию перед передачей (LBT).

[1507] 49. Беспроводное устройство любого из примеров 36-48, в котором схема обработки дополнительно выполнена с возможностью: измерять первый опорный сигнал мобильности по первому принимаемому лучу; измерять второй опорный сигнал мобильности по второму принимаемому лучу, второй опорный сигнал мобильности отличается от первого опорного сигнала мобильности; и сообщать результаты измерения первого и второго опорных сигналов мобильности в сеть беспроводной связи.

[1508] 50. Беспроводное устройство примера 49, в котором схема обработки дополнительно выполнена с возможностью приема, в ответ на сообщение результатов, команды на переключение с приема данных по текущему лучу нисходящей линии связи на прием данных по другому лучу нисходящей линии связи.

[1509] 51. Беспроводное устройство примера 50, в котором схема обработки выполнена с возможностью принимать значение временного опережения для применения к другому лучу нисходящей линии связи.

[1510] 52. Система, содержащая один или более экземпляров оборудования радиосети, каждый экземпляр оборудования радиосети содержит радиосхему и схему обработки, операционно соединенную с радиосхемой, причем схема обработки или схемы обработки в оборудовании радиосети выполнены или выполнены с возможностью: передавать первый сигнал нисходящей линии связи, содержащий индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи идентифицирует конфигурацию доступа к восходящей линии связи из множества предопределенных конфигураций доступа к восходящей линии связи, и затем принимать передачу от первого беспроводного устройства в соответствии с идентифицированной конфигурацией доступа к восходящей линии связи; и передавать, в первом подкадре, первую передачу мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM), отформатированную в соответствии с первой нумерологией, и передавать, во втором подкадре, вторую передачу OFDM, отформатированную в соответствии со второй нумерологией, вторая нумерология отличается от первой нумерологии.

[1511] 53. Система примера 52, в которой схема обработки первого экземпляра оборудования радиосети выполнена с возможностью передачи первого сигнала нисходящей линии связи, содержащего индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, и схема обработки второго экземпляра оборудования радиосети выполнена с возможностью передачи первой и второй передач OFDM.

[1512] 54. Система из примера 52 или 53, в которой первая передача OFDM отформатирована в соответствии со спецификациями для Долговременного развития (LTE).

[1513] 55. Система любого из примеров 52-54, в которой первая и вторая нумерологии содержат подкадры первой и второй длин подкадра, соответственно, причем первая длина подкадра отличается от длины второго подкадра.

[1514] 56. Система любого из примеров 52-55, в которой первая нумерология имеет первый шаг поднесущей, а вторая нумерология имеет второй шаг поднесущей, первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей.

[1515] 57. Система любого из примеров 52-56, в которой схема обработки по меньшей мере одного экземпляра оборудования радиосети выполнена с возможностью передачи второго сигнала нисходящей линии связи, содержащего сигнал информации доступа, сигнал информации доступа указывает множество конфигураций доступа к восходящей линии связи, причем индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи идентифицирует одну из множества конфигураций доступа к восходящей линии связи.

[1516] 58. Система примера 57, в которой схема обработки первого экземпляра оборудования радиосети выполнена с возможностью передачи первого сигнала нисходящей линии связи, содержащего индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, и схема обработки второго экземпляра оборудования радиосети выполнена с возможностью передачи первой и второй передач OFDM, и схема обработки третьего экземпляра оборудования радиосети выполнена с возможностью передачи второго сигнала нисходящей линии связи.

[1517] 59. Система любого из примеров 52-58, в которой схема обработки по меньшей мере одного

экземпляра оборудования радиосети выполнена с возможностью обрабатывать и передавать первые данные уровня 2 по первому физическому каналу данных и обрабатывать и передавать вторые данные уровня 2 по второму физическому каналу данных так, что обработка и передача данных первого Уровня 2 содержит использование процесса HARQ, поддерживающего мягкое объединение, и так, что обработка и передача вторых данных уровня 2 не содержит процесса HARQ.

[1518] 60. Система примера 59, в которой схема обработки по меньшей мере одного экземпляра оборудования радиосети выполнена с возможностью передачи первых и вторых данных уровня 2 с использованием общего антенного порта и для передачи общего набора опорных сигналов демодуляции, с использованием общего антенного порта, для использования при приеме как первых, так и вторых данных уровня 2.

[1519] 61. Система любого из примеров 52-60, в которой схема обработки по меньшей мере одного экземпляра оборудования радиосети выполнена с возможностью принимать и обрабатывать третьи данные уровня 2 по третьему физическому каналу данных и принимать и обрабатывать четвертые данные уровня 2 по четвертому физическому каналу данных так, что прием и обработка третьих данных уровня 2 содержит использование мягкого объединения HARQ, и так, что прием и обработка четвертых данных уровня 2 не содержит мягкого объединения HARQ.

[1520] 62. Система любого из примеров 52-61, в которой схема обработки одного экземпляра оборудования радиосети выполнена с возможностью осуществлять первую и вторую передачи OFDM и обрабатывать данные для первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола управления доступом к среде (MAC) и обрабатывать данные для второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC, и обрабатывать сообщения, подлежащие транспортировке каждым из первого и второго уровней протокола MAC, с использованием одного общего уровня протокола управления радиоресурсами (RRC).

[1521] 63. Система любого из примеров 52-61, в которой схема обработки одного экземпляра оборудования радиосети выполнена с возможностью осуществлять первую и вторую передачи OFDM, обрабатывать данные для первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола управления доступом к среде (MAC) и обрабатывать данные для второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC, обрабатывать сообщения, подлежащие транспортировке первым уровнем протокола MAC, с использованием первого уровня протокола управления радиоресурсами (RRC), и обрабатывать сообщения, подлежащие транспортировке вторым уровнем протокола MAC, с использованием второго уровня протокола RRC, первый уровень протокола RRC отличается от второго уровня протокола RRC, и по меньшей мере первый один из первого и второго уровней протокола RRC выполнен с возможностью передачи выбранных сообщений RRC на другой один из первого и второго уровней протокола RRC, выбранные сообщения RRC представляют собой сообщения RRC, принимаемые и обрабатываемые первым одним из первого и второго уровней протокола RRC, но предназначенные для другого одного из первого и второго уровней протокола RRC.

[1522] 64. Система любого из примеров 52-63, в которой схема обработки по меньшей мере одного экземпляра оборудования радиосети выполнена с возможностью: принимать, от второго беспроводного устройства, указатель возможностей, указатель возможностей идентифицирует набор возможностей для второго беспроводного устройства; и извлекать набор возможностей для второго беспроводного устройства, из базы данных сохраненных возможностей для множества беспроводных устройств, с использованием принятого указателя возможностей.

[1523] 65. Система любого из примеров 52-64, в которой схема обработки по меньшей мере одного экземпляра оборудования радиосети выполнена с возможностью передачи на третье беспроводное устройство с использованием протокола на конкурентной основе.

[1524] 66. Система примера 65, в которой протокол доступа на конкурентной основе содержит механизм доступа с прослушиванием перед передачей (LBT).

[1525] 67. Система любого из примеров 52-66, в которой схема обработки по меньшей мере одного экземпляра оборудования радиосети выполнена с возможностью: принимать сообщение запроса произвольного доступа от четвертого беспроводного устройства посредством сформированного луча восходящей линии связи с использованием нескольких антенн в оборудовании радиосети; оценивать угол прихода, соответствующий сообщению запроса произвольного доступа; и передавать сообщение ответа произвольного доступа, с использованием луча нисходящей линии связи, сформированного с использованием нескольких антенн в оборудовании радиосети, причем луч нисходящей линии связи сформирован на основе оцененного угла прихода.

[1526] 68. Система по примеру 67, в которой луч восходящей линии связи представляет собой свипуемый луч восходящей линии связи.

[1527] 69. Система по примеру 67 или 68, в которой ширина луча нисходящей линии связи основана на оцененном качестве оцененного угла прихода.

[1528] 70. Система любого из примеров 52-69, в которой схема обработки по меньшей мере одного экземпляра оборудования радиосети выполнена с возможностью: обслуживать пятое беспроводное уст-

ройство так, что обслуживание пятого беспроводного устройства содержит отправку данных от пятого беспроводного устройства на первый сетевой узел или первый набор сетевых узлов в соответствии с идентификатором первого сетевого сегмента, ассоциированным с пятым беспроводным устройством; и обслуживать шестое беспроводное устройство так, что обслуживание шестого беспроводного устройства содержит отправку данных от шестого беспроводного устройства на второй сетевой узел или второй набор сетевых узлов в соответствии с идентификатором второго сетевого сегмента, ассоциированным с шестым беспроводным устройством, идентификатор второго сетевого сегмента отличается от идентификатора первого сетевого сегмента, и второй сетевой узел или второй набор сетевых узлов отличаются от первого сетевого узла или первого набора сетевых узлов.

[1529] 71. Беспроводное устройство для работы в сети беспроводной связи, причем беспроводное устройство приспособлено, чтобы: принимать сигнал нисходящей линии связи, содержащий индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, использовать индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи для идентификации конфигурации доступа к восходящей линии связи из предопределенного множества конфигураций доступа восходящей линии связи и передачи в сеть беспроводной связи в соответствии с идентифицированной конфигурацией доступа к восходящей линии связи; и принимать, в первом подкадре, первую передачу мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM), отформатированную в соответствии с первой нумерологией, и принимать, во втором подкадре, вторую передачу OFDM, отформатированную в соответствии со второй нумерологией, вторая нумерология отличается от первой нумерологий.

[1530] 72. Беспроводное устройство примера 71, в котором первая передача OFDM имеет нумерологию в соответствии со спецификациями для Долговременного развития (LTE).

[1531] 73. Беспроводное устройство примера 71 или 72, в котором первая и вторая нумерологий содержат подкадры первой и второй длин подкадра, соответственно, длина первого подкадра отличается от длины второго подкадра.

[1532] 74. Беспроводное устройство любого из примеров 71-73, в котором первая нумерология имеет первый шаг поднесущей, а вторая нумерология имеет второй шаг поднесущей, первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей.

[1533] 75. Беспроводное устройство любого из примеров 71-74, причем беспроводное устройство дополнительно приспособлено для приема и обработки первых данных уровня 2 по первому физическому каналу данных и приема и обработки вторых данных уровня 2 по второму физическому каналу данных так, что прием и обработка первых данных уровня 2 содержат использование мягкого объединения HARQ, и так, что прием и обработка вторых данных уровня 2 не содержат мягкого объединения HARQ.

[1534] 76. Беспроводное устройство примера 75, причем беспроводное устройство дополнительно приспособлено использовать общий набор опорных сигналов демодуляции для приема как первых, так и вторых данных уровня 2.

[1535] 77. Беспроводное устройство любого из примеров 71-76, причем беспроводное устройство дополнительно приспособлено для обработки данных из первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола управления доступом к среде (MAC) и обрабатывать данные из второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC, и беспроводное устройство дополнительно приспособлено для обработки сообщений, принимаемых от каждого из первого и второго уровней протокола MAC, с использованием одного общего уровня протокола управления радиоресурсами (RRC).

[1536] 78. Беспроводное устройство любого из примеров 71-76, причем беспроводное устройство дополнительно приспособлено для обработки данных из первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола управления доступом к среде (MAC) и обработки данных из второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC, причем беспроводное устройство дополнительно приспособлено для обработки сообщений, принятых через первый уровень протокола MAC, с использованием первого уровня протокола радиоресурсов (RRC) и обработки сообщений, принятых через второй уровень протокола MAC, с использованием второго уровня протокола RRC, первый уровень протокола RRC отличается от второго уровня протокола RRC, причем по меньшей мере первый один из первого и второго уровней протокола RRC выполнен с возможностью передачи выбранных сообщений RRC на другой один из первого и второго уровней протокола RRC, выбранные сообщения RRC представляют собой сообщения RRC, принимаемые и обрабатываемые первым одним из первого и второго уровней протокола RRC, но предназначенные для другого одного из первого и второго уровней протокола RRC.

[1537] 79. Беспроводное устройство любого из примеров 71-78, причем беспроводное устройство дополнительно приспособлено для передачи третьих данных уровня 2 по третьему физическому каналу данных и передачи четвертых данных уровня 2 по четвертому физическому каналу данных так, что передача третьих данных уровня 2 содержит использование процесса HARQ, поддерживающего мягкое объединение, и так, что передача четвертых данных уровня 2 не содержит процесс HARQ.

[1538] 80. Беспроводное устройство любого из примеров 71-79, причем беспроводное устройство дополнительно приспособлено для работы в режиме соединения для одного или более первых интерва-

лов и работы в неактивном режиме для одного или более вторых интервалов, так что упомянутые первая и вторая передачи OFDM выполняются в режиме соединения, и при этом беспроводное устройство приспособлено, чтобы, при работе в неактивном режиме: выполнять мониторинг сигналов, переносящих идентификаторы областей отслеживания;

[1539] сравнивать идентификаторы областей отслеживания, принятые во время упомянутого мониторинга, со списком идентификаторов областей отслеживания; и уведомлять сеть беспроводной связи в ответ на определение того, что принятый идентификатор области отслеживания отсутствует в упомянутом списке, но в противном случае воздерживаться от уведомления сети беспроводной связи в ответ на прием измененных идентификаторов областей отслеживания.

[1540] 81. Беспроводное устройство любого из примеров 71-80, причем беспроводное устройство дополнительно приспособлено для передачи, в сеть беспроводной связи, указателя возможностей, причем указатель возможностей идентифицирует набор возможностей, для беспроводного устройства, сохранившихся в сети беспроводной связи.

[1541] 82. Беспроводное устройство любого из примеров 71-81, причем беспроводное устройство дополнительно приспособлено для передачи в сеть беспроводной связи с использованием протокола доступа на конкурентной основе.

[1542] 83. Беспроводное устройство примера 82, в котором протокол доступа на конкурентной основе содержит механизм доступа с прослушиванием перед передачей (LBT).

[1543] 84. Беспроводное устройство по любому из примеров 71-83, причем беспроводное устройство дополнительно приспособлено, чтобы: измерять первый опорный сигнал мобильности по первому принимаемому лучу; измерять второй опорный сигнал мобильности по второму принимаемому лучу, второй опорный сигнал мобильности отличается от первого опорного сигнала мобильности; и сообщать результаты измерения первого и второго опорных сигналов мобильности в сеть беспроводной связи.

[1544] 85. Беспроводное устройство примера 84, причем беспроводное устройство дополнительно приспособлено для приема, в ответ на сообщение результатов, команды на переключение с приема данных по текущему лучу нисходящей линии связи на прием данных по другому лучу нисходящей линии связи.

[1545] 86. Беспроводное устройство примера 85, в котором беспроводное устройство дополнительно приспособлено для приема значения временного опережения для применения к другому лучу нисходящей линии связи.

[1546] 87. Система, содержащая один или более экземпляров оборудования радиосети, причем каждый из экземпляров оборудования радиосети содержит радиосхему и схему обработки, оперативно соединенную с радиосхемой, причем один или более экземпляров оборудования радиосети приспособлены, чтобы: передавать первый сигнал нисходящей линии связи, содержащий индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи идентифицирует конфигурацию доступа к восходящей линии связи из множества предопределенных конфигураций доступа к восходящей линии связи, и затем принимать передачу от первого беспроводного устройства в соответствии с идентифицированной конфигурацией доступа к восходящей линии связи; и передавать, в первом подкадре, первую передачу мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM), отформатированную в соответствии с первой нумерологией, и передавать, во втором подкадре, вторую передачу OFDM, отформатированную в соответствии со второй нумерологией, вторая нумерология отличается от первой нумерологий.

[1547] 88. Система примера 87, в которой первый экземпляр оборудования радиосети приспособлен для передачи первого сигнала нисходящей линии связи, содержащего индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, и причем второй экземпляр оборудования радиосети приспособлен для передачи первой и второй передач OFDM.

[1548] 89. Система примера 87 или 88, в которой первая передача OFDM имеет нумерологию в соответствии со спецификациями для Долговременного развития (LTE).

[1549] 90. Система любого из примеров 87-89, в которой первая и вторая нумерологии содержат подкадры первой и второй длин подкадра, соответственно, длина первого подкадра отличается от длины второго подкадра.

[1550] 91. Система любого из примеров 87-90, в которой первая нумерология имеет первый шаг поднесущей, а вторая нумерология имеет второй шаг поднесущей, первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей.

[1551] 92. Система любого из примеров 87-91, в которой по меньшей мере один из одного или более экземпляров оборудования радиосети приспособлен для передачи второго сигнала нисходящей линии связи, содержащего сигнал информации доступа, причем сигнал информации доступа указывает множество конфигураций доступа к восходящей линии связи, причем индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи идентифицирует одну из множества конфигураций доступа к восходящей линии связи.

[1552] 93. Система примера 92, в которой первый экземпляр оборудования радиосети приспособлен для передачи первого сигнала нисходящей линии связи, содержащего индекс конфигурации доступа к

восходящей линии связи, причем второй экземпляр оборудования радиосети приспособлен для передачи первой и второй передач OFDM, и причем третий экземпляр оборудования радиосети приспособлен для выполнения передачи второго сигнала нисходящей линии связи.

[1553] 94. Система любого из примеров 87-93, в которой по меньшей мере один из одного или более экземпляров оборудования радиосети дополнительно приспособлен, чтобы обрабатывать и передавать первые данные уровня 2 по первому физическому каналу данных и обрабатывать и передавать вторые данные уровня 2 по второму физическому каналу данных так, что обработка и передача первых данных уровня 2 содержат использование процесса HARQ, поддерживающего мягкое объединение, и так, что обработка и передача вторых данных уровня 2 не содержат процесс HARQ.

[1554] 95. Система примера 94, в которой по меньшей мере один из одного или более экземпляров оборудования радиосети приспособлен, чтобы передавать первые и вторые данные уровня 2 с использованием общего антенного порта и передавать общий набор опорных сигналов демодуляции, с использованием общего антенного порта, для использования при приеме как первых, так и вторых данных уровня 2.

[1555] 96. Система любого из примеров 87-95, в которой по меньшей мере один из одного или более экземпляров оборудования радиосети дополнительно приспособлен, чтобы принимать и обрабатывать третьи данные уровня 2 по третьему физическому каналу данных и принимать и обрабатывать четвертые данные уровня 2 по четвертому физическому каналу данных так, что прием и обработка третьих данных уровня 2 содержит использование мягкого объединения HARQ, и так, что прием и обработка четвертых данных уровня 2 не содержит мягкого объединения HARQ.

[1556] 97. Система любого из примеров 87-96, в которой один из одного или более экземпляров оборудования радиосети приспособлен, чтобы выполнять передачу как первой, так и второй передач OFDM, и причем один из одного или более экземпляров оборудования радиосети дополнительно приспособлен, чтобы обрабатывать данные для первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола управления доступом к среде (MAC) и обрабатывать данные для второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC, и один из одного или более экземпляров оборудования радиосети дополнительно адаптирован для обработки сообщений, подлежащих транспортировке каждым из первых и второго уровней протокола MAC, с использованием одного общего уровня протокола управления радиоресурсами (RRC).

[1557] 98. Система любого из примеров 87-96, в которой один или более экземпляров оборудования радиосети приспособлены, чтобы выполнять передачу как первой, так и второй передач OFDM, и один из одного или более экземпляров оборудования радиосети дополнительно приспособлен, чтобы обрабатывать данные для первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола управления доступом к среде (MAC) и обрабатывать данные для второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC, и один из одного или более экземпляров оборудования радиосети дополнительно приспособлен, чтобы обрабатывать сообщения, подлежащие транспортировке первым уровнем протокола MAC, с использованием первого уровня протокола управления радиоресурсами (RRC), и обрабатывать сообщения, подлежащие транспортировке вторым уровнем протокола MAC, с использованием второго уровня протокола RRC, первый уровень протокола RRC отличается от второго уровня протокола RRC, причем по меньшей мере первый один из первого и второго уровней протокола RRC выполнен с возможностью передачи выбранных сообщений RRC на другой один из первого и второго уровней протокола RRC, выбранные сообщения RRC представляют собой сообщения RRC, принимаемые и обрабатываемые первым из первого и второго уровней протокола RRC, но предназначенные для другого одного из первого и второго уровней протокола RRC.

[1558] 99. Система любого из примеров 87-98, в которой по меньшей мере один из одного или более экземпляров оборудования радиосети приспособлен, чтобы: принимать, из второго беспроводного устройства, указателя возможностей, причем указатель возможностей идентифицирует набор возможностей для второго беспроводного устройства; и извлекать набор возможностей для второго беспроводного устройства, из базы данных сохраненных возможностей для множества беспроводных устройств, с использованием принятого указателя возможностей.

[1559] 100. Система любого из примеров 87-99, в которой по меньшей мере один из одного или более экземпляров оборудования радиосети приспособлен для передачи на третье беспроводное устройство с использованием протокола на конкурентной основе.

[1560] 101. Система примера 100, в которой протокол доступа на конкурентной основе содержит механизм доступа с прослушиванием перед передачей (LBT).

[1561] 102. Система любого из примеров 87-101, в которой по меньшей мере один из одного или более экземпляров оборудования радиосети приспособлен, чтобы: принимать сообщение запроса произвольного доступа от четвертого беспроводного устройства, посредством луча восходящей линии связи, сформированного с использованием нескольких антенн в оборудовании радиосети; оценивать угол прихода, соответствующий сообщению запроса произвольного доступа; и передавать сообщение ответа про-

извольного доступа, с использованием луча нисходящей линии связи, сформированного с использованием нескольких антенн в оборудовании радиосети, причем луч нисходящей линии связи формируется на основе оцененного угла прихода.

[1562] 103. Система примера 102, в которой луч восходящей линии связи представляет собой свипируемый луч восходящей линии связи.

[1563] 104. Система примера 102 или 103, в которой ширина луча нисходящей линии связи основана на оцененном качестве оцененного угла прихода.

[1564] 105. Система любого из примеров 87-104, в которой по меньшей мере один из одного или более экземпляров оборудования радиосети приспособлен, чтобы: обслуживать пятое беспроводное устройство так, что обслуживание пятого беспроводного устройства содержит отправку данных из пятого беспроводного устройства на первый сетевой узел или первый набор сетевых узлов в соответствии с идентификатором первого сетевого сегмента, ассоциированным с пятым беспроводным устройством; и обслуживать шестое беспроводное устройство так, что обслуживание шестого беспроводного устройства содержит отправку данных из шестого беспроводного устройства во второй сетевой узел или второй набор сетевых узлов в соответствии с идентификатором второго сетевого сегмента, ассоциированным с шестым беспроводным устройством, идентификатор второго сетевого сегмента отличается от идентификатора первого сетевого сегмента, и второй сетевой узел или второй набор сетевых узлов отличается от первого сетевого узла или первого набора сетевых узлов.

[1565] 106. Пользовательское оборудование (UE) для работы в сети беспроводной связи, причем упомянутое UE содержит: антенну, выполненную с возможностью отправки и приема беспроводных сигналов; схему обработки; радиочастотную схему, соединенную с антенной и со схемой обработки и выполненную с возможностью формирования сигналов, передаваемых между антенной и схемой обработки; интерфейс ввода, соединенный со схемой обработки и выполненный с возможностью обеспечения ввода в UE информации, подлежащей обработке схемой обработки; интерфейс вывода, соединенный со схемой обработки и выполненный с возможностью вывода из UE информации, которая была обработана схемой обработки; и батарею, соединенную со схемой обработки и выполненную с возможностью подачи питания на UE; причем схема обработки выполнена с возможностью: принимать сигнал нисходящей линии связи, содержащий индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, использовать индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи для идентификации конфигурации доступа к восходящей линии связи из предопределенного множества конфигураций доступа к восходящей линии связи и передачи в сеть беспроводной связи в соответствии с идентифицированной конфигурацией доступа к восходящей линии связи; и принимать, в первом подкадре, первую передачу мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM), отформатированную в соответствии с первой нумерологией, и принимать, во втором подкадре, вторую передачу OFDM, отформатированную в соответствии со второй нумерологией, причем вторая нумерология отличается от первой нумерологий.

[1566] 107. UE примера 106, причем UE дополнительно действует для выполнения этапов любого из примеров 2-16.

[1567] 108. Базовая станция (BS) для работы в сети беспроводной связи, причем упомянутая BS содержит: одну или более антенн, выполненных с возможностью отправки и приема беспроводных сигналов; схему обработки; радиочастотную схему, соединенную с антенной и со схемой обработки и выполненную с возможностью формирования сигналов, передаваемых между антенной и схемой обработки; интерфейс ввода, соединенный со схемой обработки и выполненный с возможностью обеспечения ввода информации в UE, подлежащей обработке схемой обработки; интерфейс вывода, соединенный со схемой обработки и выполненный с возможностью вывода информации из UE, которая была обработана схемой обработки; и схему источника питания, соединенную со схемой обработки и выполненную с возможностью подачи питания на UE; причем схема обработки выполнена с возможностью: передавать первый сигнал нисходящей линии связи, содержащий индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, причем индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи идентифицирует конфигурацию доступа к восходящей линии связи из множества предопределенных конфигураций доступа к восходящей линии связи, и затем принимать передачу из первого беспроводного устройства в соответствии с идентифицированной конфигурацией доступа к восходящей линии связи; и передавать, в первом подкадре, первую передачу мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM), отформатированную в соответствии с первой нумерологией, и передавать, во втором подкадре, вторую передачу OFDM, отформатированную в соответствии со второй нумерологией, вторая нумерология отличается от первой нумерологий.

[1568] 109. BS примера 108, причем UE дополнительно действует для выполнения этапов любого из примеров 17-35.

[1569] 110. Базовая станция (BS) для работы в сети беспроводной связи, причем упомянутая BS содержит: одну или более антенн, выполненных с возможностью отправки и приема беспроводных сигналов; схему обработки; радиочастотную схему, соединенную с антенной и со схемой обработки и выполненную с возможностью формирования сигналов, передаваемых между антенной и со схемой обработки; интерфейс ввода, соединенный со схемой обработки и выполненный с возможностью обеспечения ввода

информации в BS для обработки схемой обработки; интерфейс вывода, соединенный со схемой обработки и выполненный с возможностью вывода информации от BS, которая была обработана схемой обработки; и схему источника питания, соединенную со схемой обработки и выполненную с возможностью подачи питания на BS; причем схема обработки выполнена с возможностью: передавать первый сигнал нисходящей линии связи, содержащий индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, индекс конфигурации доступа восходящей линии связи идентифицирует конфигурацию доступа к восходящей линии связи из множества заданных конфигураций доступа к восходящей линии связи, и затем принимать передачу из первого беспроводного устройства в соответствии с идентифицированной конфигурацией доступа к восходящей линии связи; и передавать, в первом подкадре, первую передачу мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM), отформатированную в соответствии с первой нумерологией, и передавать, во втором подкадре, вторую передачу OFDM, отформатированную в соответствии со второй нумерологией, вторая нумерология отличается от первой нумерологий.

Приложение: Сокращения

Сокращение	Объяснение
2G	2-е поколение
3G	3-е поколение
3GPP	3GPP Проект партнерства 3-го поколения
4G	4-е поколение
5G	5-е поколение
5GPPP	Инфраструктура публичного-частного партнерства
5GTB	Испытательный стенд 5-го поколения
ABR	Автоматическое отношение базовых станций
ACK	Квитирование
ADSS	Выровненное направленное зондирование и измерение
AGC	Автоматическая регулировка усиления
AGV	Автоматизированное управляемое транспортное средство
AIT	Таблица информации доступа
AMM	Мобильность активного режима
AN	Узел доступа
ANR	Автоматические отношения соседей
AP	Точка доступа
ARQ	Автоматический запрос повторения
AS	Слой доступа
ASA	Авторизованный совместно используемый доступ
AVR	Автоматические отношения виртуальных лучей
BB	Основная полоса
BBF	Функция основной полосы
BBU	Блок основной полосы
BER	Частота ошибочных битов
BF	Формирование луча
BH	Транспортная сеть
BIO	Смещение индивидуального луча
BLEP	Вероятность блочных ошибок
BLER	Частота блочных ошибок
BRS	Опорный сигнал луча
BS	Базовая станция
BS2BS	От базовой станции к базовой станции
BSID	Идентификатор базовой станции
BW	Ширина полосы
CA	Агрегация несущих
CAPEX	Капиталовложения
CB	На конкурентной основе
CCE	Элемент канала управления

CCP	Точка координации кластера
CDMA2000	Сотовая система, специфицированная 3GPP2
CEPT	Европейская конференция администраций почт и связи
CF	Вычисление и пересылка
CH	Головка кластера
CIO	Индивидуальное смещение соты
CMAS	Коммерческая система мобильного предупреждения
C-MTC	Критичная связь машинного типа
CN	Базовая сеть
COMP	Координированная многоточечная связь
CP	Циклический префикс
CPRI	Общий публичный радиointерфейс
CQI	Информация о качестве канала
CRC	Контроль циклическим избыточным кодом
CRS	Специфический для соты опорный сигнал
CSI	Информация о состоянии канала
CTS	Готовность к передаче
D2D	От устройства к устройству
DAC	Цифро-аналоговый преобразователь
DC	Двойная связность
DCI	Управляющая информация нисходящей линии связи
DDOS	Распределенный отказ в обслуживании
DFT	Дискретное преобразование Фурье
DFTS	Расширение дискретным преобразованием Фурье
DL	Нисходящая линия связи
DLIM	Карта помех направленным линиям связи
DMRS	Опорный сигнал демодуляции
DN	Узел-получатель
DRB	Выделенный радиоканал-носитель
DRX	Прерывистый прием
DSSI	Интервал направленного зондирования и считывания
DSSP	Период направленного зондирования и считывания
DSSW	Окно направленного зондирования и считывания
DTX	Прерывистая передача
E2E	Сквозной
E3F	Структура оценки энергоэффективности
EAB	Запрет расширенного класса доступа
ECGI	Глобальный идентификатор соты E-UTRAN
ECM	Управление соединением EPS
EGPRS	Расширенная служба пакетной передачи данных
EIRP	Эквивалентная изотропно излучаемая мощность
eNB	Развитый Узел В

EMBB	Усовершенствованная мобильная широкополосная связь
EMF	Электромагнитные поля
EMM	Управление мобильностью EPS (протокол)
EPC	Развитое пакетное ядро
EPS	Развитая пакетная подсистема
ETSI	Европейский институт по стандартизации связи
ETWS	Система предупреждения о землетрясениях/цунами
EVM	Величина вектора ошибок
FCC	Федеральная комиссия по связи
FDD	Дуплекс с частотным разделением
FDMA	Множественный доступ с частотным разделением
FFT	Быстрое преобразование Фурье
FPGA	Программируемая вентильная матрица
FPS	Кадров в секунду
FRA	Будущий радиодоступ
GB	Защитная полоса
GERAN	Сеть радиодоступа GSM/EDGE
GFTE	Технология групповой функции
GLDB	База данных геолокации
GNSS	Глобальная система спутниковой навигации
GPRS	Служба пакетной передачи данных
GPS	Глобальная система позиционирования
GSM	Глобальная система мобильной связи
GW	Шлюз
HARQ	Гибридный ARQ
HO	Хэндовер
HW	Аппаратные средства
I2D	От инфраструктуры к устройству
ID	Идентификатор
IE	Информационный элемент
IFFT	Обратное быстрое преобразование Фурье
IID	Независимо идентично распределенный
IM	Измерение помехи
IMR	Ресурс измерения помехи
IMSI	Международный идентификатор мобильного абонента
IMT	Международная мобильная связь
IMT2020	Международная мобильная связь 2020
IOT	Интернет вещей
IP	Интернет-протокол
IR	Инкрементная избыточность
IRAT	Меж-RAT
ISD	Расстояние между узлами

ITU	Международный союз электросвязи
IUA	Мгновенный доступ к восходящей линии связи
KPI	Ключевой показатель эффективности
L1	Уровень 1
L2	Уровень 2
L3	Уровень 3
LAA	Лицензированный поддерживаемый доступ
LAT	Прослушивание после передачи
LBT	Прослушивание перед передачей
LCID	ID логического канала
LDPC	Код с малой плотностью проверок на четность
LO	Гетеродин
LOS	Линия визирования
LSA	Лицензированный совместно используемый доступ
LTE	Долгосрочное развитие
MAC	Управление доступом к среде
MBB	Мобильная широкополосная связь
MBMS	Мультимедийные широкополосные/многоадресные услуги
MBSFN	Многоадресная/широкополосная одночастотная сеть
MCS	Схема модуляции и кодирования
METIS	Средства поддержки мобильной и беспроводной связи для
MIB	информационного сообщества 2020
MIMO	Блок основной информации
MME	Множественный вход/множественный выход
MMSE	Объект управления мобильностью
MMW	Минимальная среднеквадратичная ошибка
MPD	Миллиметровая волна
MRS	Многоточечное разнесение
MRT	Опорный сигнал мобильности и доступа
MTC	Передача максимального отношения
MU	Связь машинного типа
NA	Многопользовательский
NACK	Не применимо
NAK	Отрицательное квитирование
NAS	Отрицательное квитирование
NB	Не относящийся к слою доступа
NDI	Узкая полоса
NFV	Указатель новых данных
NGMN	Виртуализация сетевой функции
NLOS	Мобильные сети следующего поколения
NNTS	Не на линии визирования
NTS	Уведомить, чтобы не отправлять

NR	Уведомить, чтобы отправлять
NW	Новое радио
NX	Сеть
OAM	Термин 'NX' – не аббревиатура и должен интерпретироваться как
OCC	конструкция, обозначающая "next" (следующее)
OFDM	Эксплуатация и обслуживание
OOS	Ортогональный код покрытия
OPEX	Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением
OSS	Не синхронизировано
OTT	Операционные расходы
PA	Система эксплуатации и поддержки
PACH	Предоставление видеослужб через Интернет
PAPR	Усилитель мощности
PBCH	Физический канал привязки
PCCH	Отношение пиковой к средней мощности
PDCCCH	Физический широкополосный канал
PDCH	Физический канал управления
PDSCP	Физический канал управления нисходящей линии связи
PDSCCH	Физический канал данных
PDU	Протокол конвергенции пакетных данных
PHR	Физический совместно используемый канал нисходящей линии связи
PHY	Блок пакетных данных
PICH	Отчет о запасе по мощности
PIT	Физический (уровень)
PLMN	Канал индикации поискового вызова
PLNC	Таблица информации позиционирования
PMCH	Наземная мобильная сеть общего пользования
PME	Сетевое кодирование физического уровня
PMI	Канал сообщения поискового вызова
PPF	Объект управления позиционированием
PRACH	Указатель матрицы предкодера
PRS	Функция обработки пакетов
PS	Физический канал произвольного доступа
PSD	Опорный сигнал позиционирования
PSM	Общественная безопасность
PSS	Спектральная плотность мощности
PUSCH	Режим энергосбережения
PUSCH	Последовательность первичной синхронизации
PWS	Физический канал управления восходящей линии связи
QAM	Физический совместно используемый канал восходящей линии связи
QMF	Общественная система предупреждения
QPSK	Квадратурная амплитудная модуляция

RA	Квантование – отображение – и пересылка
RACH	Квадратурная фазовая манипуляция
RAN	Произвольный доступ
RAR	Канал произвольного доступа
RAS	Узел радиодоступа
RAT	Ответ произвольного доступа
RB	Реконфигурируемая антенная система
RBS	Технология радиодоступа
RCF	Блок ресурсов
RF	Базовая радиостанция
RLC	Функция радиоконтроллера
RLF	Радиочастота
RLP	Управление радиолинией (протокол)
RN	Сбой радиолинии
RNTI	Проблема радиолинии
RRC	Радиосеть
RRM	Временный идентификатор радиосети
RRS	Управление радиоресурсами (протокол)
RS	Администрирование радиоресурсов
RSI	Опорный сигнал взаимности
RSRP	Опорный сигнал
RTS	Указатель статуса приема
RTT	Принимаемая мощность опорного сигнала
RU	Запрос на передачу
RX	Время двустороннего распространения
S1	Радиоблок
S1AP	Прием
S2	Интерфейс между RAN и CN в LTE
SA	Протокол приложения S1 (протокол сигнализации)
SAN	Интерфейс, используемый для интеграции Wi-Fi в EPC
SAR	Архитектура системы
SC	Обслуживающий узел доступа
SDN	Удельная мощность поглощения
SeNB	С пространственной связью
SDU	Программно-определяемое сетевое взаимодействие
SFN	Вторичный eNB
SG	Блок данных услуги
SI	Одночастотная сеть
SIB	Предоставление планирования
SIM	Системная информация
SINR	Блок системной информации
SIR	Модуль идентификации абонента

SLNR	Отношение сигнала к помехе и шуму
SLSS	Отношение сигнала к помехе
SN	Отношение сигнала к утечке и шуму
SNR	Синхросигнал прямой линии связи
SON	Исходный узел
SR	Отношение сигнал-шум
SRB	Самоорганизующаяся сеть
SRS	Запрос планирования
SRU	Радиоканал-носитель сигнализации
SS	Опорный сигнал зондирования
SSB	Блок ресурсов зондирования
SSI	Сигнатурная последовательность
SSS	Блок SSI
SU	Индекс сигнатурной последовательности
SW	Последовательность вторичной синхронизации
SVD	Однопользовательский
SWEA	Программное обеспечение
TA	Разложение на сингулярные значения
TA	Программа стандартизации компании Ericsson
TAU	Временное опережение
TB	Область отслеживания
TBD	Обновление области отслеживания
TCO	Транспортный блок
TCP	Подлежит определению
TDD	Температурно-управляемый генератор
TDOA	Протокол управления передачей
TEA	Дуплекс с временным разделением
TM	Разность времени прихода (способ позиционирования)
TMSI	Архитектура компании Ericsson?
TRA	Режим передачи
TRAC	Временный идентификатор мобильного абонента
TRAS	Область отслеживания RAN
TRASI	Код области отслеживания RAN
TRASS	Сигнал области отслеживания RAN
TSS	Индекс сигнала области отслеживания RAN
TTI	Синхронизация сигнала области отслеживания RAN
TV	Сигнал временной и частотной синхронизации
TX	Интервал времени передачи
UCI	Телевидение
UE	Передача
UE2UE	Управляющая информация восходящей линии связи
UEID	Пользовательское оборудование

UI	Связь от UE к UE
UL	Идентификатор UE
ULA	Пользовательский интерфейс
UP	Восходящая линия связи
URA	Равномерная линейная решетка
URL	Пользовательская плоскость
US	Область регистрации UTRAN
USIM	Унифицированный указатель ресурса?
USS	Соединенные Штаты (Америки)
UTRA	Универсальный модуль идентификации абонента
UTRAN	Сигнал синхронизации восходящей линии связи
V2V	Наземный радиодоступ UMTS (3G)
V2X	Сеть наземного радиодоступ UMTS (3G RAN)
VB	От транспортного средства к транспортному средству
WCDMA	От транспортного средства к чему-либо
WINNER	Виртуальный луч
WRC	Широкополосный множественный доступ с кодовым разделением (3G)
X2	Беспроводная всемирная инициатива "Новое радио" (проект EU)
X2AP	Всемирная конференция по радио (ITU)
XO	Интерфейс между eNB в LTE
ZF	Протокол приложений X2 (протокол сигнализации по X2) Кварцевый генератор Принудительное обнуление

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ работы беспроводного устройства в сети беспроводной связи, при этом беспроводное устройство выполнено с возможностью осуществления связи с оборудованием радиосети, выполненным с возможностью, по меньшей мере, предоставлять беспроводному устройству доступ к сети беспроводной связи, при этом способ содержит этапы, на которых:

принимают первый сигнал нисходящей линии связи, содержащий информацию, указывающую множество конфигураций доступа к восходящей линии связи, причем каждая конфигурация доступа к восходящей линии связи включает в себя конфигурацию произвольного доступа;

принимают второй сигнал нисходящей линии связи, содержащий индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, используют индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи для идентификации конфигурации доступа к восходящей линии связи из указанного множества конфигураций доступа к восходящей линии связи и передают в сеть беспроводной связи передачу касемо произвольного доступа в соответствии с конфигурацией произвольного доступа, включенной в идентифицированную конфигурацию доступа к восходящей линии связи; и

в ответ принимают, в первом подкадре нисходящей линии связи, первую передачу с мультиплексированием с ортогональным частотным разделением (OFDM), отформатированную в соответствии с первой нумерологией, и принимают, во втором подкадре нисходящей линии связи, вторую передачу OFDM, отформатированную в соответствии со второй нумерологией, причем вторая нумерология отличается от первой нумерологий, при этом первая нумерология имеет первый шаг поднесущей, а вторая нумерология имеет второй шаг поднесущей, причем первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей, при этом каждая из упомянутых нумерологий представляет собой соответствующую конкретную комбинацию шага поднесущей OFDM, длины циклического префикса и длины подкадра.

2. Способ по п.1, при этом способ дополнительно содержит этапы, на которых принимают дополнительно широкополосно передаваемую информацию доступа к системе и используют принятую информацию доступа к системе для доступа к сети беспроводной связи.

3. Способ по п.1 или 2, дополнительно содержащий работу в режиме соединения для одного или более первых интервалов и работу в неактивном режиме для одного или более вторых интервалов, причем упомянутые первая и вторая передачи OFDM выполняются в режиме соединения, и упомянутая работа в неактивном режиме содержит этапы, на которых:

осуществляют мониторинг сигналов, переносящих идентификаторы областей отслеживания;

сравнивают идентификаторы областей отслеживания, принятые в ходе упомянутого мониторинга, со списком идентификаторов областей отслеживания; и

уведомляют сеть беспроводной связи в ответ на определение того, что принятый идентификатор

области отслеживания отсутствует в упомянутом списке, а в противном случае воздерживаются от уведомления сети беспроводной связи в ответ на прием измененных идентификаторов областей отслеживания.

4. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором упомянутые первый и второй подкадры нисходящей линии связи принимаются на одной и той же несущей.

5. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором первая и вторая нумерологии содержат подкадры первой и второй длин подкадра, соответственно, причем первая длина подкадра отличается от второй длины подкадра.

6. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором подкадры первой и второй нумерологий содержат, соответственно, первое и второе предопределенные количества символов OFDM.

7. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором по меньшей мере одна из первой и второй нумерологий содержит подкадры длиной 250 микросекунд или менее.

8. Способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно содержащий этапы, на которых: запрашивают дополнительную системную информацию из сети беспроводной связи; и принимают дополнительную системную информацию из сети беспроводной связи в ответ на упомянутое запрашивание.

9. Способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно содержащий этап, на котором принимают дополнительную системную информацию из сети беспроводной связи в выделенной передаче.

10. Способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно содержащий этап, на котором принимают, в первом по времени символе OFDM упомянутого первого или второго подкадра нисходящей линии связи, управляющую сигнализацию нисходящей линии связи в первом наборе поднесущих упомянутого первого по времени символа OFDM и выделенные пользовательские данные во втором наборе поднесущих упомянутого первого по времени символа OFDM.

11. Способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно содержащий этап, на котором передают данные положительного квитирования (ACK) или отрицательного квитирования (NACK) в ответ на упомянутую первую передачу OFDM в упомянутом первом подкадре нисходящей линии связи, в последнем символе OFDM интервала подкадра восходящей линии связи, по меньшей мере частично перекрывающего упомянутый первый подкадр нисходящей линии связи.

12. Способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно содержащий этап, на котором принимают третью передачу OFDM, отформатированную в соответствии с первой нумерологией, причем третья передача OFDM занимает интервал времени передачи (TTI), имеющий длину, равную множеству подкадров в соответствии с первой нумерологией.

13. Способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно содержащий этап, на котором обрабатывают данные из первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола управления доступом к среде (MAC) и обрабатывают данные из упомянутой второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, причем первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC, при этом способ дополнительно содержит этап, на котором обрабатывают сообщения, принятые от каждого из первого и второго уровней протокола MAC, с использованием одного общего уровня протокола управления радиоресурсами (RRC).

14. Способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно содержащий передачу в сеть беспроводной связи с использованием расширенной дискретным преобразованием Фурье передачи OFDM (DFTS-OFDM).

15. Способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно содержащий этапы, на которых: измеряют первый опорный сигнал мобильности по первому принимаемому лучу; измеряют второй опорный сигнал мобильности по второму принимаемому лучу, причем второй опорный сигнал мобильности отличается от первого опорного сигнала мобильности; и сообщают результаты измерений первого и второго опорных сигналов мобильности в сеть беспроводной связи.

16. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором упомянутый прием по меньшей мере одной из первой и второй передач OFDM содержит этап, на котором декодируют упомянутую по меньшей мере одну из первой и второй передач OFDM с использованием полярного кода.

17. Способ по одному из предыдущих пунктов, в котором упомянутый прием по меньшей мере одной из первой и второй передач OFDM содержит этап, на котором декодируют упомянутую по меньшей мере одну из первой и второй передач OFDM с использованием кода с малой плотностью проверок на четность (LDPC).

18. Способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно содержащий этап, на котором принимают сигналы с использованием протокола асинхронного гибридного автоматического запроса повторной передачи (HARQ).

19. Способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно содержащий этап, на котором передают сигналы с использованием протокола асинхронного гибридного автоматического запроса повторной передачи (HARQ).

20. Способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно содержащий передачу по физиче-

скому каналу управления восходящей линии связи с той же самой нумерологией, что и по физическому каналу данных.

21. Способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно содержащий этапы, на которых: формируют преамбулу произвольного доступа путем повторения короткой последовательности несколько раз, причем короткая последовательность имеет ту же длину, что и длина символов OFDM, используемых для сигнализации пользовательских данных; и

передают преамбулу произвольного доступа на оборудование сетевого узла.

22. Способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно содержащий этап, на котором принимают от оборудования радиосети указание того, какие ресурсы опорного сигнала информации о состоянии канала (CSI-RS) использовать для измерений.

23. Способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно содержащий этапы, на которых: осуществляют работу в режиме соединения в течение одного или более первых интервалов и работу в неактивном режиме в течение одного или более вторых интервалов и

принимают, когда беспроводное устройство работает в неактивном режиме, запрос поискового вызова от оборудования сетевого узла через базовую сеть.

24. Способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно содержащий этапы, на которых: осуществляют работу в режиме соединения в течение одного или более первых интервалов и работу в неактивном режиме в течение одного или более вторых интервалов и,

после перехода в неактивный режим сохраняют для беспроводного устройства все объекты протокола конвергенции пакетных данных (PDCP) радиоканалов-носителей сигнализации (SRB) и блоки ресурсов (RB) и идентификатор контекста управления радио ресурсом (RRC) UE, причем идентификатор RRC-контекста UE принимается в процедуре установки соединения RRC.

25. Способ по одному из предыдущих пунктов, дополнительно содержащий этап, на котором принимают конфигурацию, указывающую ограниченный набор радио ресурсов, для работы исключительно на которых сконфигурировано беспроводное устройство.

26. Способ работы оборудования радиосети в сети беспроводной связи, при этом оборудование радиосети выполнено с возможностью осуществления связи с беспроводным устройством и выполнено с возможностью, по меньшей мере, предоставлять беспроводному устройству доступ к сети беспроводной связи, при этом способ содержит этапы, на которых:

передают первый сигнал нисходящей линии связи, содержащий информацию, указывающую множество конфигураций доступа к восходящей линии связи, причем каждая конфигурация доступа к восходящей линии связи включает в себя конфигурацию произвольного доступа;

передают второй сигнал нисходящей линии связи, содержащий индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, причем индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи идентифицирует конфигурацию доступа к восходящей линии связи из указанного множества конфигураций доступа к восходящей линии связи, и затем принимают передачу касемо произвольного доступа от первого беспроводного устройства в соответствии с конфигурацией произвольного доступа, включенной в идентифицированную конфигурацию доступа к восходящей линии связи; и

в ответ передают, в первом подкадре нисходящей линии связи, первую передачу с мультиплексированием с ортогональным частотным разделением (OFDM), отформатированную в соответствии с первой нумерологией, и передают, во втором подкадре нисходящей линии связи, вторую передачу OFDM, отформатированную в соответствии со второй нумерологией, причем вторая нумерология отличается от первой нумерологий, при этом первая нумерология имеет первый шаг поднесущей, а вторая нумерология имеет второй шаг поднесущей, причем первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей, при этом каждая из упомянутых нумерологий представляет собой соответствующую конкретную комбинацию шага поднесущей OFDM, длины циклического префикса и длины подкадра.

27. Способ по п.26, дополнительно содержащий широкополосную передачу информации доступа к системе, позволяющую упомянутому беспроводному устройству использовать принятую информацию доступа к системе для доступа к сети беспроводной связи.

28. Способ по п.26 или 27, в котором упомянутые первый и второй подкадры нисходящей линии связи передаются на одной и той же несущей.

29. Способ по одному из пп.26-28, в котором упомянутая передача второго сигнала нисходящей линии связи, содержащая упомянутый индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, выполняется первой единицей оборудования радиосети, причем упомянутая передача первой и второй передач OFDM выполняется второй единицей оборудования радиосети.

30. Способ по одному из пп.26-29, в котором первая и вторая нумерологий содержат подкадры первой и второй длин подкадра, соответственно, причем первая длина подкадра отличается от второй длины подкадра.

31. Способ по одному из пп.26-30, в котором подкадры первой и второй нумерологий содержат, соответственно, первое и второе predetermined количества символов OFDM.

32. Способ по одному из пп.26-31, в котором по меньшей мере одна из первой и второй нумерологий содержит подкадры длиной 250 микросекунд или менее.

33. Способ по одному из пп.26-32, дополнительно содержащий этап, на котором передают, в первом по времени символе OFDM упомянутого первого или второго подкадра нисходящей линии связи, управляющую сигнализацию нисходящей линии связи в первых поднесущих упомянутого первого по времени символа OFDM и выделенные пользовательские данные во вторых поднесущих упомянутого первого по времени символа OFDM.

34. Способ по одному из пп.26-33, дополнительно содержащий этап, на котором принимают данные положительного квитирования (ACK) или отрицательного квитирования (NACK) в ответ на упомянутую первую передачу OFDM в упомянутом первом подкадре нисходящей линии связи, в последнем символе OFDM интервала подкадра восходящей линии связи, по меньшей мере частично перекрывающего упомянутый первый подкадр нисходящей линии связи.

35. Способ по одному из пп.26-34, дополнительно содержащий этап, на котором передают третью передачу OFDM, отформатированную в соответствии с первой нумерологией, причем третья передача OFDM занимает интервал времени передачи (TTI), имеющий длину, равную множеству подкадров в соответствии с первой нумерологией.

36. Способ по п.29, в котором передача первого сигнала нисходящей линии связи выполняется третьей единицей оборудования радиосети.

37. Способ по одному из пп.26-36, в котором упомянутая передача первой и второй передач OFDM выполняется одной единицей оборудования радиосети, при этом способ дополнительно содержит этап, на котором обрабатывают данные для упомянутой первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола управления доступом к среде (MAC) и обрабатывают данные для упомянутой второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, причем первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC, при этом способ дополнительно содержит этап, на котором обрабатывают сообщения, подлежащие транспортировке каждым из первого и второго уровней протокола MAC, с использованием одного общего уровня протокола управления радиоресурсами (RRC).

38. Способ по одному из пп.26-37, дополнительно содержащий этапы, на которых:

обслуживают пятое беспроводное устройство, причем обслуживание пятого беспроводного устройства содержит этап, на котором отправляют данные от пятого беспроводного устройства в первый сетевой узел или первый набор сетевых узлов, в соответствии с идентификатором первого сетевого сегмента, ассоциированным с пятым беспроводным устройством; и

обслуживают шестое беспроводное устройство, причем обслуживание шестого беспроводного устройства содержит этап, на котором отправляют данные от шестого беспроводного устройства во второй сетевой узел или второй набор сетевых узлов, в соответствии с идентификатором второго сетевого сегмента, ассоциированным с шестым беспроводным устройством, причем идентификатор второго сетевого сегмента отличается от идентификатора первого сетевого сегмента и второй сетевой узел или второй набор сетевых узлов отличается от первого сетевого узла или первого набора сетевых узлов.

39. Способ по одному из пп.26-38, дополнительно содержащий этап, на котором передают сигналы с использованием протокола асинхронного гибридного автоматического запроса повторной передачи (HARQ).

40. Способ по одному из пп.26-39, дополнительно содержащий этап, на котором принимают сигналы с использованием протокола асинхронного гибридного автоматического запроса повторной передачи (HARQ).

41. Способ по одному из пп.26-40, дополнительно содержащий прием по физическому каналу управления восходящей линии связи с той же самой нумерологией, что и по физическому каналу данных.

42. Способ по одному из пп.26-41, дополнительно содержащий этап, на котором принимают преамбулу произвольного доступа от беспроводного устройства, причем преамбула произвольного доступа содержит конкатенацию повторенной несколько раз короткой последовательности, при этом короткая последовательность имеет ту же длину, что и длина символов OFDM, используемых для сигнализации пользовательских данных.

43. Способ по одному из пп.26-42, дополнительно содержащий этап, на котором передают на беспроводное устройство указание того, какие ресурсы опорного сигнала информации о состоянии канала (CSI-RS) использовать для измерений.

44. Способ по одному из пп.26-43, дополнительно содержащий этап, на котором передают, когда беспроводное устройство работает в неактивном режиме, запрос поискового вызова на беспроводное устройство через базовую сеть.

45. Способ по одному из пп.26-44, дополнительно содержащий этап, на котором передают в беспроводное устройство конфигурацию, указывающую ограниченный набор радиоресурсов, для работы исключительно на которых сконфигурировано беспроводное устройство.

46. Беспроводное устройство в сети беспроводной связи, при этом беспроводное устройство выполнено с возможностью осуществления связи с оборудованием радиосети, выполненным с возможностью, по меньшей мере, предоставлять беспроводному устройству доступ к сети беспроводной связи, при этом беспроводное устройство содержит радиочастотную схему и схему обработки, операционно соединен-

ную с радиочастотной схемой, причем схема обработки выполнена с возможностью:

принимать первый сигнал нисходящей линии связи, содержащий информацию, указывающую множество конфигураций доступа к восходящей линии связи, причем каждая конфигурация доступа к восходящей линии связи включает в себя конфигурацию произвольного доступа;

принимать второй сигнал нисходящей линии связи, содержащий индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, использовать индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи для идентификации конфигурации доступа к восходящей линии связи из указанного множества конфигураций доступа к восходящей линии связи и передавать в сеть беспроводной связи передачу касасемо произвольного доступа в соответствии с конфигурацией произвольного доступа, включенной в идентифицированную конфигурацию доступа к восходящей линии связи; и

в ответ принимать, в первом подкадре нисходящей линии связи, первую передачу с мультиплексированием с ортогональным частотным разделением (OFDM), отформатированную в соответствии с первой нумерологией, и принимать, во втором подкадре нисходящей линии связи, вторую передачу OFDM, отформатированную в соответствии со второй нумерологией, причем вторая нумерология отличается от первой нумерологией, при этом первая нумерология имеет первый шаг поднесущей, а вторая нумерология имеет второй шаг поднесущей, причем первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей, при этом каждая из упомянутых нумерологий представляет собой соответствующую конкретную комбинацию шага поднесущей OFDM, длины циклического префикса и длины подкадра.

47. Беспроводное устройство по п.46, в котором схема обработки дополнительно выполнена с возможностью принимать дополнительно широкополосную передаваемую информацию доступа к системе и использовать принятую информацию доступа к системе для доступа к сети беспроводной связи.

48. Беспроводное устройство по п.46 или 47, в котором схема обработки выполнена с возможностью работать в режиме соединения для одного или более первых интервалов и работать в неактивном режиме для одного или более вторых интервалов, так что упомянутые первая и вторая передачи OFDM выполняются в режиме соединения, и схема обработки выполнена с возможностью, при работе в неактивном режиме:

осуществлять мониторинг сигналов, переносящих идентификаторы областей отслеживания;

сравнивать идентификаторы областей отслеживания, принятые в ходе упомянутого мониторинга, со списком идентификаторов областей отслеживания; и

уведомлять сеть беспроводной связи в ответ на определение того, что принятый идентификатор области отслеживания отсутствует в упомянутом списке, а в противном случае воздерживаться от уведомления сети беспроводной связи в ответ на прием измененных идентификаторов областей отслеживания.

49. Беспроводное устройство по одному из пп.46-48, при этом упомянутые первый и второй подкадры нисходящей линии связи принимаются на одной и той же несущей.

50. Беспроводное устройство по одному из пп.46-49, при этом первая и вторая нумерологии содержат подкадры первой и второй длин подкадра, соответственно, причем первая длина подкадра отличается от второй длины подкадра.

51. Беспроводное устройство по одному из пп.46-50, при этом подкадры первой и второй нумерологий содержат, соответственно, первое и второе предопределенные количества символов OFDM.

52. Беспроводное устройство по одному из пп.46-51, при этом по меньшей мере одна из первой и второй нумерологий содержит подкадры длиной 250 микросекунд или менее.

53. Беспроводное устройство по одному из пп.46-52, в котором схема обработки дополнительно выполнена с возможностью:

запрашивать дополнительную системную информацию из сети беспроводной связи; и

принимать дополнительную системную информацию из сети беспроводной связи в ответ на упомянутое запрашивание.

54. Беспроводное устройство по одному из пп.46-53, в котором схема обработки дополнительно выполнена с возможностью принимать дополнительную системную информацию из сети беспроводной связи в выделенной передаче.

55. Беспроводное устройство по одному из пп.46-54, в котором схема обработки дополнительно выполнена с возможностью принимать, в первом по времени символе OFDM упомянутого первого или второго подкадра нисходящей линии связи, управляющую сигнализацию нисходящей линии связи в первом наборе поднесущих упомянутого первого по времени символа OFDM и выделенных пользовательских данных во втором наборе поднесущих упомянутого первого по времени символа OFDM.

56. Беспроводное устройство по одному из пп.46-55, в котором схема обработки дополнительно выполнена с возможностью передавать данные положительного квитирования (ACK) или отрицательного квитирования (NACK) в ответ на упомянутую первую передачу OFDM в упомянутом первом подкадре нисходящей линии связи, в последнем символе OFDM интервала подкадра восходящей линии связи, по меньшей мере частично перекрывающего упомянутый первый подкадр нисходящей линии связи.

57. Беспроводное устройство по одному из пп.46-56, при этом упомянутый первый подкадр нисходящей линии связи содержит один или более опорных символов в первом по времени символе OFDM упомянутого первого подкадра нисходящей линии связи, и схема обработки дополнительно выполнена с

возможностью начинать декодирование упомянутой первой передачи OFDM в упомянутом первом подкадре нисходящей линии связи перед тем, как закончится длительность упомянутого первого подкадра нисходящей линии связи, с использованием оценки канала на основе упомянутых одного или более опорных символов.

58. Беспроводное устройство по одному из пп.46-57, в котором схема обработки дополнительно выполнена с возможностью принимать третью передачу OFDM, отформатированную в соответствии с первой нумерологией, причем третья передача OFDM занимает интервал времени передачи (TTI), имеющий длину, равную множеству подкадров в соответствии с первой нумерологией.

59. Беспроводное устройство по одному из пп.46-58, в котором схема обработки дополнительно выполнена с возможностью обрабатывать данные из упомянутой первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола управления доступом к среде (MAC) и обрабатывать данные из упомянутой второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, причем первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протокола MAC, при этом схема обработки выполнена с возможностью обрабатывать сообщения, принимаемые от каждого из первого и второго уровней протокола MAC, с использованием одного общего уровня протокола управления радиоресурсами (RRC).

60. Беспроводное устройство по одному из пп.46-59, причем беспроводное устройство дополнительно выполнено с возможностью передавать в сеть беспроводной связи с использованием расширенной дискретным преобразованием Фурье передачи OFDM (DFTS-OFDM).

61. Беспроводное устройство по одному из пп.46-60, в котором схема обработки дополнительно выполнена с возможностью:

- измерять первый опорный сигнал мобильности по первому принимаемому лучу;
- измерять второй опорный сигнал мобильности по второму принимаемому лучу, причем второй опорный сигнал мобильности отличается от первого опорного сигнала мобильности; и
- сообщать результаты измерений первого и второго опорных сигналов мобильности в сеть беспроводной связи.

62. Беспроводное устройство по одному из пп.46-61, в котором схема обработки дополнительно выполнена с возможностью декодировать по меньшей мере одну из упомянутых первой и второй передач OFDM с использованием полярного кода.

63. Беспроводное устройство по одному из пп.46-62, в котором схема обработки дополнительно выполнена с возможностью декодировать по меньшей мере одну из упомянутых первой и второй передач OFDM с использованием кода с малой плотностью проверок на четность (LDPC).

64. Беспроводное устройство по одному из пп.46-63, в котором схема обработки выполнена с возможностью принимать сигналы с использованием асинхронного гибридного автоматического запроса повторной передачи (HARQ).

65. Беспроводное устройство по одному из пп.46-64, в котором схема обработки выполнена с возможностью передавать сигналы с использованием протокола асинхронного гибридного автоматического запроса повторной передачи (HARQ).

66. Беспроводное устройство по одному из пп.46-65, в котором схема обработки выполнена с возможностью передачи по физическому каналу управления восходящей линии связи с той же самой нумерологией, что и по физическому каналу данных.

67. Беспроводное устройство по одному из пп.46-66, в котором схема обработки выполнена с возможностью формировать преамбулу произвольного доступа путем повторения короткой последовательности несколько раз, причем короткая последовательность имеет ту же длину, что и длина символов OFDM, используемых для сигнализации пользовательских данных, и передавать преамбулу произвольного доступа на оборудование сетевого узла.

68. Беспроводное устройство по одному из пп.46-67, в котором схема обработки выполнена с возможностью принимать от оборудования радиосети указание того, какие ресурсы опорного сигнала информации о состоянии канала (CSI-RS) использовать для измерений.

69. Беспроводное устройство по одному из пп.46-68, в котором схема обработки выполнена с возможностью работать в режиме соединения в течение одного или более первых интервалов и работать в неактивном режиме в течение одного или более вторых интервалов и принимать, когда беспроводное устройство работает в неактивном режиме, запрос поискового вызова от оборудования сетевого узла через базовую сеть.

70. Беспроводное устройство по одному из пп.46-69, в котором схема обработки выполнена с возможностью работать в режиме соединения в течение одного или более первых интервалов и работать в неактивном режиме в течение одного или более вторых интервалов и, после перехода в неактивный режим, сохранять для беспроводного устройства все объекты протокола конвергенции пакетных данных (PDCP) радиоканалов-носителей сигнализации (SRB) и блоки ресурсов (RB) и идентификатор контекста управления радио ресурсом (RRC) UE, причем идентификатор RRC-контекста UE принимается в процедуре установления соединения RRC.

71. Беспроводное устройство по одному из пп.46-70, в котором схема обработки выполнена с возможностью принимать конфигурацию, указывающую ограниченный набор радио ресурсов, для работы

исключительно на которых сконфигурировано беспроводное устройство.

72. Оборудование радиосети в сети беспроводной связи, причем оборудование радиосети выполнено с возможностью осуществления связи с беспроводным устройством и выполнено с возможностью, по меньшей мере, предоставлять беспроводному устройству доступ к сети беспроводной связи, при этом оборудование радиосети содержит радиочастотную схему и схему обработки, операционно соединенную с радиочастотной схемой причем схема обработки выполнена с возможностью:

передавать первый сигнал нисходящей линии связи, содержащий информацию, указывающую множество конфигураций доступа к восходящей линии связи, причем каждая конфигурация доступа к восходящей линии связи включает в себя конфигурацию произвольного доступа;

передавать второй сигнал нисходящей линии связи, содержащий индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, причем индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи идентифицирует конфигурацию доступа к восходящей линии связи из указанного множества конфигураций доступа к восходящей линии связи, и затем принимать передачу касасемо произвольного доступа от первого беспроводного устройства в соответствии с конфигурацией произвольного доступа, включенной в идентифицированную конфигурацию доступа к восходящей линии связи; и

в ответ передавать, в первом подкадре нисходящей линии связи, первую передачу с мультиплексированием с ортогональным частотным разделением (OFDM), отформатированную в соответствии с первой нумерологией, и передавать во втором подкадре нисходящей линии связи вторую передачу OFDM, отформатированную в соответствии со второй нумерологией, причем вторая нумерология отличается от первой нумерологий, при этом первая нумерология имеет первый шаг поднесущей, а вторая нумерология имеет второй шаг поднесущей, причем первый шаг поднесущей отличается от второго шага поднесущей, при этом каждая из упомянутых нумерологий представляет собой соответствующую конкретную комбинацию шага поднесущей OFDM, длины циклического префикса и длины подкадра.

73. Оборудование радиосети по п.72, в котором схема обработки выполнена с возможностью дополнительно ширококвещательно передавать информацию доступа к системе для доступа к сети беспроводной связи.

74. Оборудование радиосети по п.72 или 73, в котором схема обработки выполнена с возможностью передавать упомянутые первый и второй подкадры нисходящей линии связи на одной и той же несущей.

75. Оборудование радиосети по одному из пп.72-74, в котором схема обработки выполнена с возможностью передавать упомянутый второй сигнал нисходящей линии связи, содержащий упомянутый индекс конфигурации доступа к восходящей линии связи, при этом схема обработки из состава другого оборудования радиосети в сети беспроводной связи выполнена с возможностью передавать упомянутые первую и вторую передачи OFDM, причем схема обработки из состава еще одного оборудования радиосети в сети беспроводной связи выполнена с возможностью передавать упомянутый первый сигнал нисходящей линии связи.

76. Оборудование радиосети по одному из пп.72-75, при этом первая и вторая нумерологий содержат подкадры первой и второй длин подкадра, соответственно, причем первая длина подкадра отличается от второй длины подкадра.

77. Оборудование радиосети по одному из пп.72-76, при этом подкадры первой и второй нумерологий содержат, соответственно, первое и второе predetermined количества символов OFDM.

78. Оборудование радиосети по одному из пп.72-77, при этом по меньшей мере одна из первой и второй нумерологий содержит подкадры длиной 250 микросекунд или менее.

79. Оборудование радиосети по одному из пп.72-78, в котором схема обработки выполнена с возможностью передавать, в первом по времени символе OFDM упомянутого первого или второго подкадра нисходящей линии связи, управляющую сигнализацию нисходящей линии связи в первом наборе поднесущих упомянутого первого по времени символа OFDM и выделенные пользовательские данные во втором наборе поднесущих упомянутого первого по времени символа OFDM.

80. Оборудование радиосети по одному из пп.72-79, в котором схема обработки в оборудовании радиосети выполнена с возможностью принимать данные положительного квитирования (ACK) или отрицательного квитирования (NACK) в ответ на упомянутую первую передачу OFDM в упомянутом первом подкадре нисходящей линии связи в последнем символе OFDM интервала подкадра восходящей линии связи, по меньшей мере частично перекрывающего упомянутый первый подкадр нисходящей линии связи.

81. Оборудование радиосети по одному из пп.72-80, в котором схема обработки выполнена с возможностью передавать третью передачу OFDM, отформатированную в соответствии с первой нумерологией, причем третья передача OFDM занимает интервал времени передачи (TTI), имеющий длину, равную множеству подкадров в соответствии с первой нумерологией.

82. Оборудование радиосети по одному из пп.72-81, в котором схема обработки выполнена с возможностью осуществлять упомянутые первую и вторую передачи OFDM и обрабатывать данные для упомянутой первой передачи OFDM с использованием первого уровня протокола управления доступом к среде (MAC) и обрабатывать данные для упомянутой второй передачи OFDM с использованием второго уровня протокола MAC, причем первый уровень протокола MAC отличается от второго уровня протоко-

ла MAC, и обрабатывать сообщения, подлежащие транспортировке каждым из первого и второго уровней протокола MAC, с использованием одного общего уровня протокола управления радиоресурсами (RRC).

83. Оборудование радиосети по одному из пп.72-82, в котором схема обработки выполнена с возможностью:

обслуживать пятое беспроводное устройство так, что обслуживание пятого беспроводного устройства содержит отправку данных от пятого беспроводного устройства в первый сетевой узел или первый набор сетевых узлов в соответствии с идентификатором первого сетевого сегмента, ассоциированным с пятым беспроводным устройством; и

обслуживать шестое беспроводное устройство так, что обслуживание шестого беспроводного устройства содержит отправку данных от шестого беспроводного устройства во второй сетевой узел или второй набор сетевых узлов в соответствии с идентификатором второго сетевого сегмента, ассоциированным с шестым беспроводным устройством, причем идентификатор второго сетевого сегмента отличается от идентификатора первого сетевого сегмента, и второй сетевой узел или второй набор сетевых узлов отличается от первого сетевого узла или первого набора сетевых узлов.

84. Оборудование радиосети по одному из пп.72-83, в котором схема обработки выполнена с возможностью передавать сигналы с использованием протокола асинхронного гибридного автоматического запроса повторной передачи (HARQ).

85. Оборудование радиосети по одному из пп.72-84, в котором схема обработки выполнена с возможностью принимать сигналы с использованием протокола асинхронного гибридного автоматического запроса повторной передачи (HARQ).

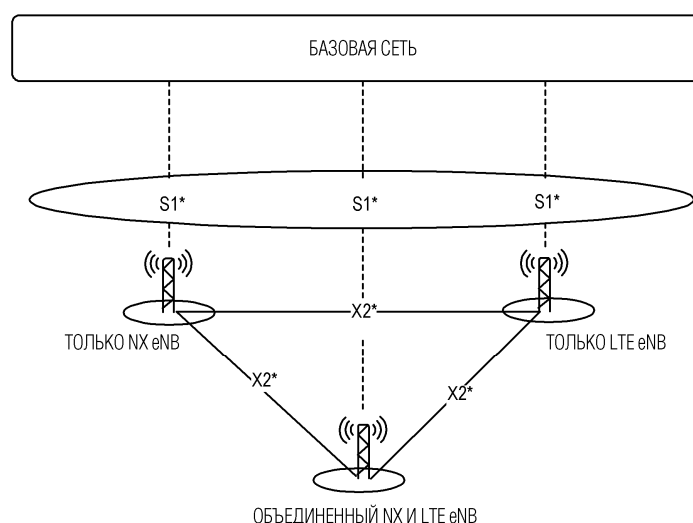
86. Оборудование радиосети по одному из пп.72-85, в котором схема обработки выполнена с возможностью приема по физическому каналу управления восходящей линии связи с той же самой нумерологией, что и по физическому каналу данных.

87. Оборудование радиосети по одному из пп.72-86, в котором схема обработки выполнена с возможностью принимать преамбулу произвольного доступа от беспроводного устройства, причем преамбула произвольного доступа содержит конкатенацию повторенной несколько раз короткой последовательности, при этом короткая последовательность имеет ту же длину, что и длина символов OFDM, используемых для сигнализации пользовательских данных.

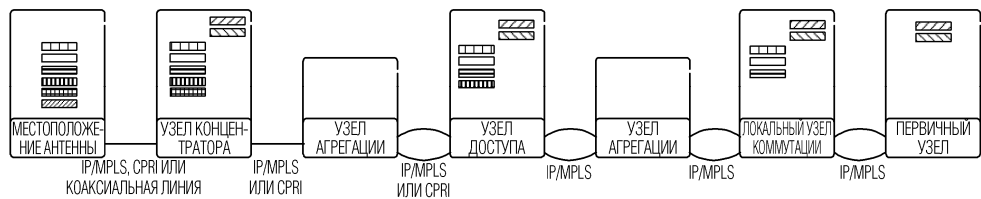
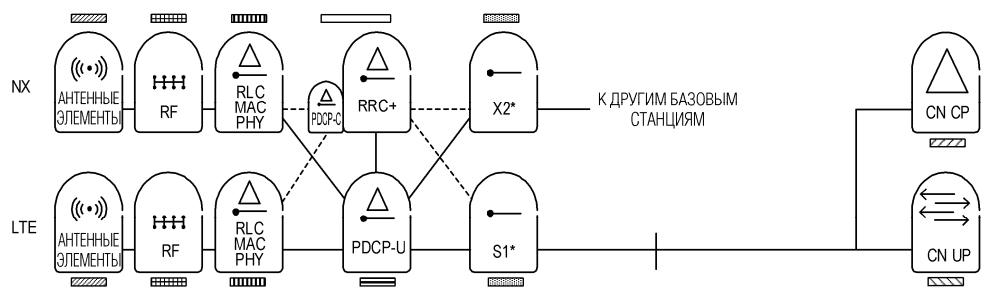
88. Оборудование радиосети по одному из пп.72-87, в котором схема обработки выполнена с возможностью передавать в беспроводное устройство указание того, какие ресурсы опорного сигнала информации о состоянии канала (CSI-RS) использовать для измерений.

89. Оборудование радиосети по одному из пп.72-88, в котором схема обработки выполнена с возможностью передавать, когда беспроводное устройство работает в неактивном режиме, запрос поискового вызова в беспроводное устройство через базовую сеть.

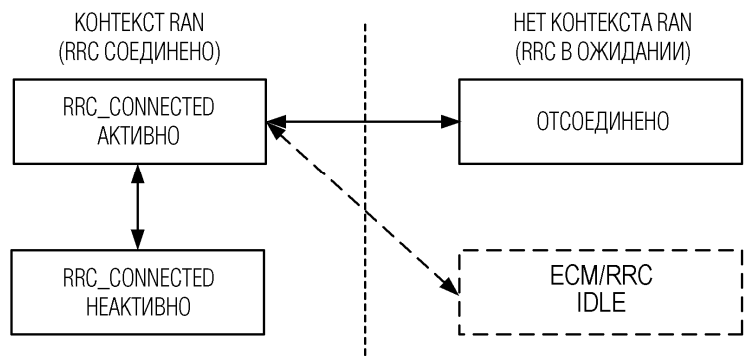
90. Оборудование радиосети по одному из пп.72-89, в котором схема обработки выполнена с возможностью передавать в беспроводное устройство конфигурацию, указывающую ограниченный набор радиоресурсов, для работы исключительно на которых сконфигурировано беспроводное устройство.



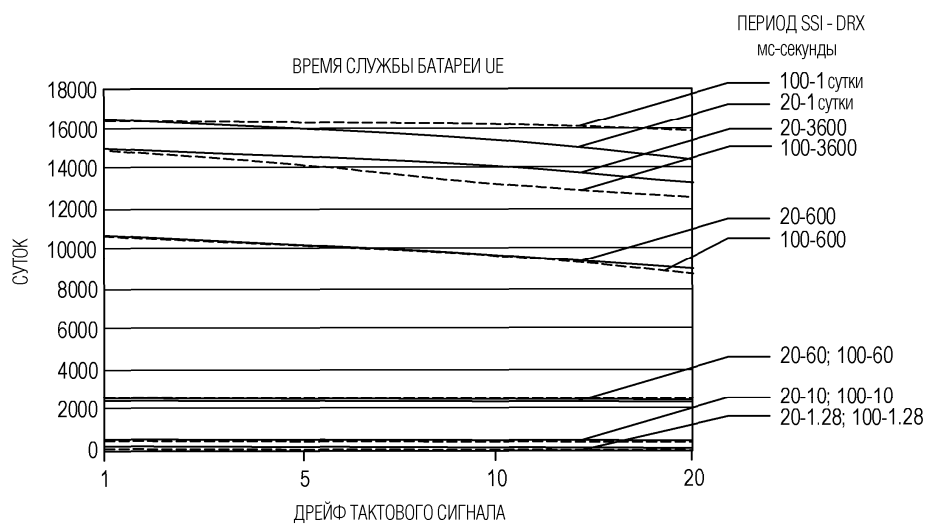
Фиг. 1



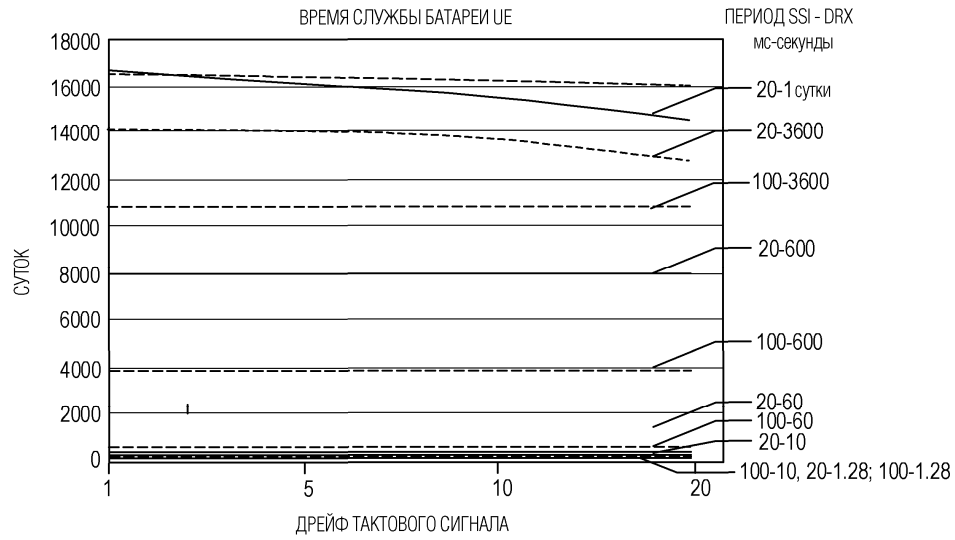
Фиг. 2



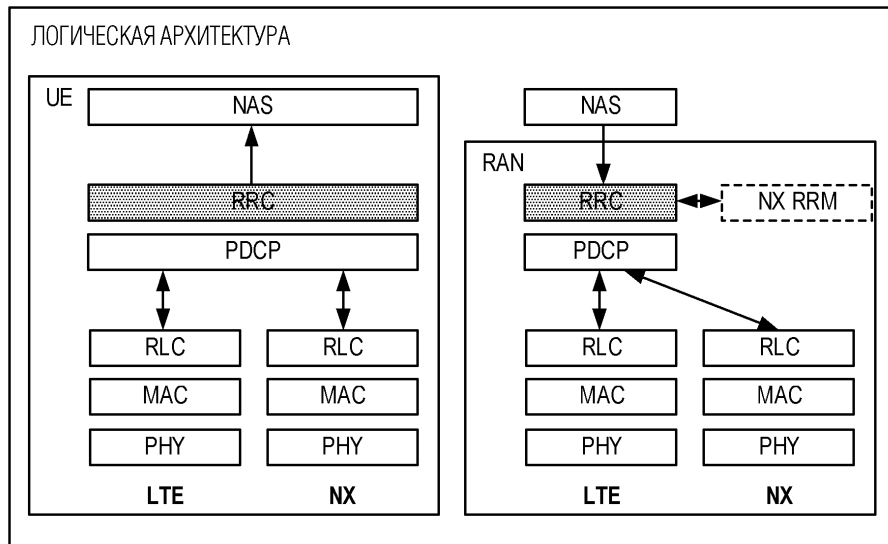
Фиг. 3



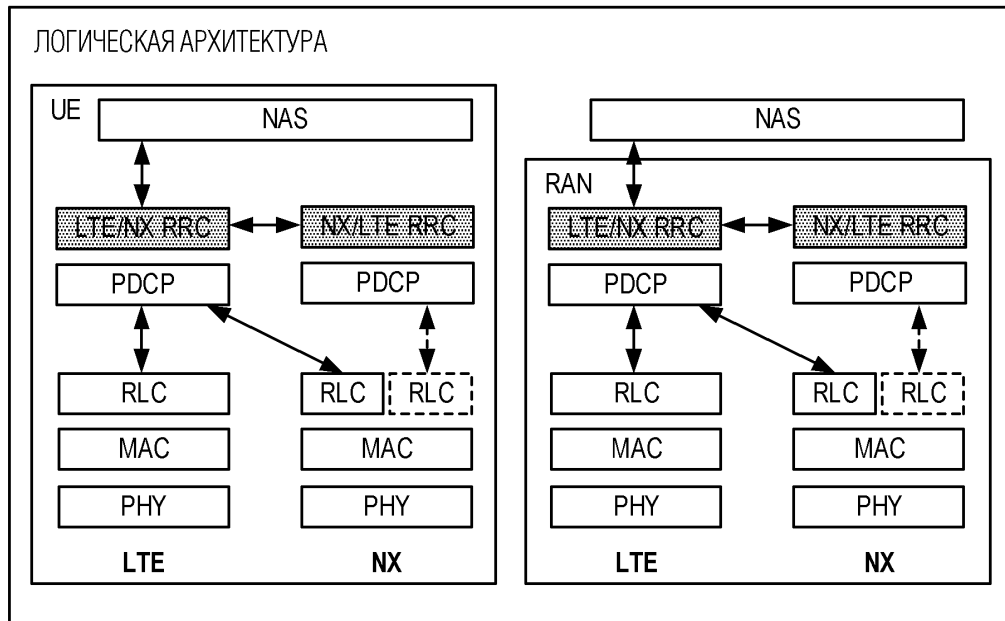
Фиг. 4



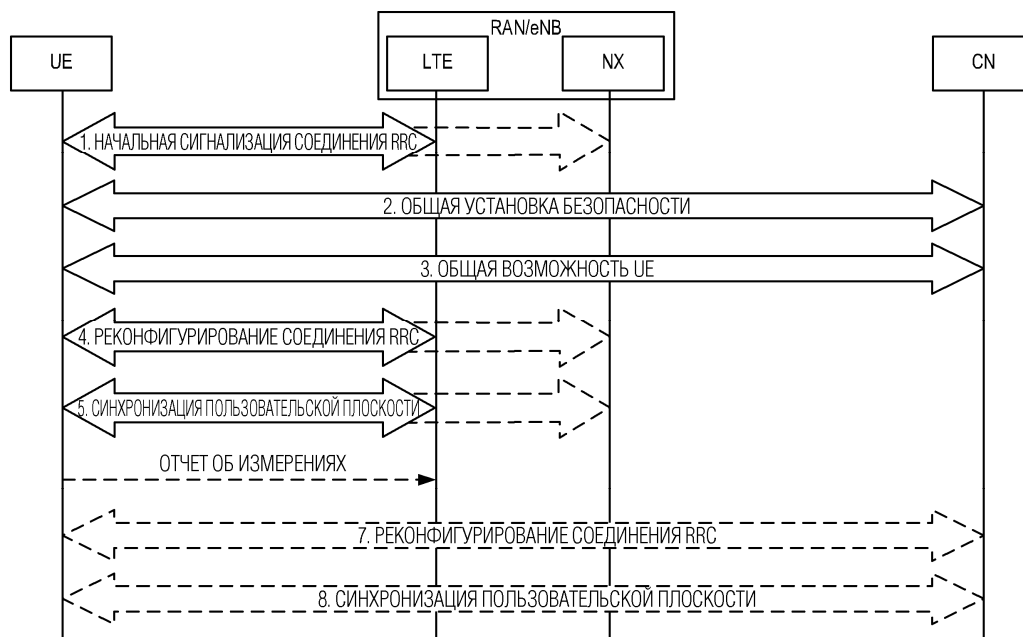
Фиг. 5



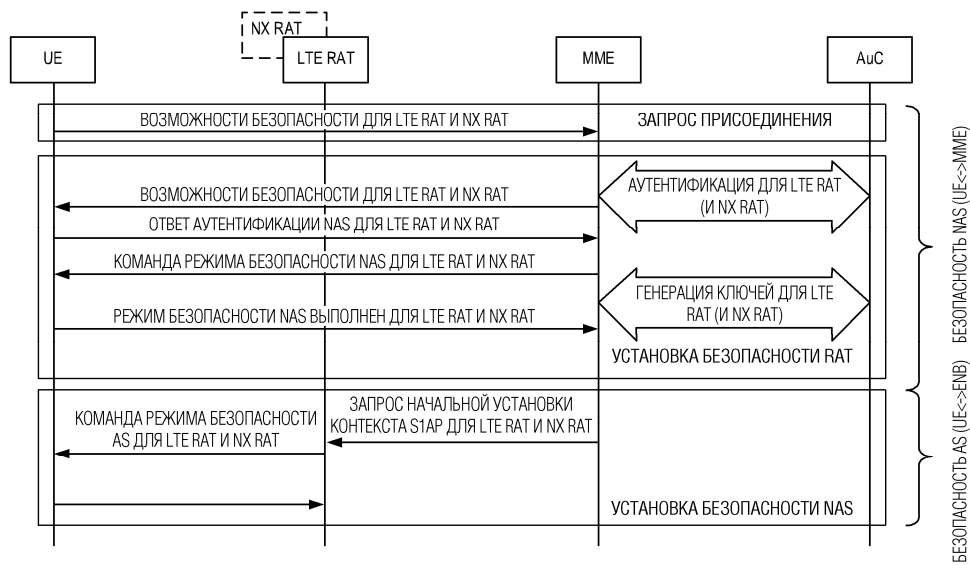
Фиг. 6



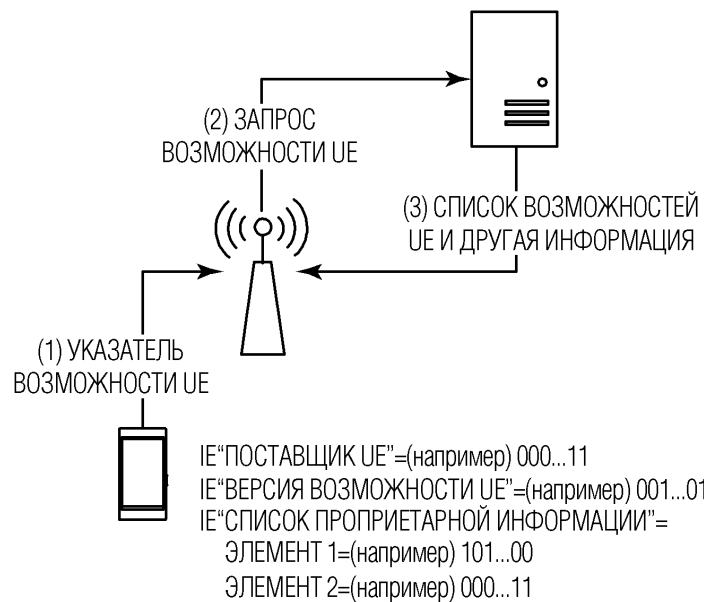
Фиг. 7



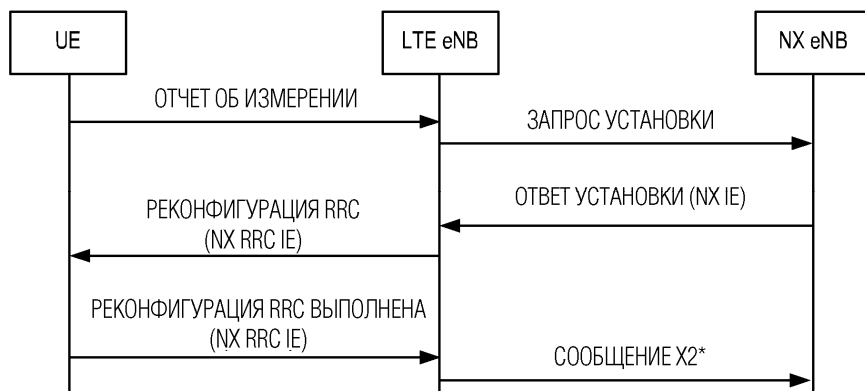
Фиг. 8



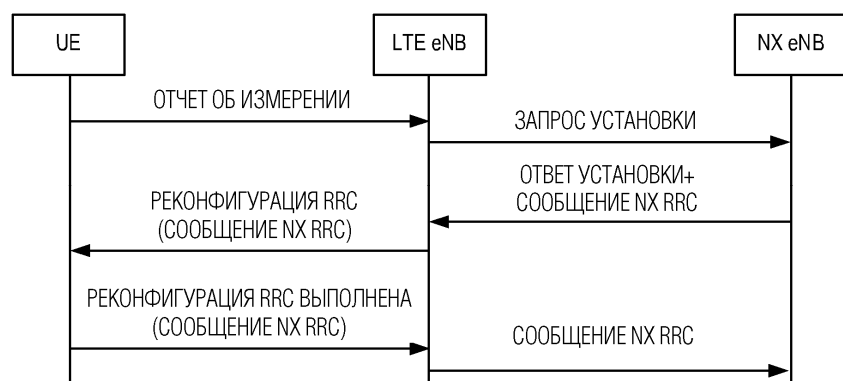
Фиг. 9



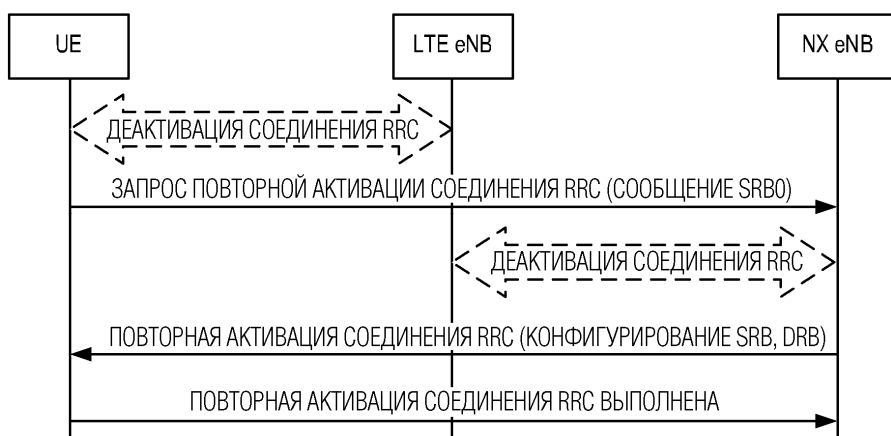
Фиг. 10



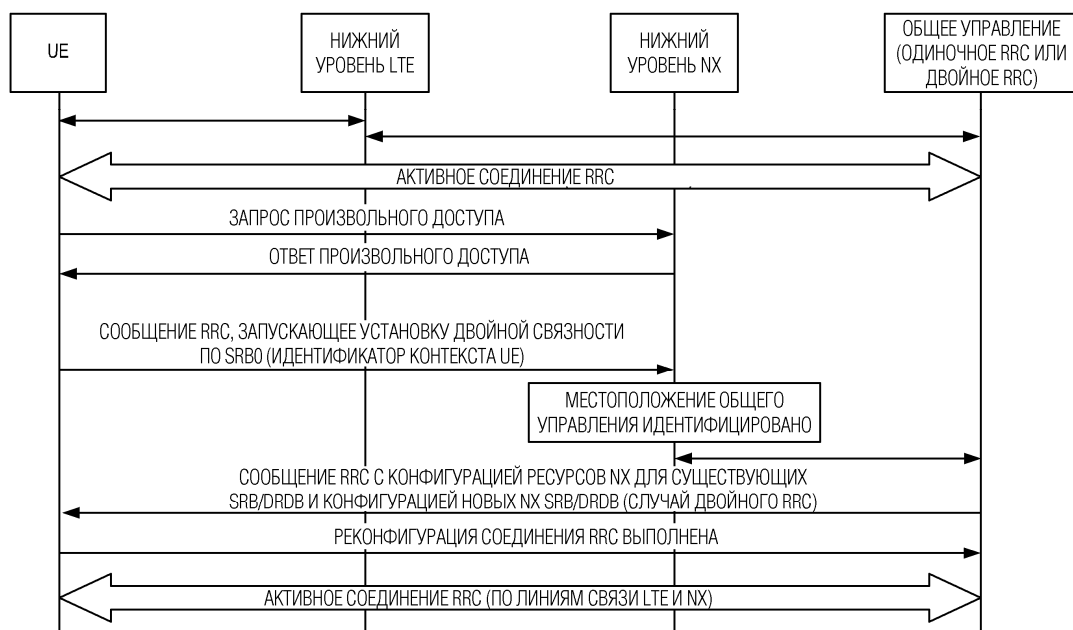
Фиг. 11



Фиг. 12

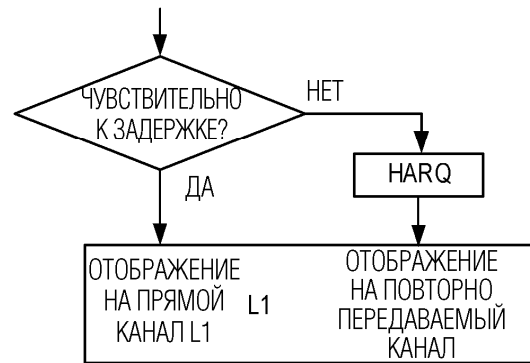


Фиг. 13

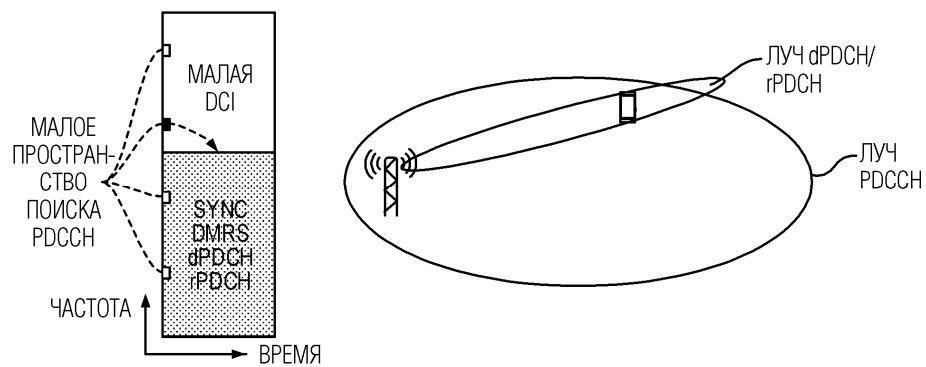


Фиг. 14

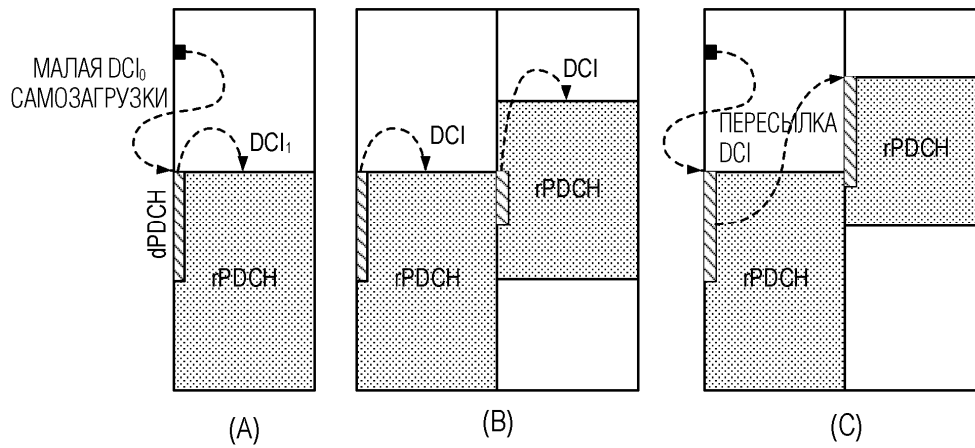
ЭЛЕМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ МАС (НАПРИМЕР, ОТЧЕТ CSI
ИЛИ ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ UL)



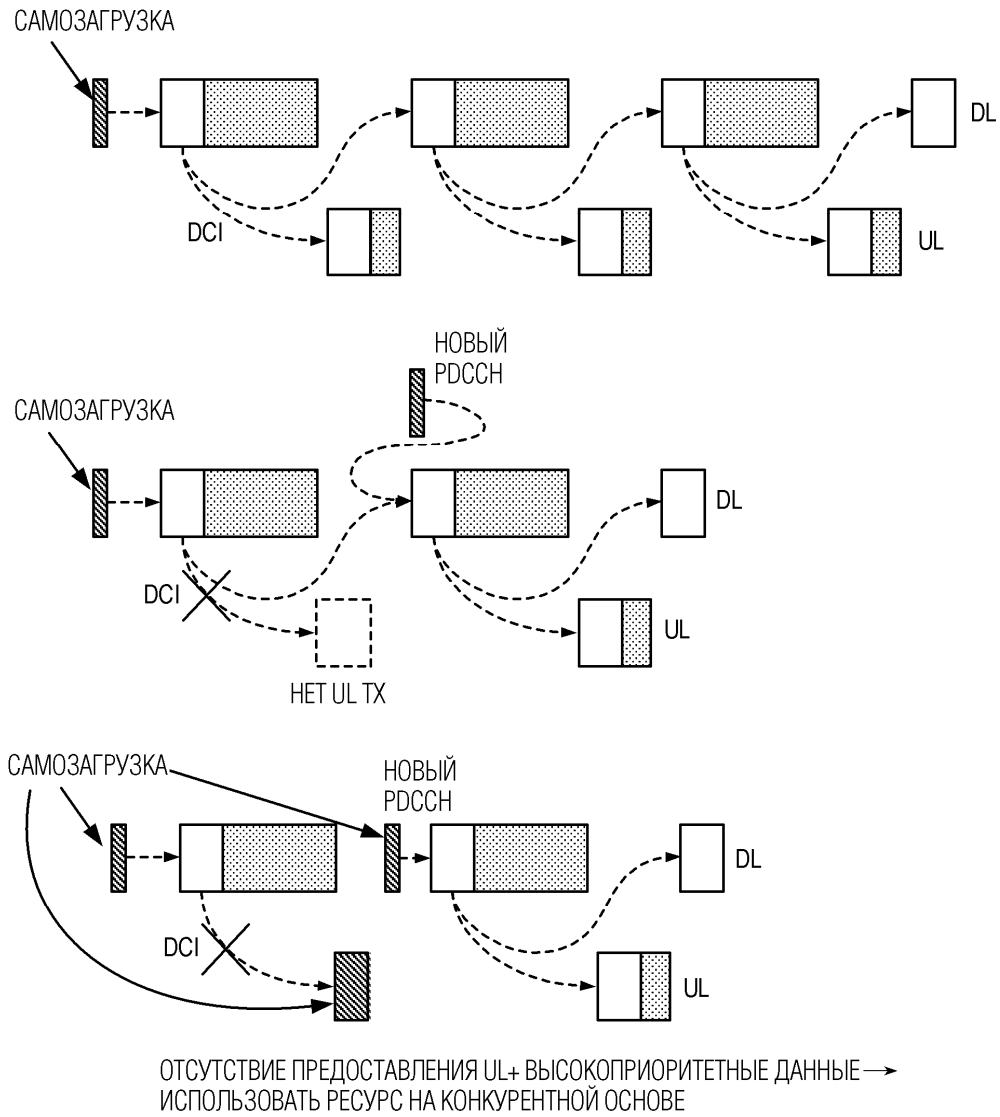
Фиг. 15



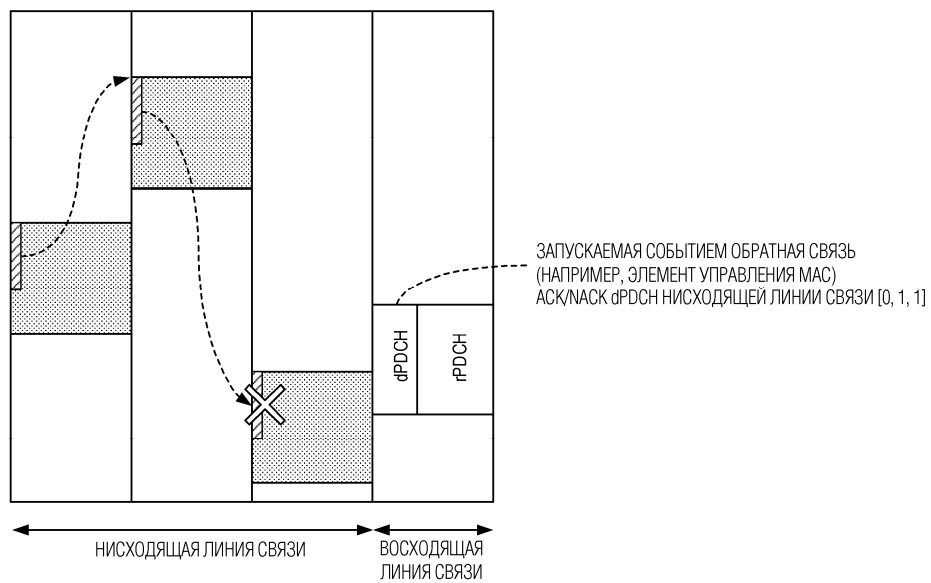
Фиг. 16



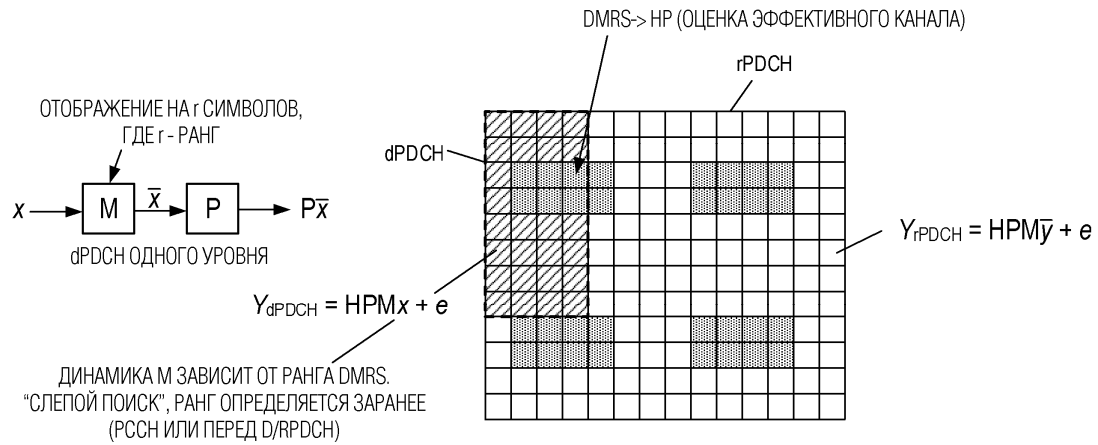
Фиг. 17



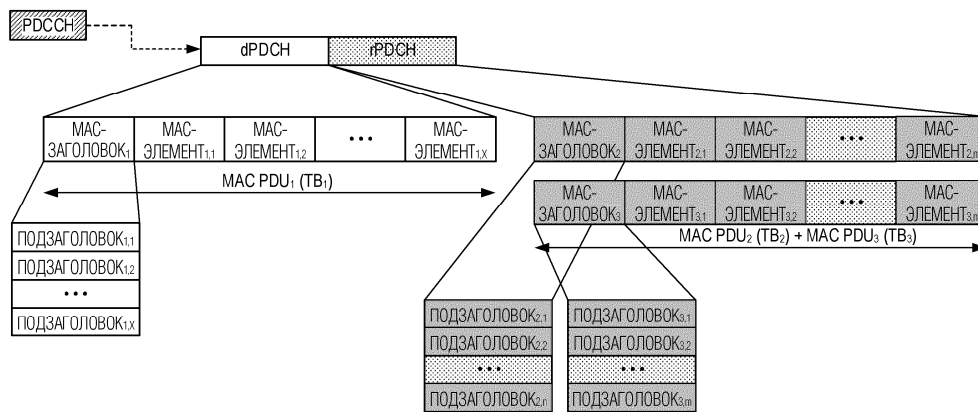
Фиг. 18



Фиг. 19

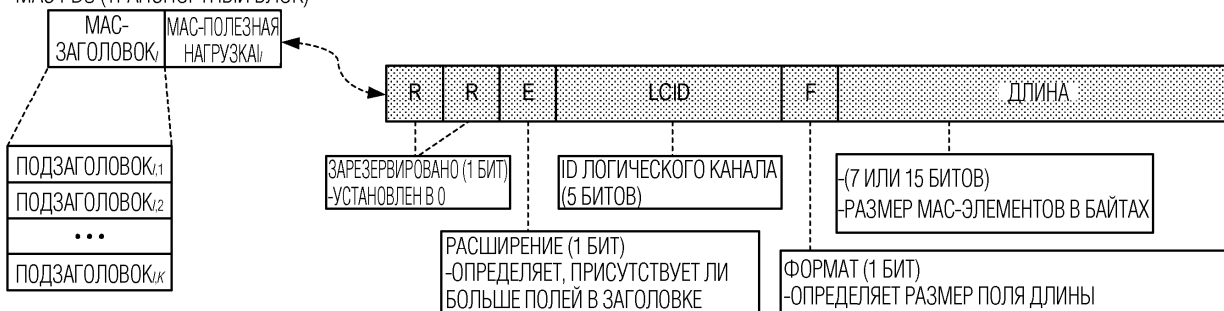


Фиг. 20



Фиг. 21

MAC PDU (ТРАНСПОРТНЫЙ БЛОК)

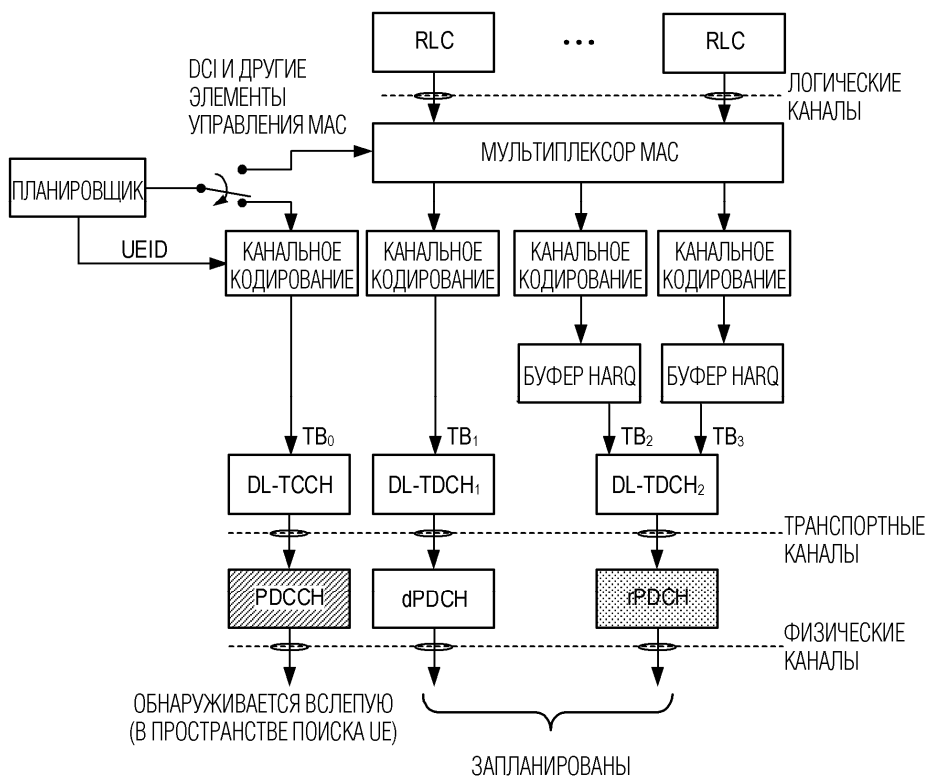


ФИГ. 22

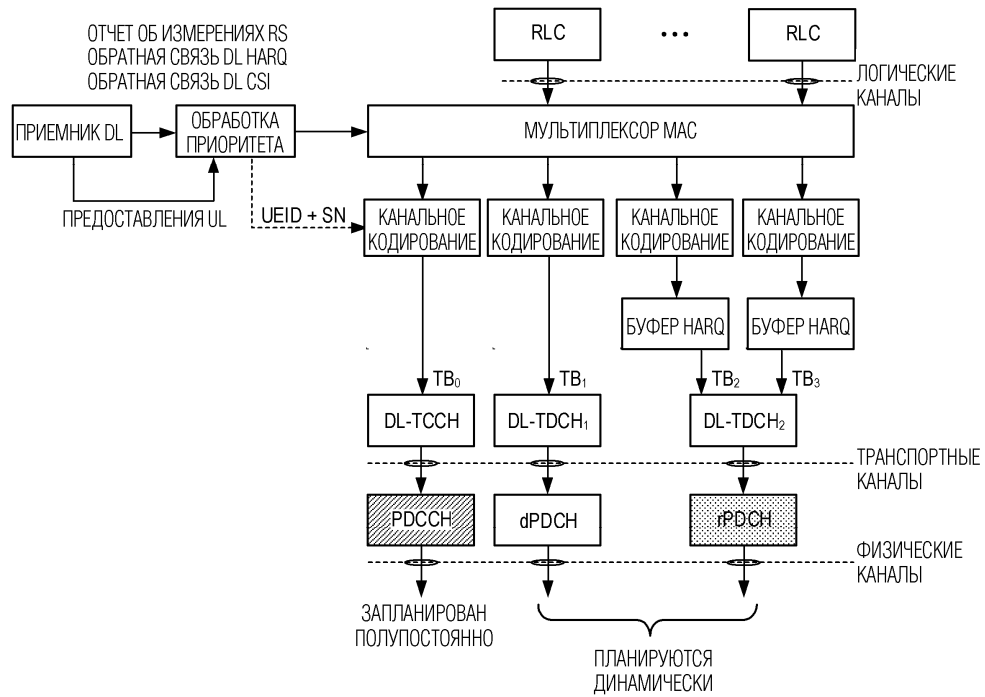
ИНДЕКС	ЗНАЧЕНИЯ LCID ДЛЯ UL-PDCH
00000	СССН
00001-01010	ИДЕНТИФИКАТОР ЛОГИЧЕСКОГО КАНАЛА (10 РАЗЛИЧНЫХ)
01011-10101	ЗАРЕЗЕРВИРОВАНО
10110	СООБЩЕНИЕ ЗАПАСА ПО МОЩНОСТИ
10111	C-RNTI
11000	УСЕЧЕННЫЙ BSR
11001	КРОТКИЙ BSR
11010	ДЛИННЫЙ BSR
11011	ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ ИЗМЕРЕНИЯ RS
11100	ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ CSI РЕЗЕРВИРОВАННОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ
11101	ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ HARQ РЕЗЕРВИРОВАННОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ
11110	ИНФОРМАЦИЯ ПЕРЕДАЧИ RS
11111	ЗАПОЛНЕНИЕ

ИНДЕКС	ЗНАЧЕНИЯ LCID ДЛЯ UL-PDCH
00000	СССН
00001-01010	ИДЕНТИФИКАТОР ЛОГИЧЕСКОГО КАНАЛА (10 РАЗЛИЧНЫХ)
01011-10101	ЗАРЕЗЕРВИРОВАНО
11000	DCI - ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ UL - НАЗНАЧЕНИЕ DL - КОМАНДА УПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ - КОМАНДА ПЕРЕДАЧИ RS - ИНФОРМАЦИЯ ПЕРЕДАЧИ RS
11001	ИДЕНТИФИКАТОР РАЗРЕШЕНИЯ КОНФЛИКТА UE
11010	КОМАНДА ВРЕМЕННОГО ОПЕРЕЖЕНИЯ
11011	КОМАНДА DRX
11100	ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ ИЗМЕРЕНИЯ RS
11101	ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ CSI РЕЗЕРВИРОВАННОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ
11110	ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ HARQ РЕЗЕРВИРОВАННОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ
11111	ЗАПОЛНЕНИЕ

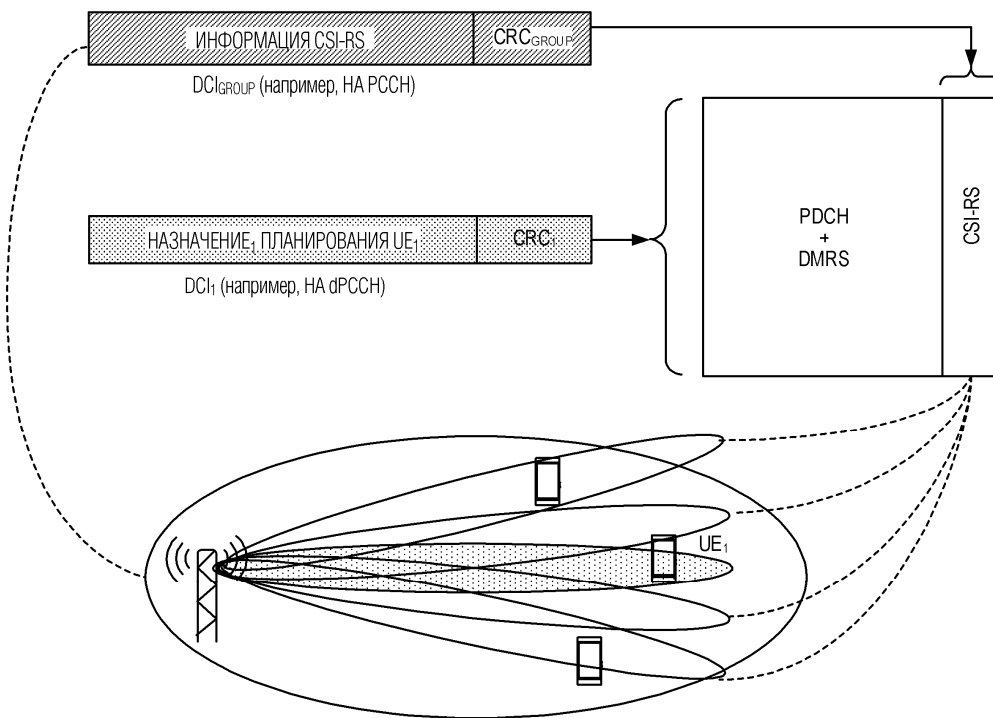
Фиг. 23



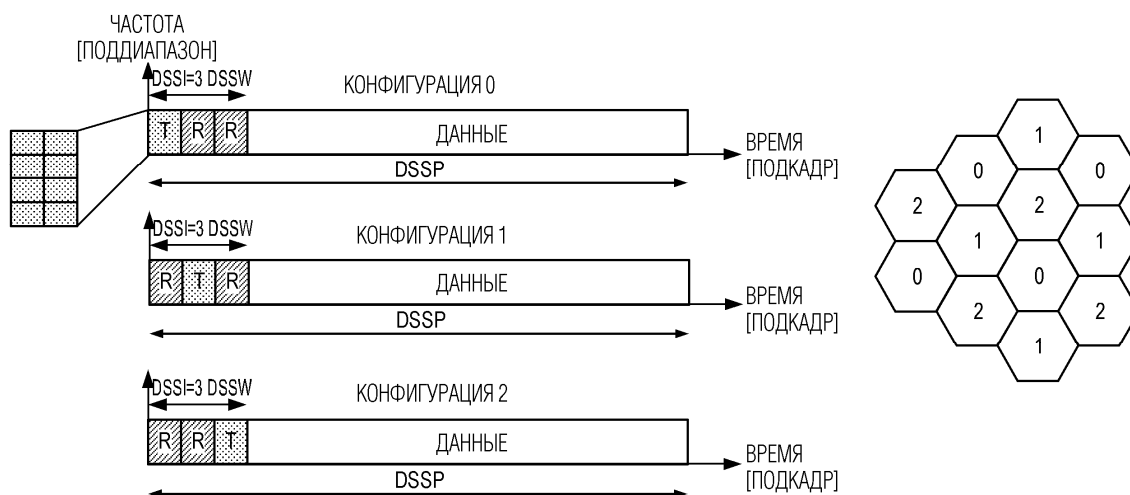
Фиг. 24



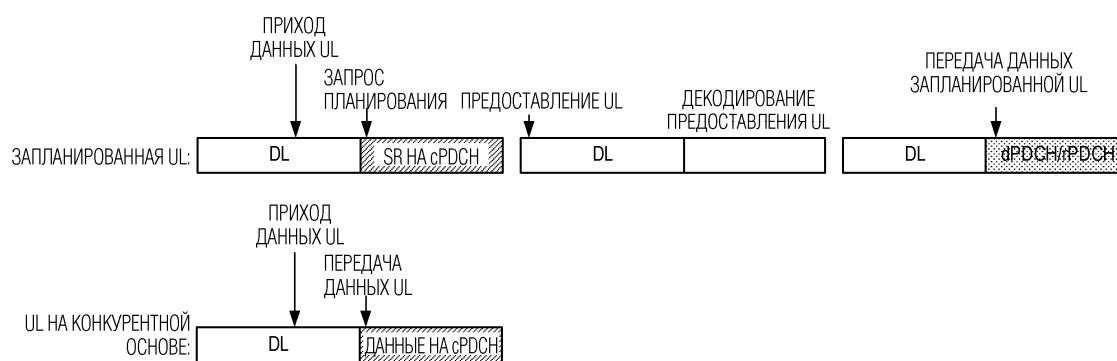
Фиг. 25



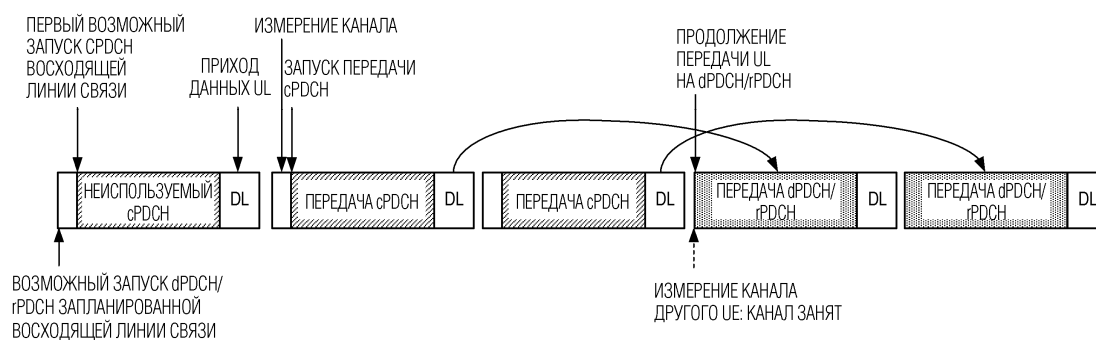
Фиг. 26



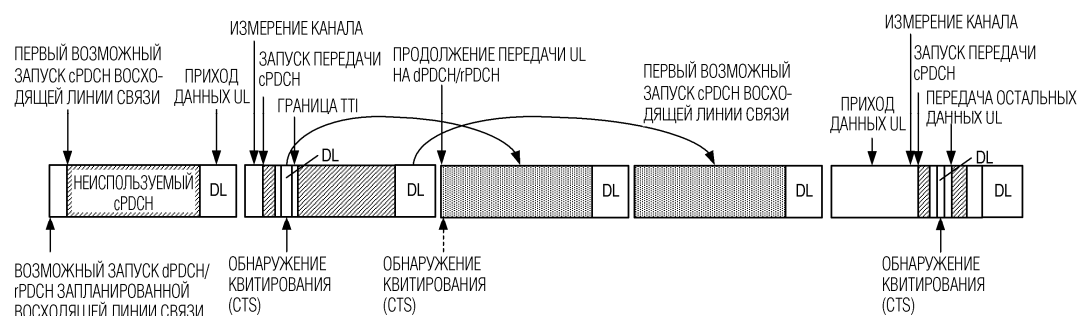
Фиг. 27



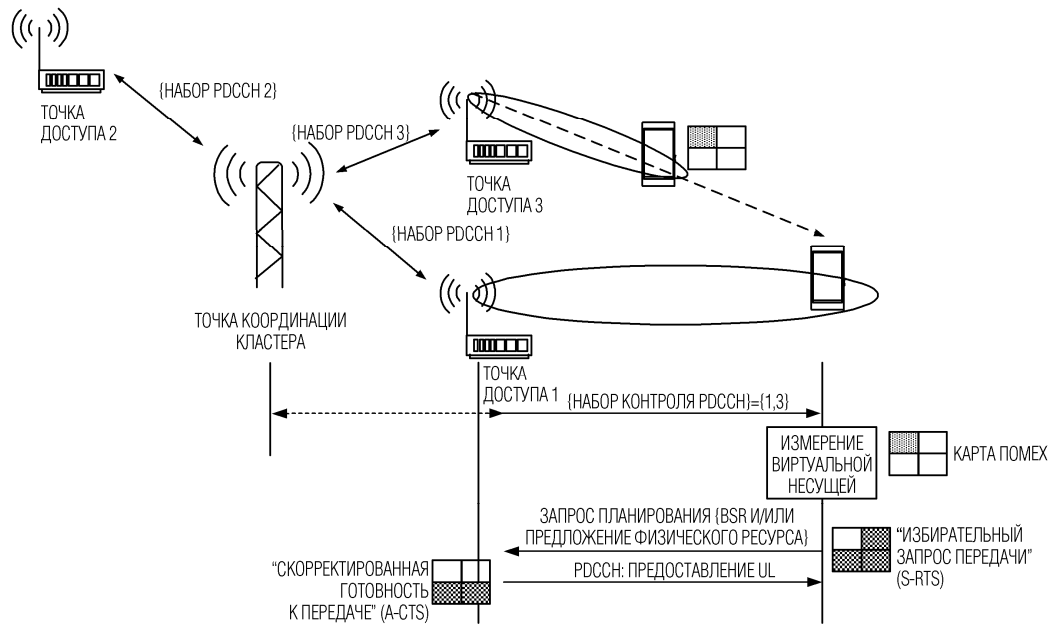
Фиг. 28



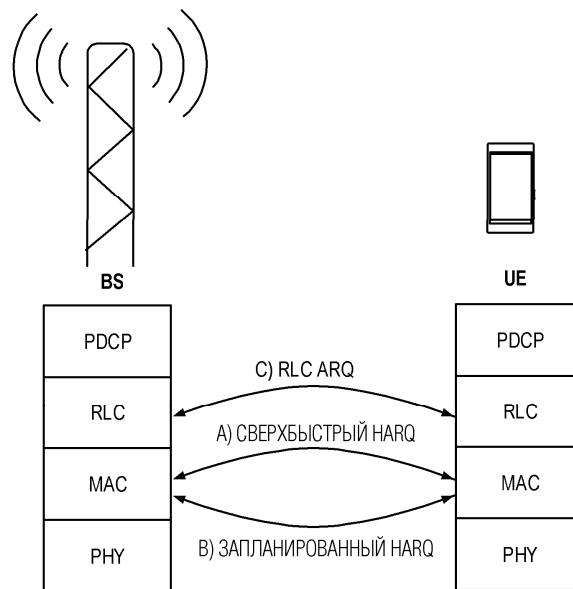
Фиг. 29



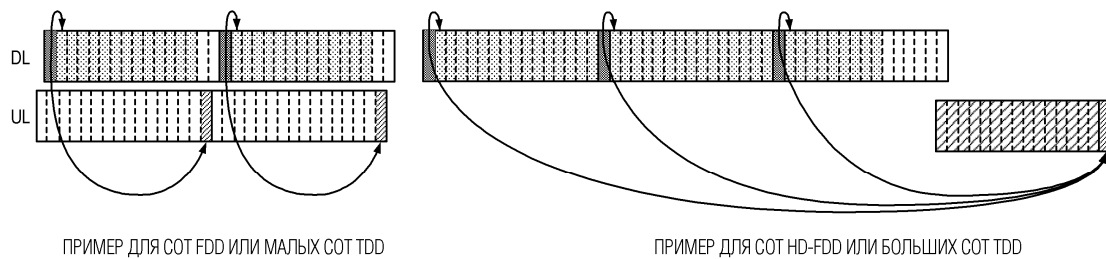
Фиг. 30



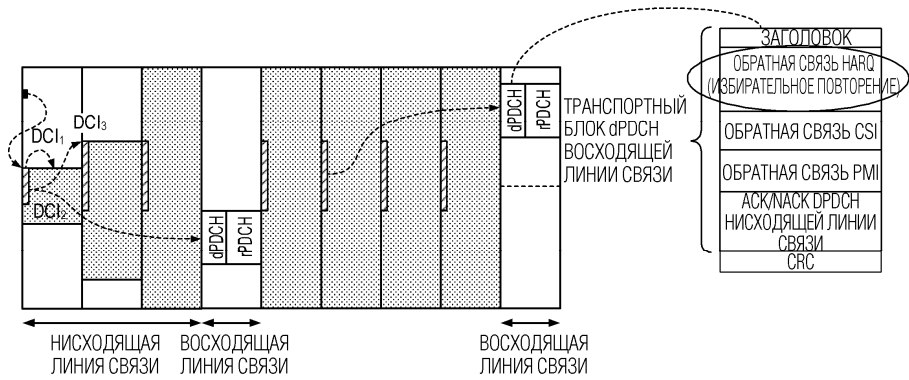
Фиг. 31



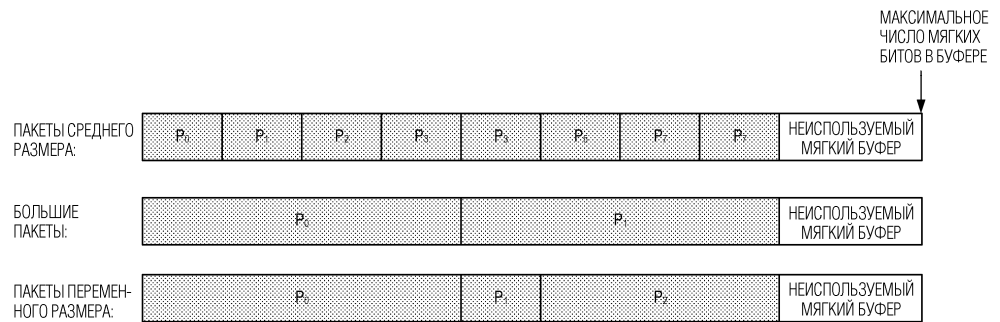
Фиг. 32



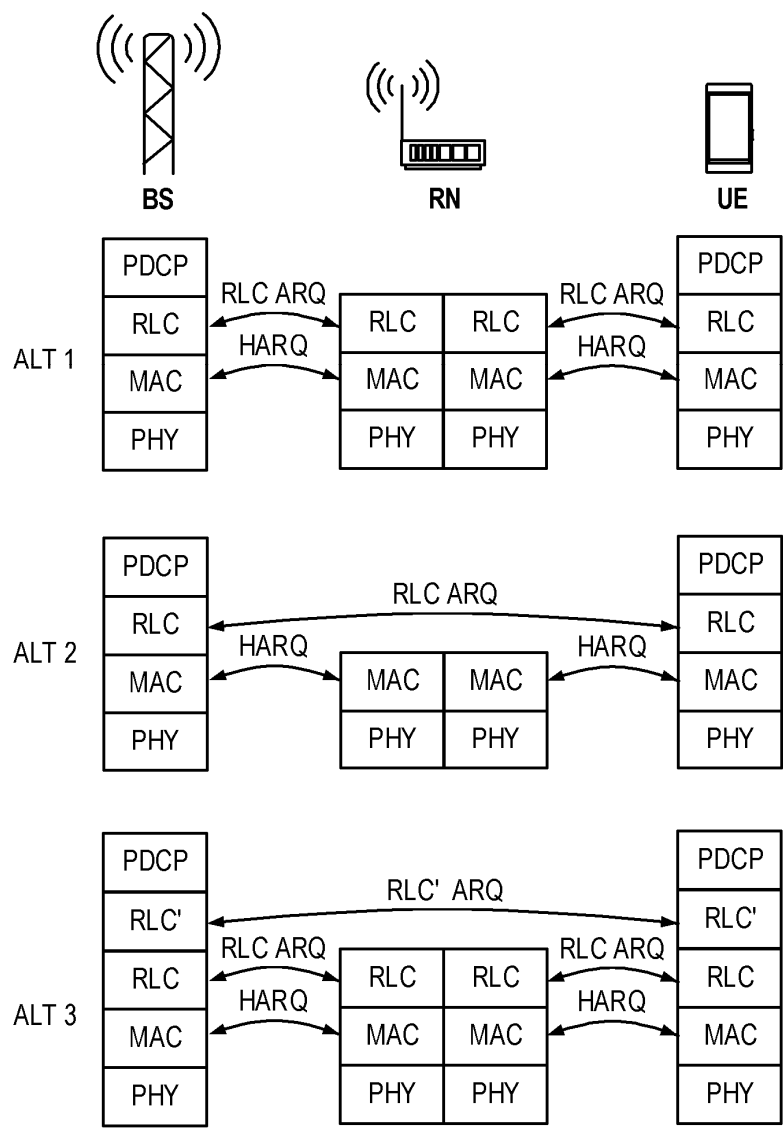
Фиг. 33



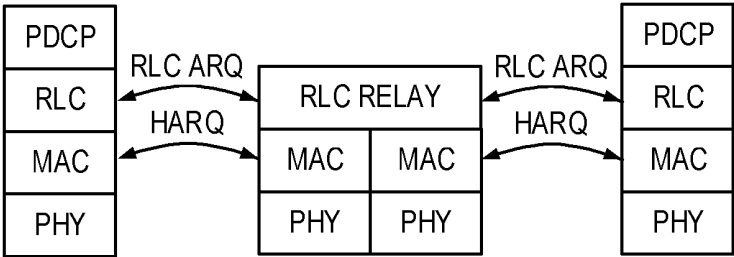
Фиг. 34



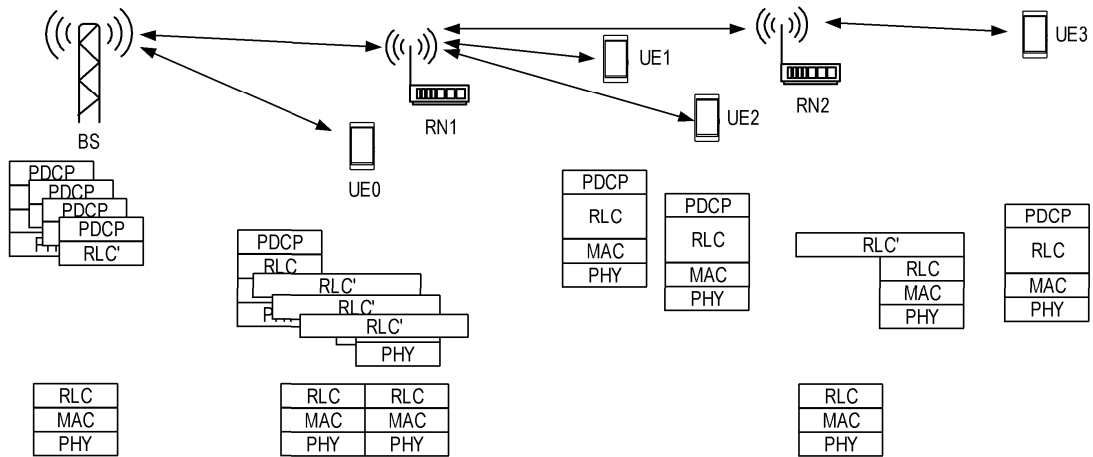
Фиг. 35



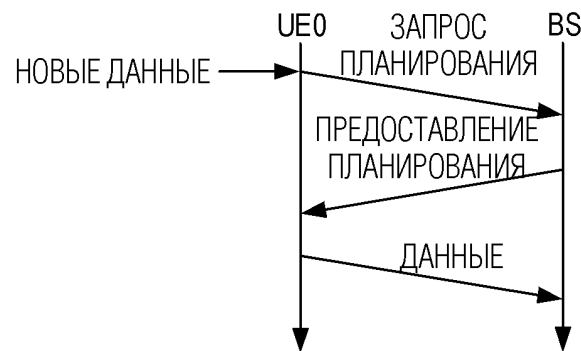
Фиг. 36



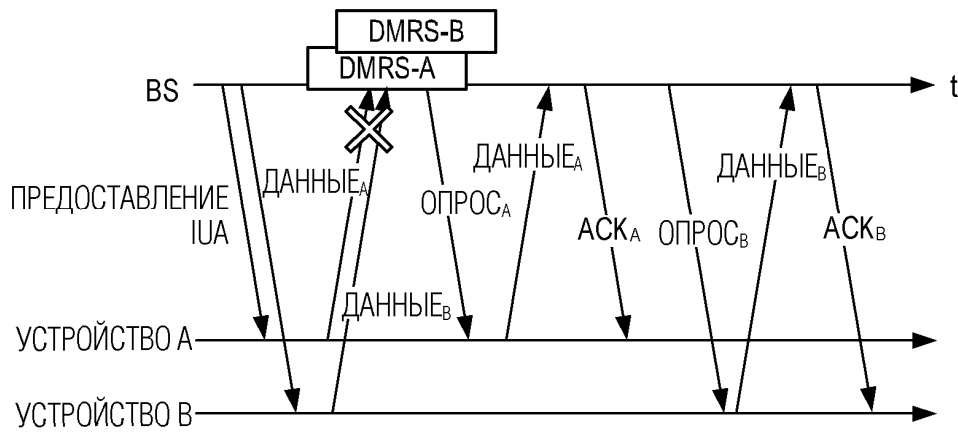
Фиг. 37



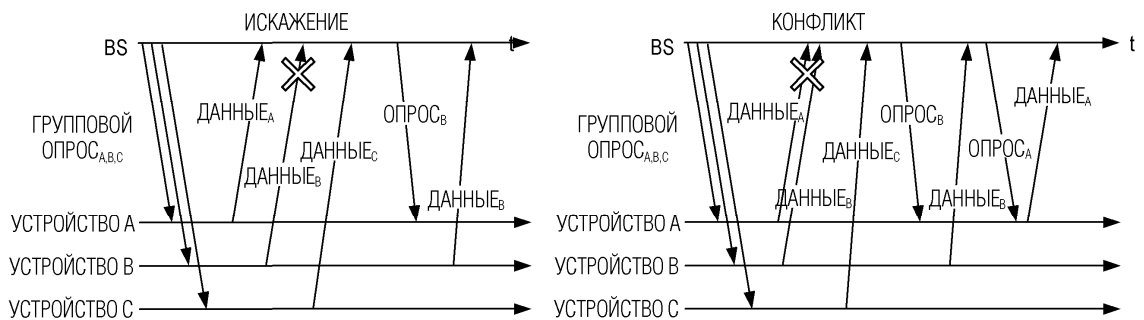
Фиг. 38



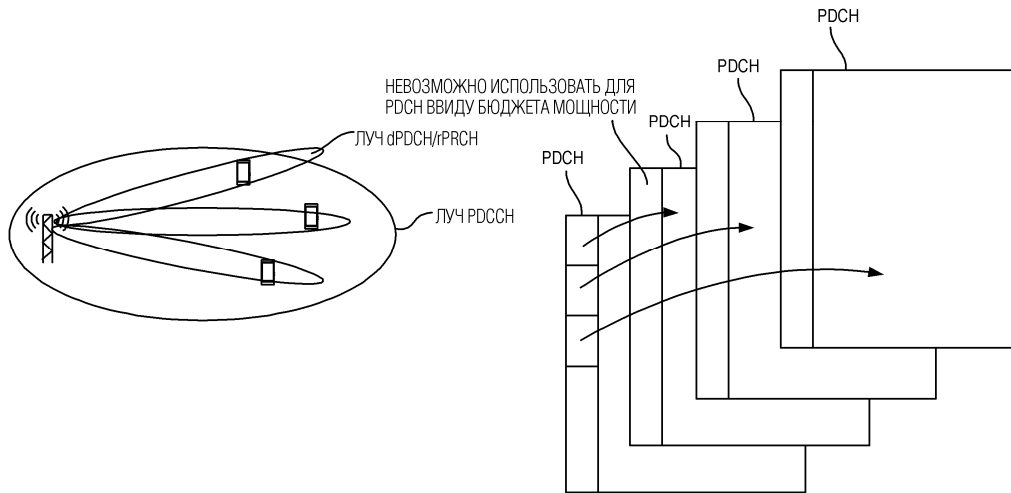
Фиг. 39



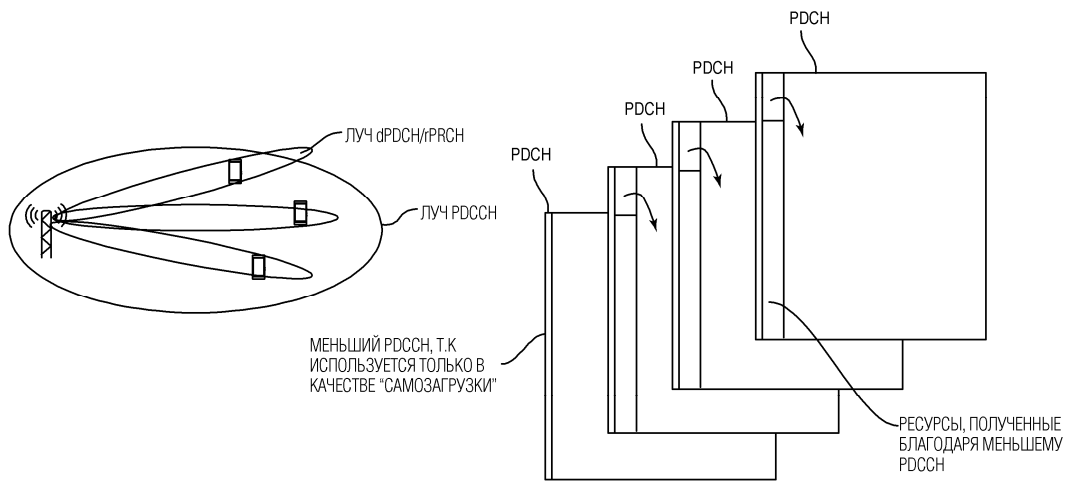
Фиг. 40



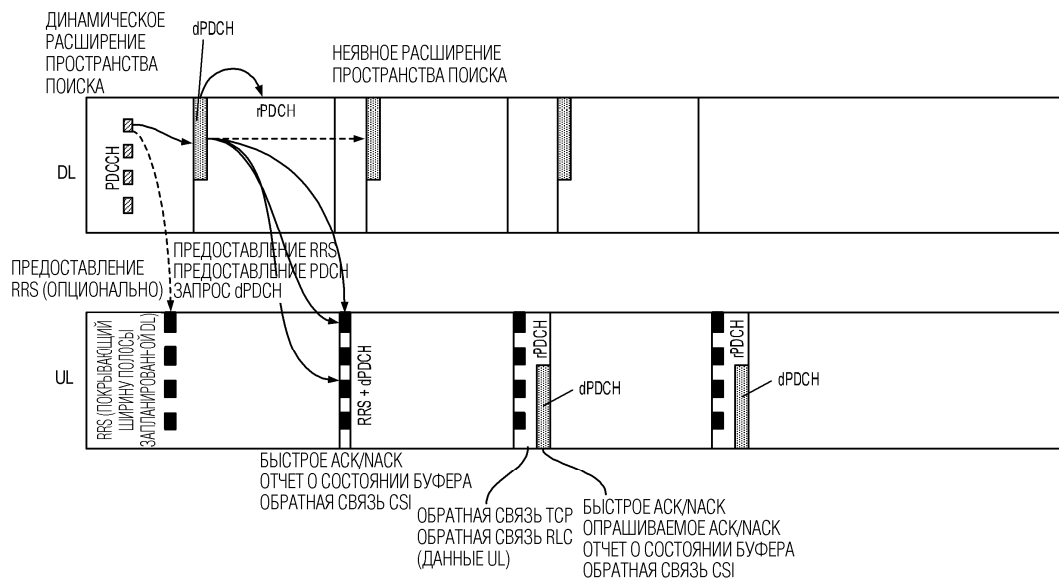
Фиг. 41



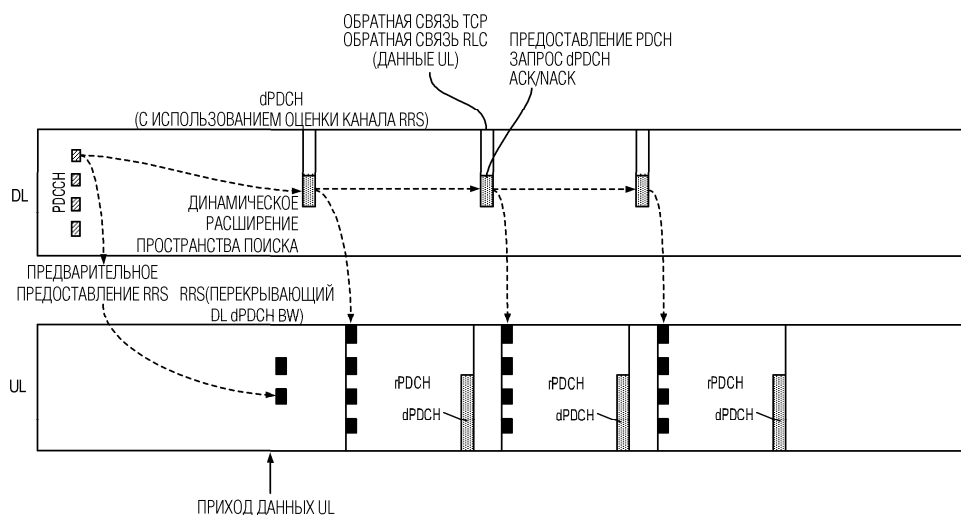
Фиг. 42



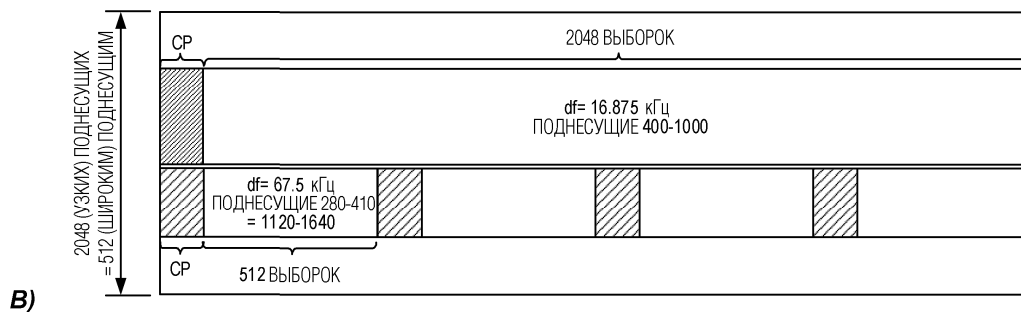
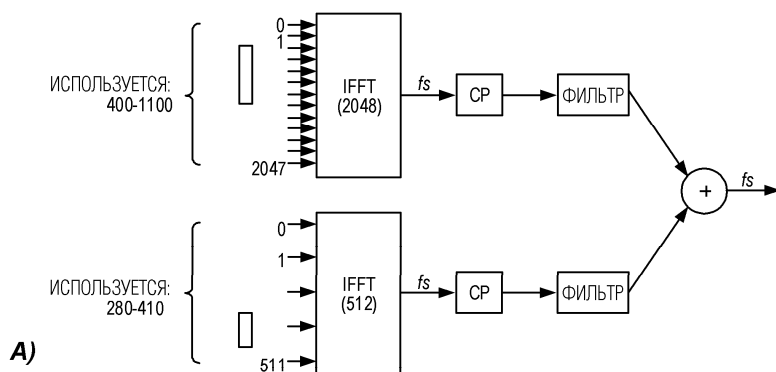
Фиг. 43



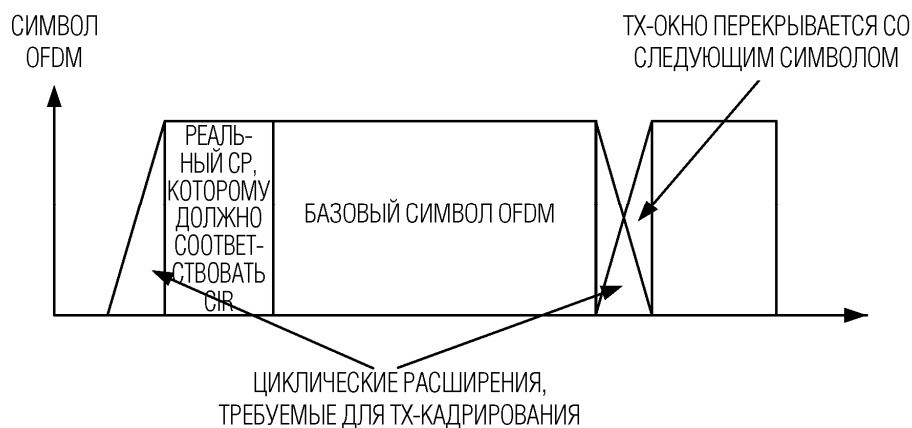
Фиг. 44



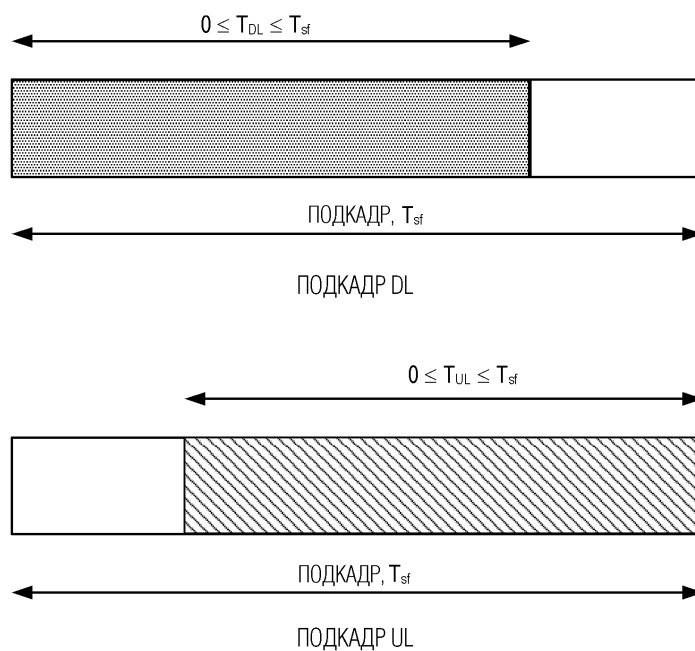
Фиг. 45



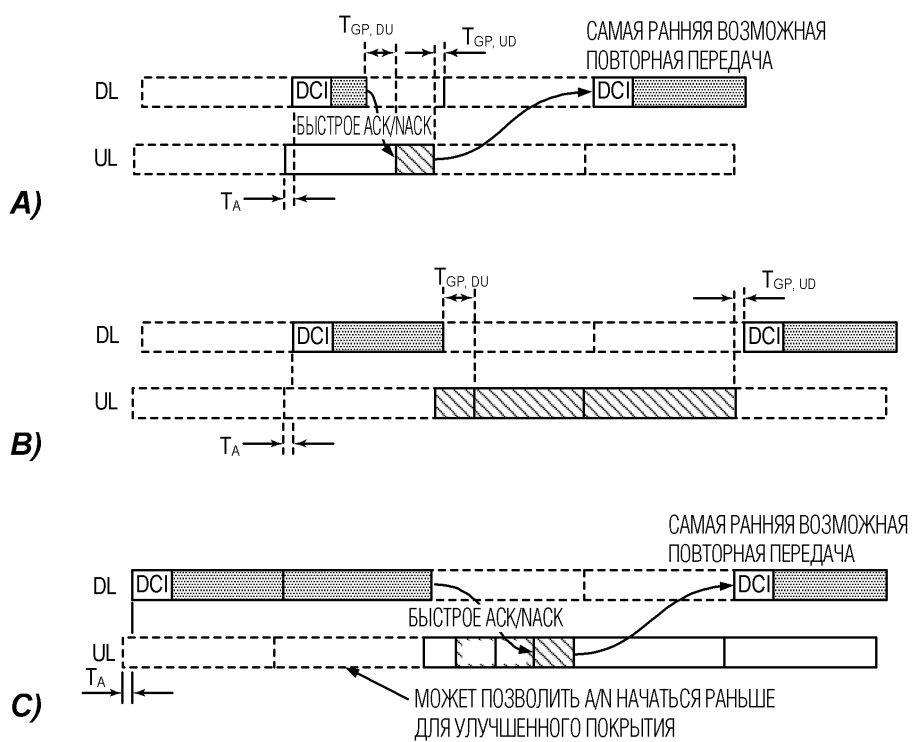
Фиг. 46



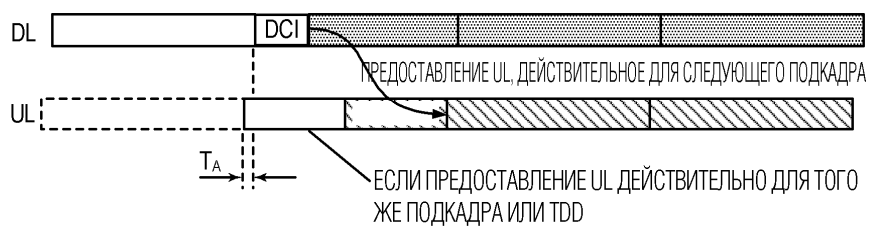
Фиг. 47



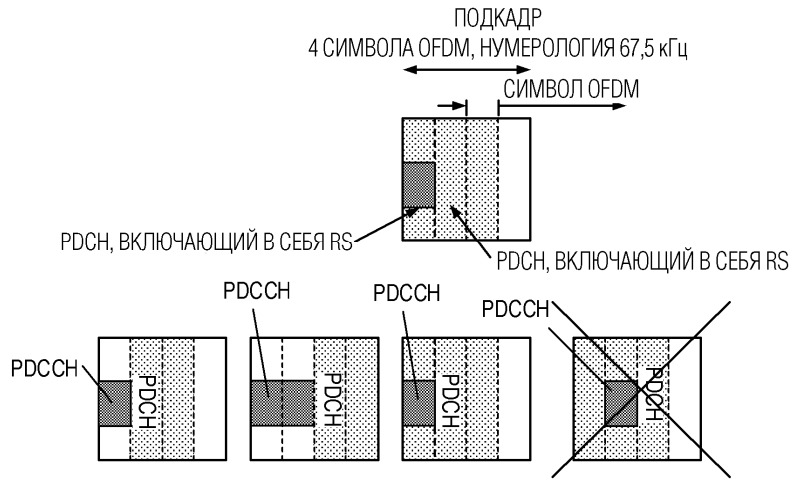
Фиг. 48



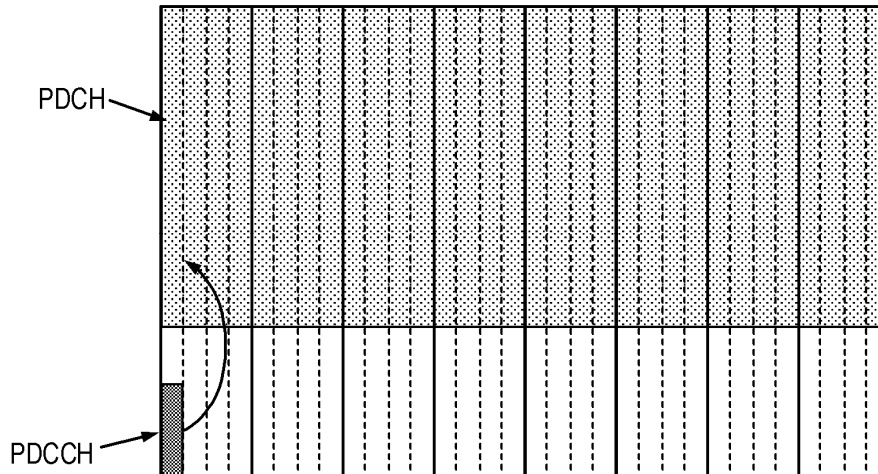
Фиг. 49



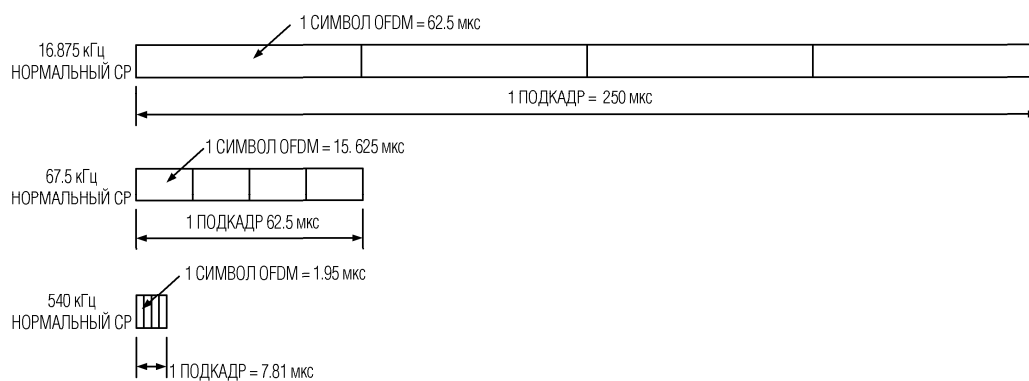
Фиг. 50



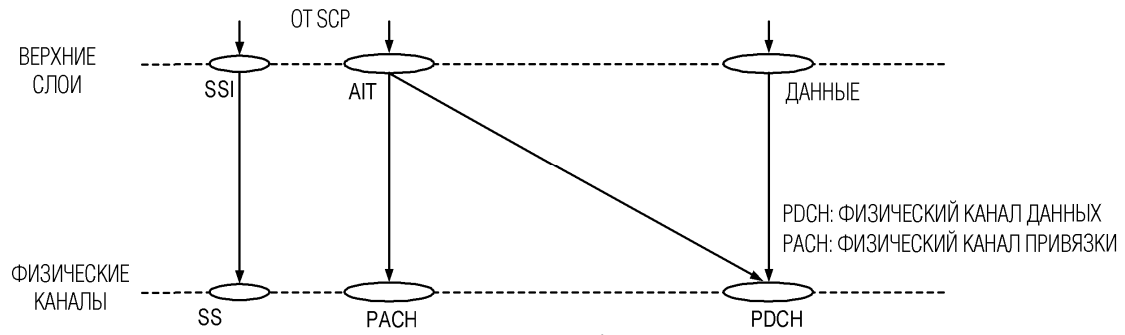
Фиг. 51



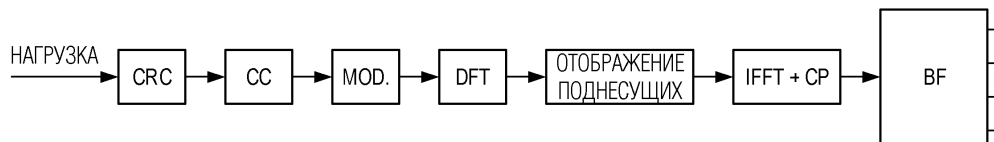
Фиг. 52



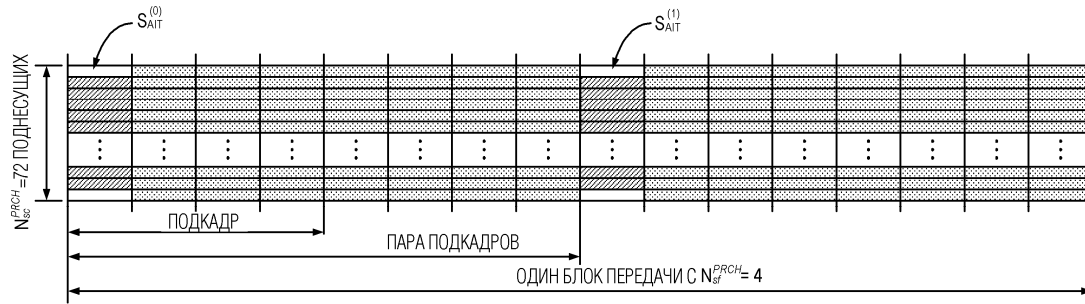
Фиг. 53



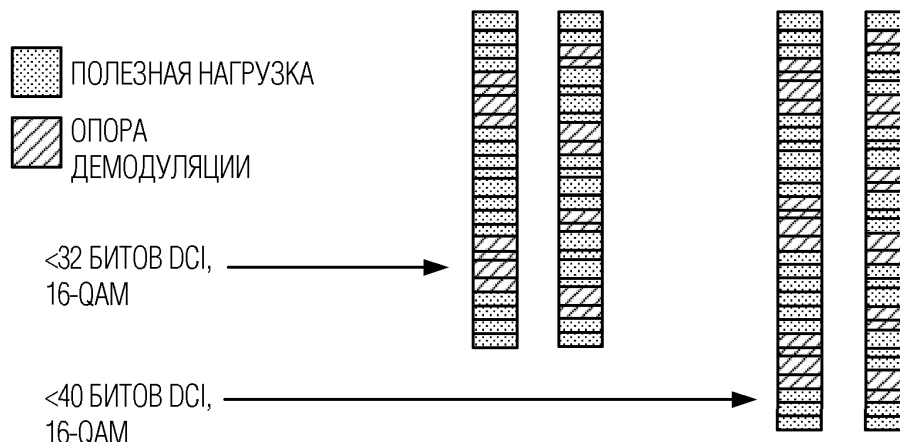
Фиг.. 54



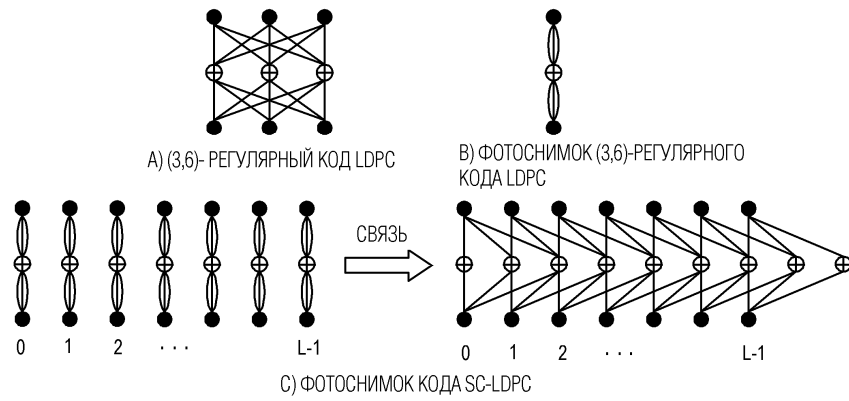
Фиг. 55



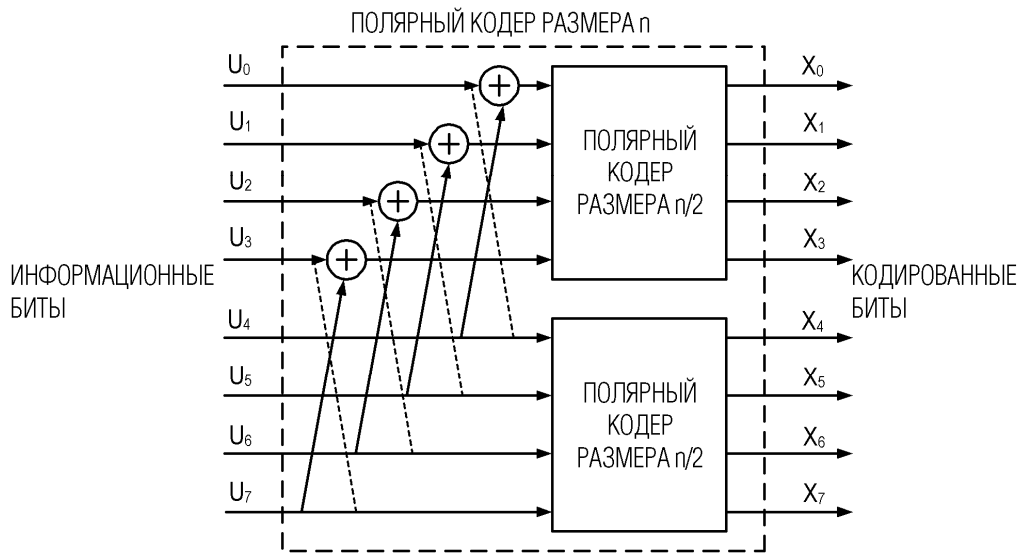
Фиг. 56



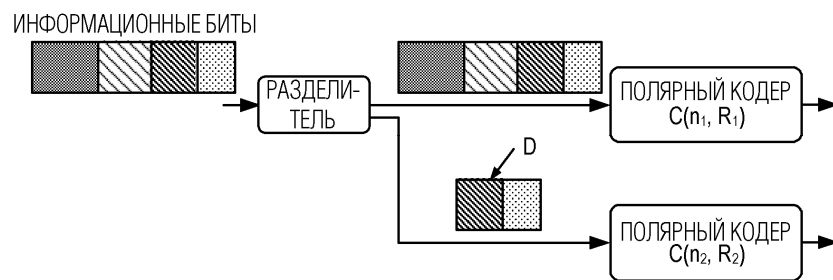
Фиг. 57



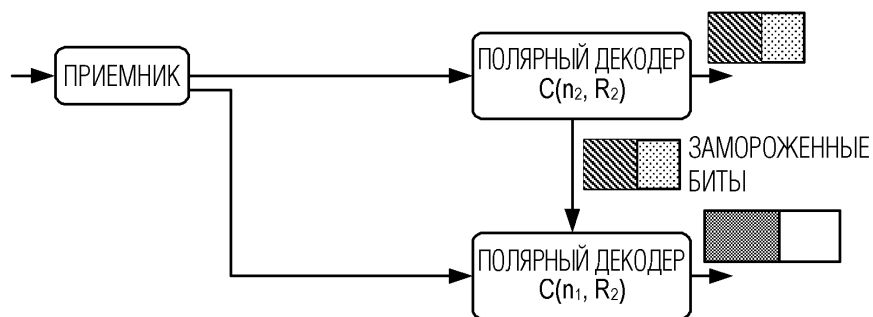
Фиг. 58



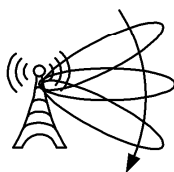
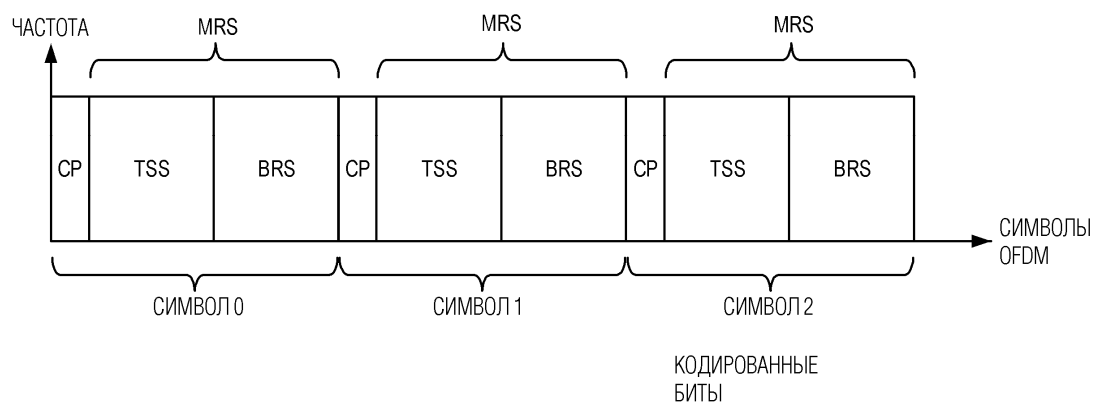
Фиг. 59



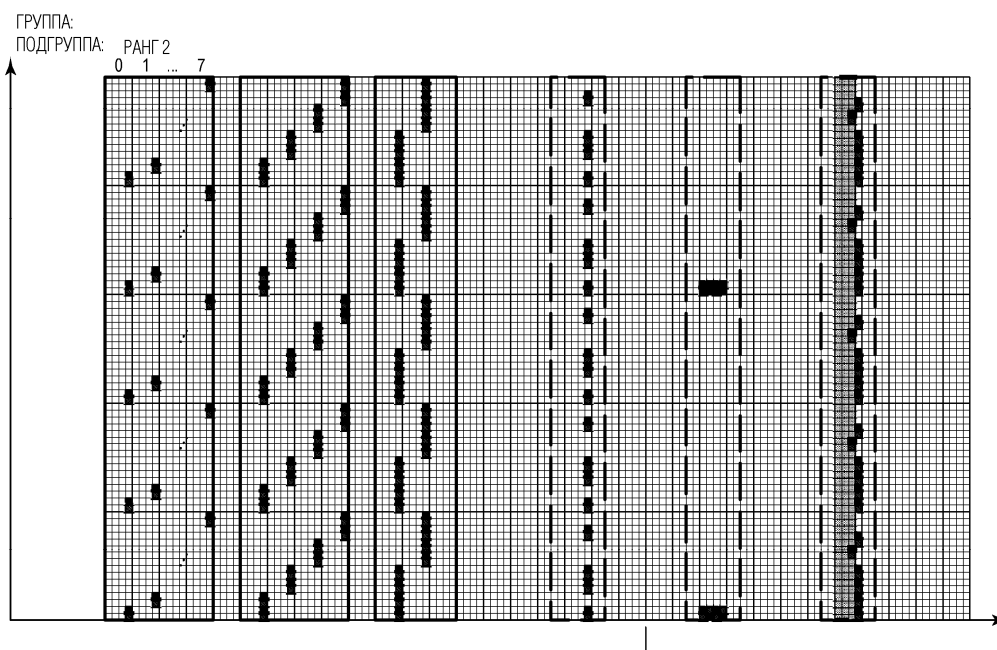
Фиг. 60



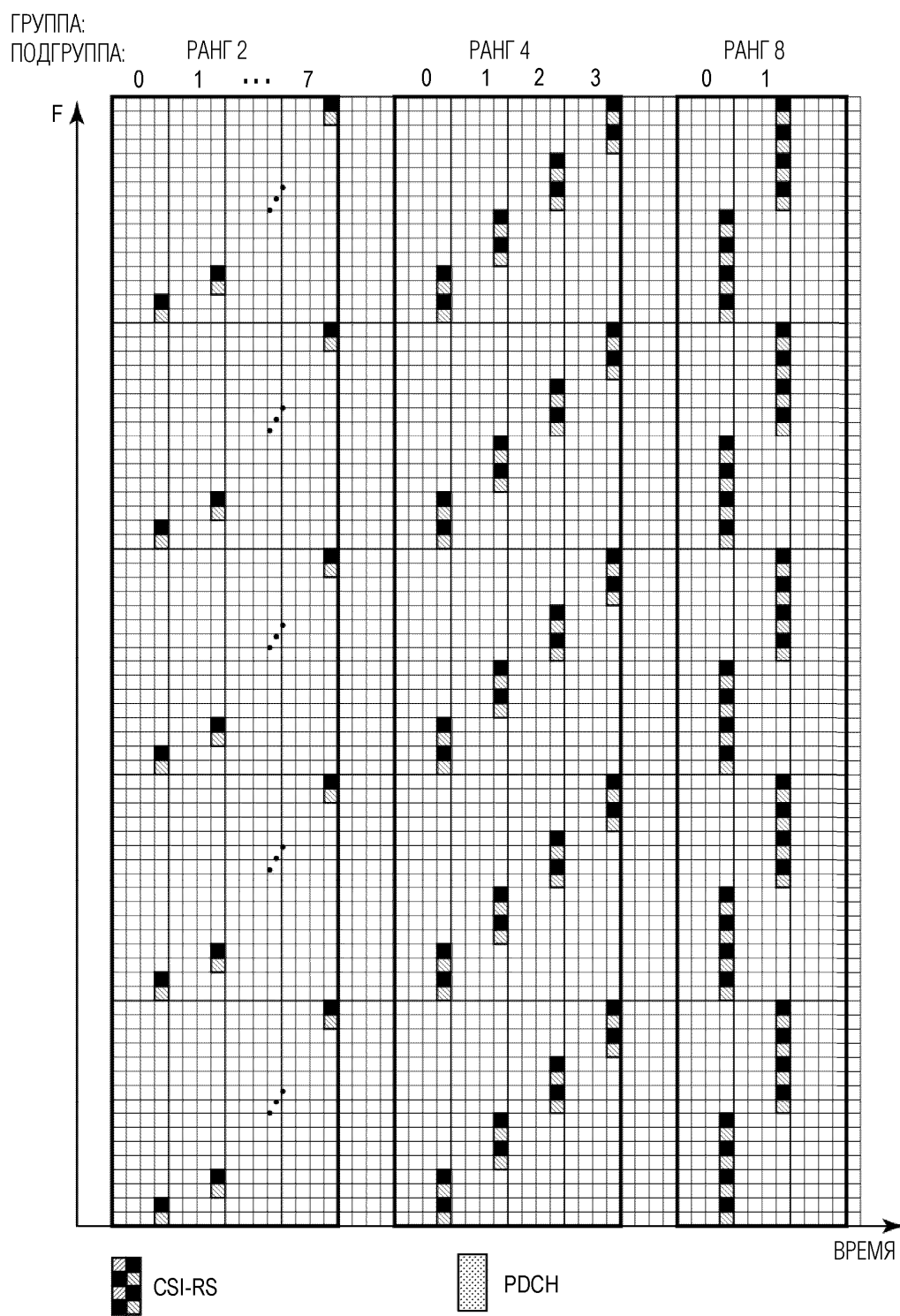
Фиг. 61



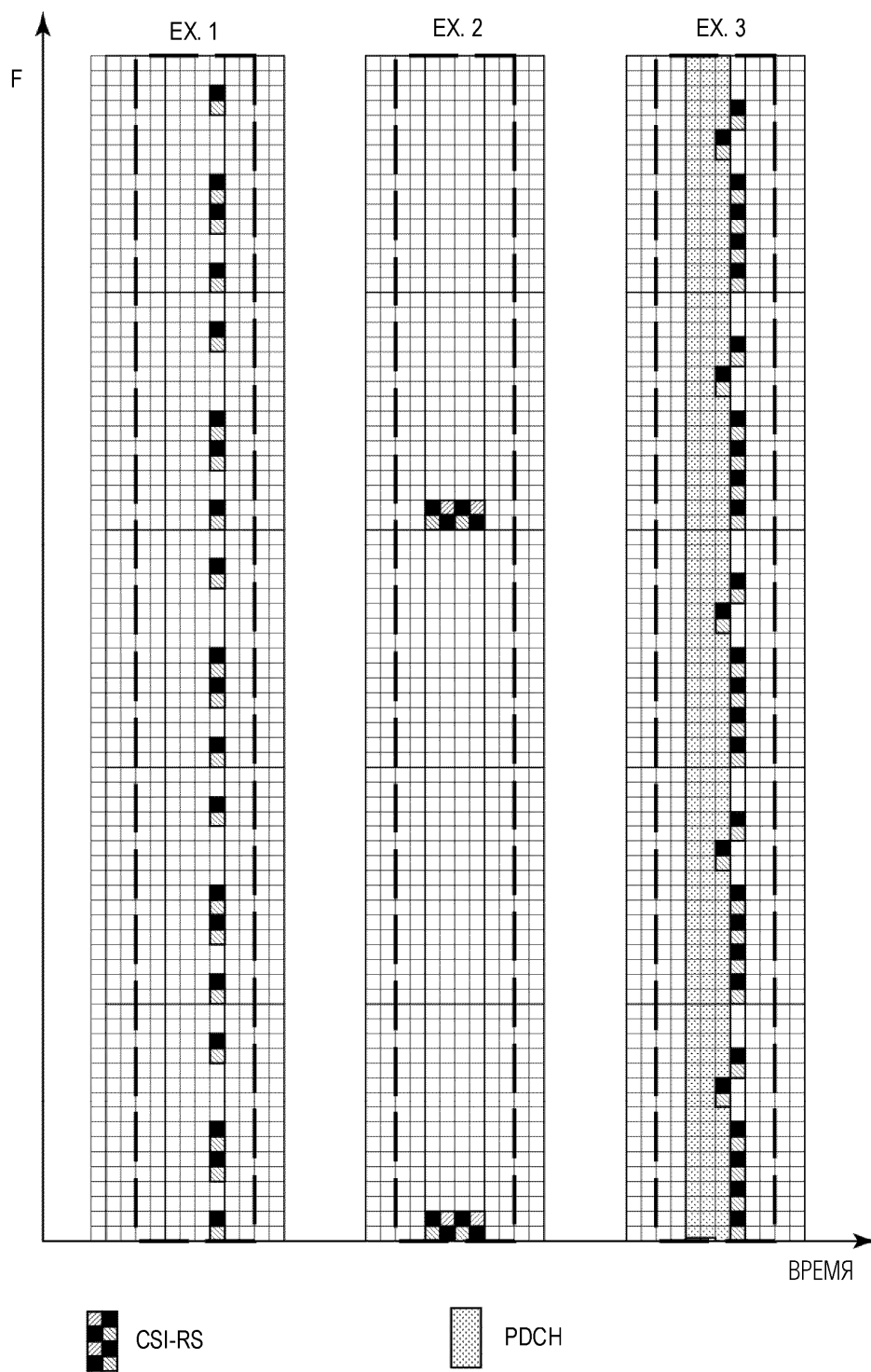
Фиг. 62



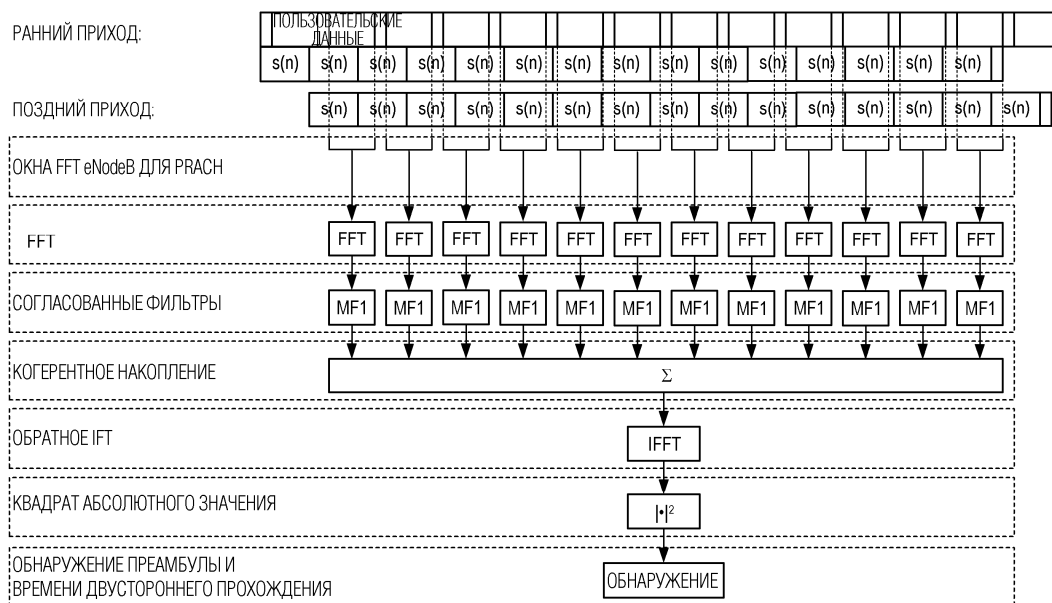
Фиг. 63



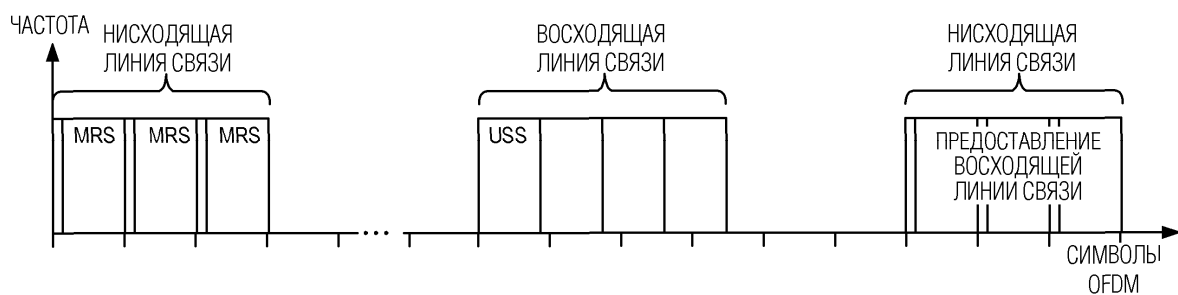
Фиг. 63А



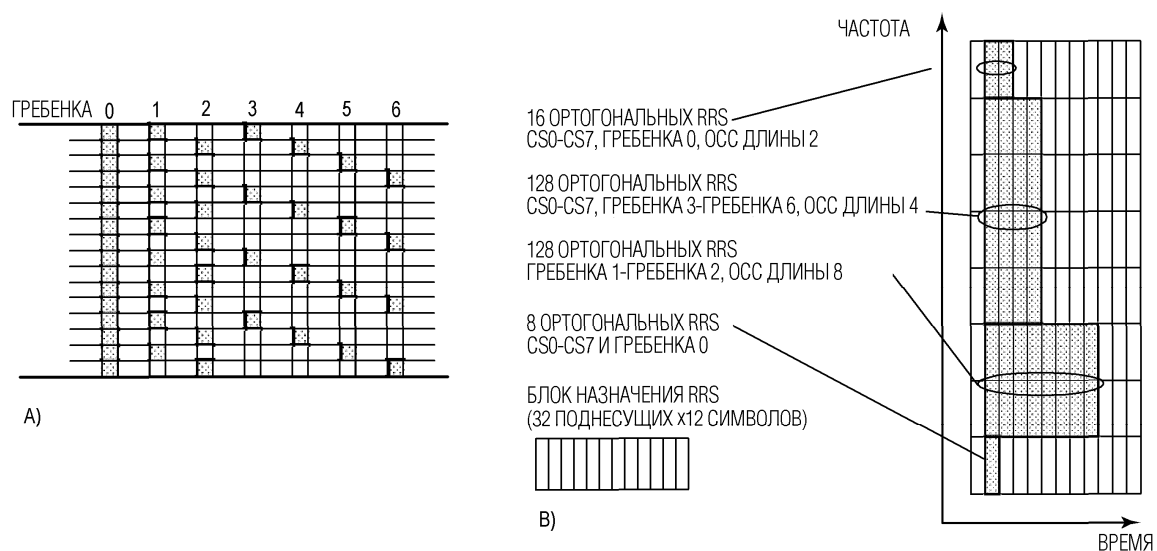
Фиг. 63В



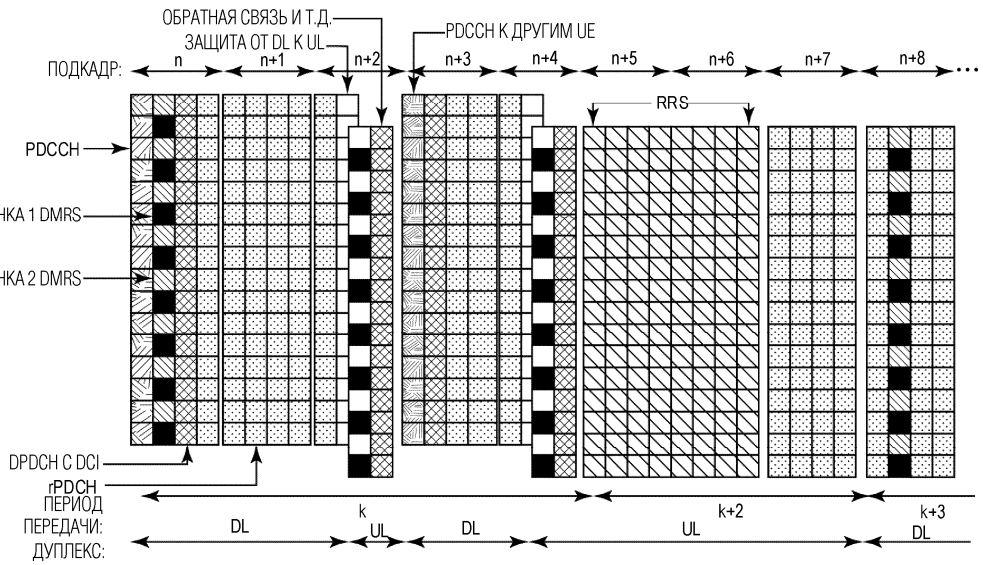
Фиг. 64



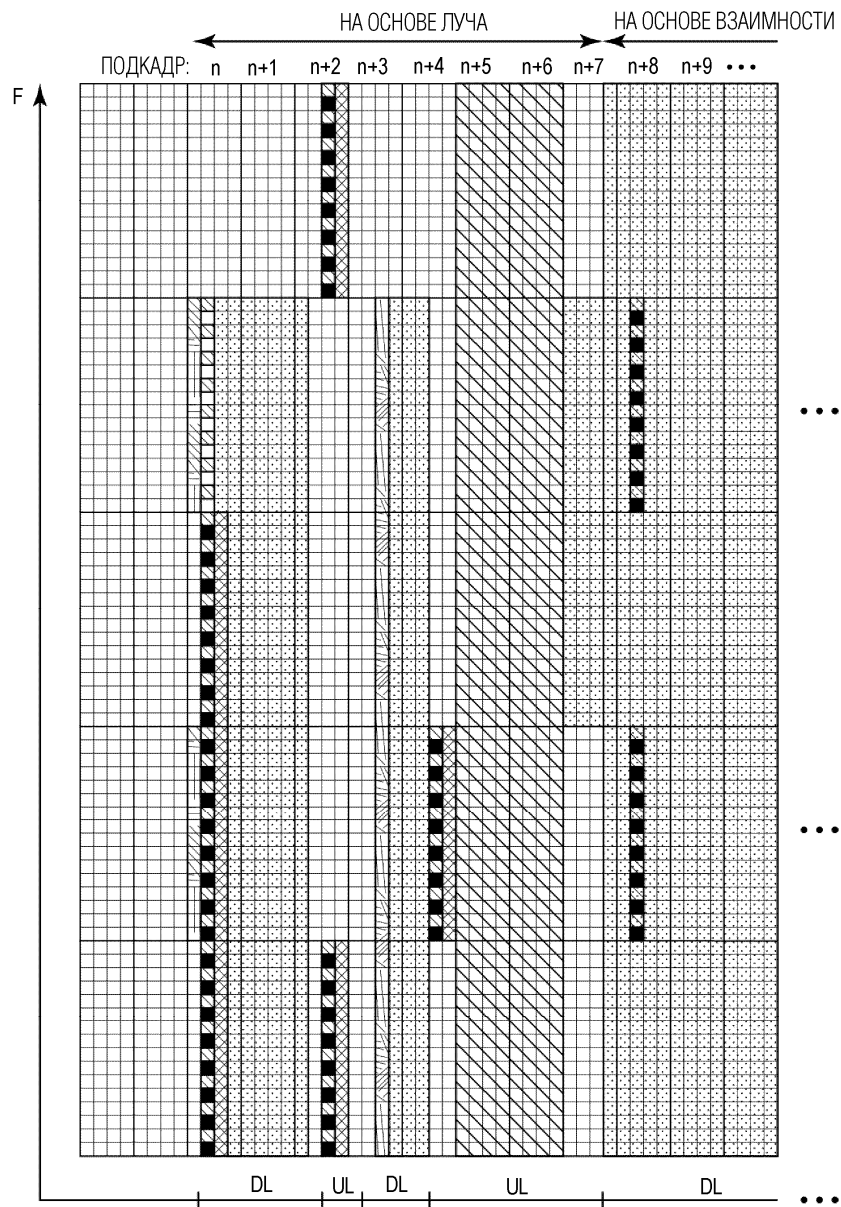
Фиг. 65



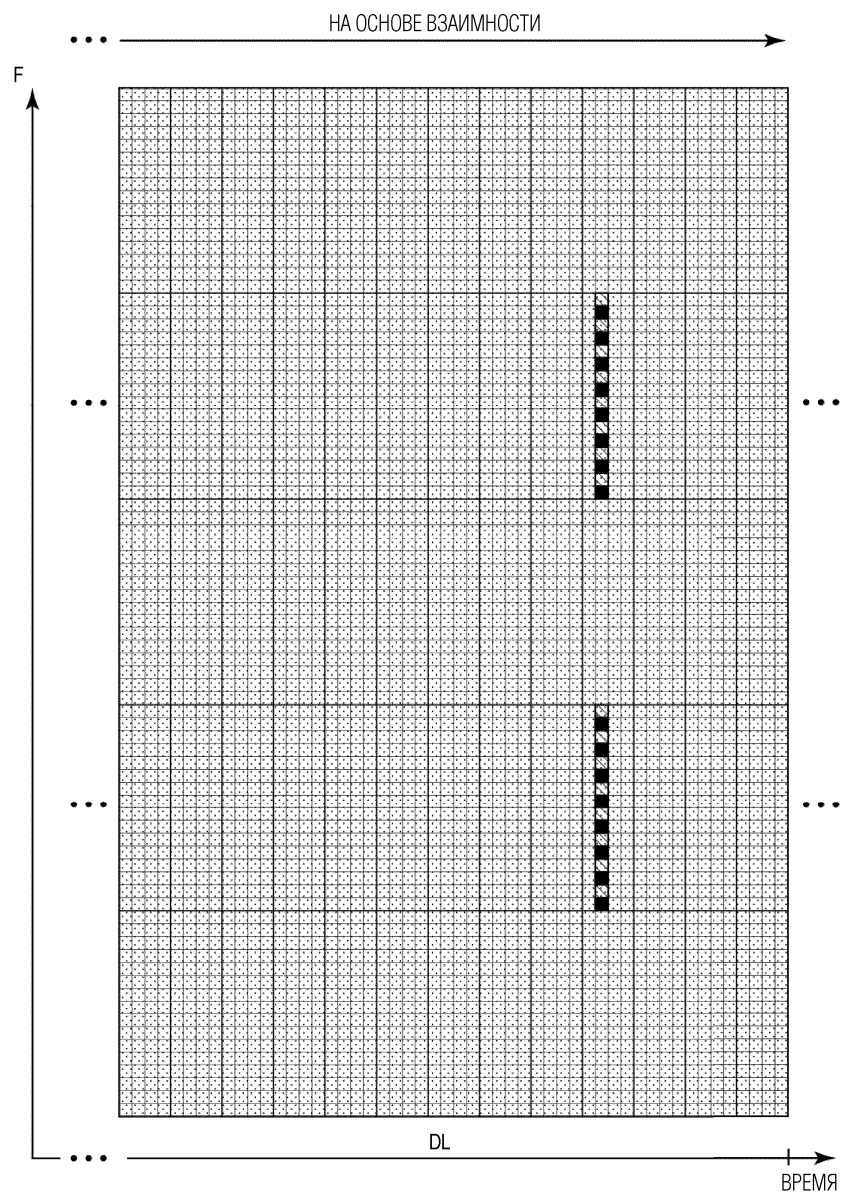
Фиг. 66



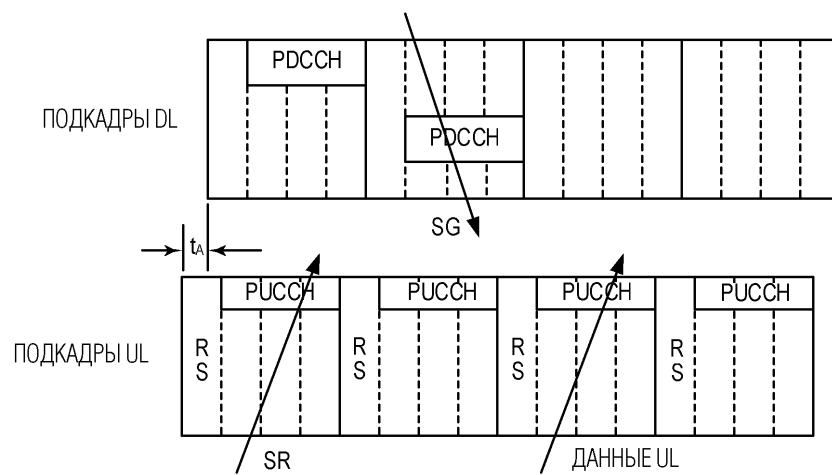
ФИГ. 67



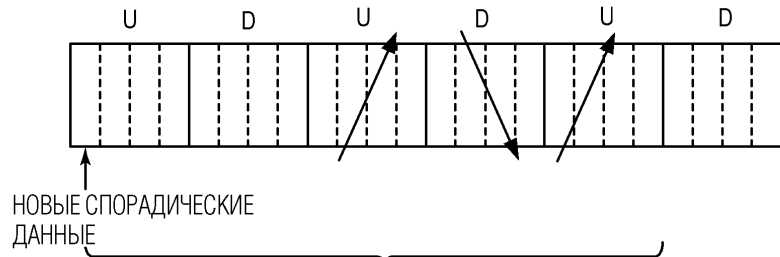
ФИГ. 68А



Фиг. 68В

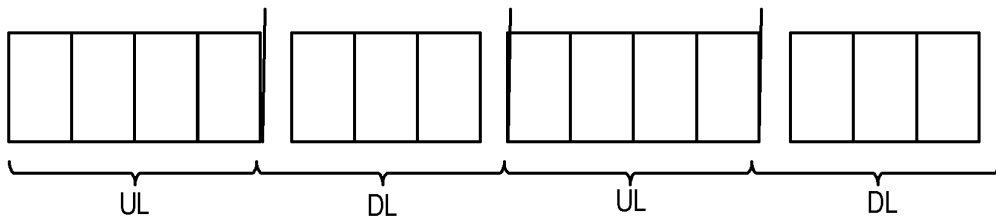


Фиг. 69

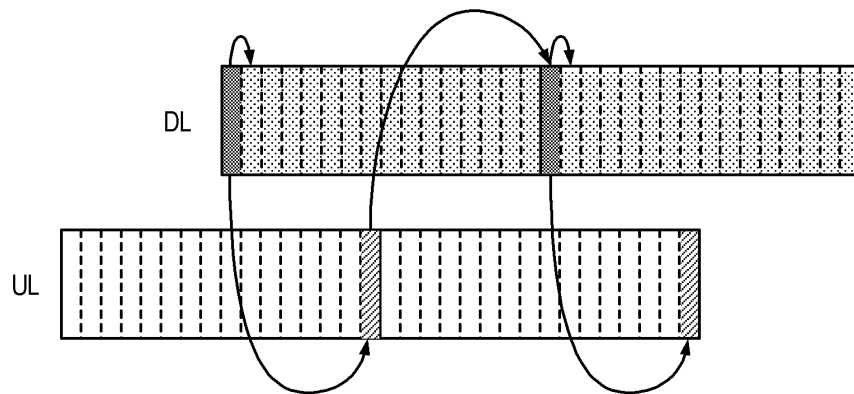


ЗАДЕРЖКА НАИХУДШЕГО СЛУЧАЯ РАДИОИНТЕРФЕЙСА: $62.5 \cdot (5 - \delta) = 312(-\delta)$ мкс
 ЗАДЕРЖКА НАИЛУЧШЕГО СЛУЧАЯ: $62.5 \cdot (3 + \delta) = 187(+\delta)$ мкс
 (СРАВНЕНИЕ С FDD: $(3-4) \cdot 62.5 = 187-250$ мкс)

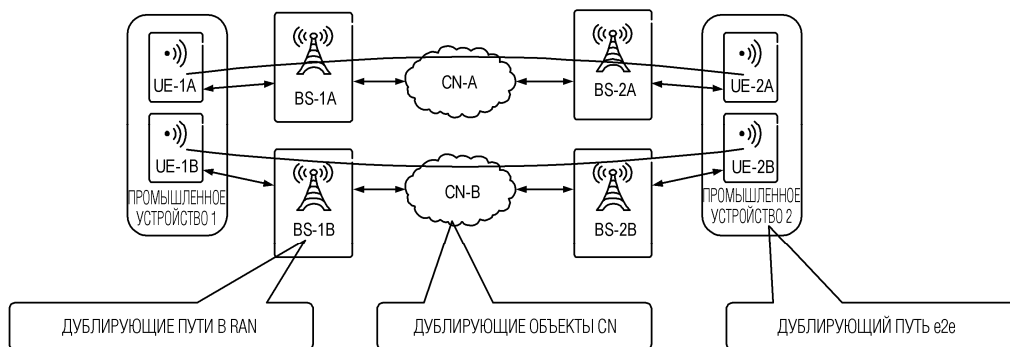
Фиг. 70



Фиг. 71



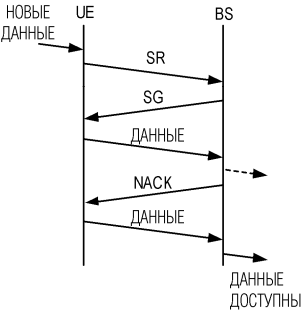
Фиг. 72



Фиг. 73

ЗАПЛАНИРОВАННАЯ ПЕРЕДАЧА

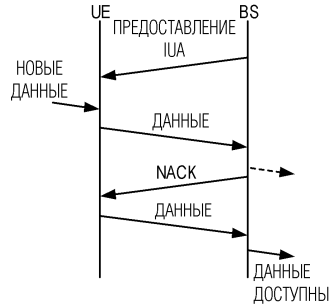
КОМПОНЕНТ	ОПИСАНИЕ	ПОДКАДР (ОПТИМАЛЬНЫЙ)	ПОДКАДР (ОПТИМАЛЬНЫЙ)
1	ДАННЫЕ ДОСТУПНЫ СРАЗУ ПОСЛЕ НАЧАЛА ПОДКАДРА N		
2	ЗАПРОС ПЛАНИРОВАНИЯ (SR)	N+1	N+1
3	ПЕРЕДАЧА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ (SG)	N+2	N+3
4	ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ UL	N+3	N+5
5	ПЕРЕДАЧА ACK/NACK	N+4	N+7
6	ПОВТОРНАЯ ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ UL	N+5	N+9
	ПОЛНАЯ ЗАДЕРЖКА НЕПОДТВЕРЖДЕННЫХ ДАННЫХ	4 ПОДКАДРА	6 ПОДКАДРОВ
	ПОЛНАЯ ЗАДЕРЖКА, ВКЛЮЧАЯ К ПОВТОРНЫМ ПЕРЕДАЧ	4+2*K ПОДКАДРОВ	6+4*K ПОДКАДРОВ



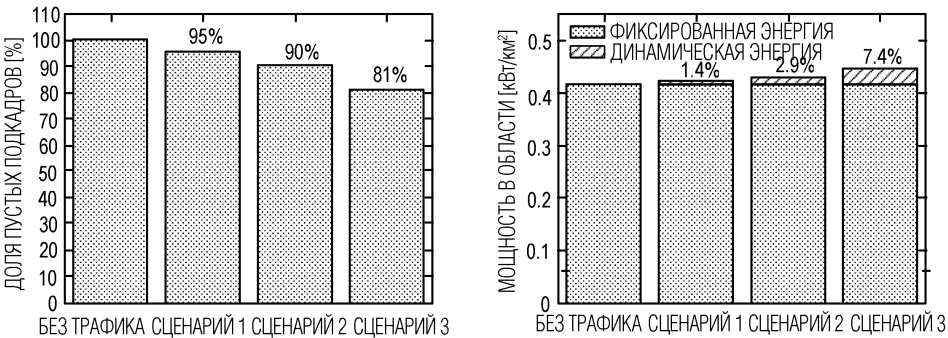
Фиг. 74

ИУА ПЕРЕДАЧА

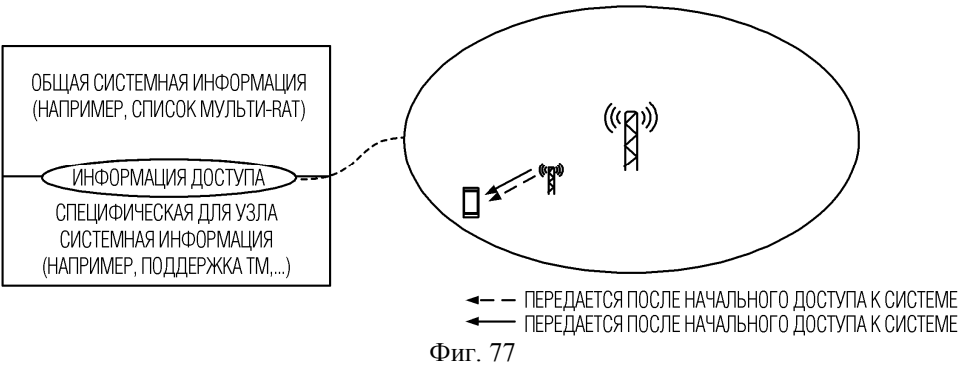
КОМПОНЕНТ	ОПИСАНИЕ	ПОДКАДР (ОПТИМАЛЬНЫЙ)	ПОДКАДР (ОПТИМАЛЬНЫЙ)
1	ДАННЫЕ ДОСТУПНЫ СРАЗУ ПОСЛЕ НАЧАЛА ПОДКАДРА N		
2	ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ UL	N+1	N+1
3	ПЕРЕДАЧА ACK/NACK	N+2	N+3
4	ПОВТОРНАЯ ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ UL	N+3	N+5
	ПОЛНАЯ ЗАДЕРЖКА НЕПОДТВЕРЖДЕННЫХ ДАННЫХ	2 ПОДКАДРА	2 ПОДКАДРА
	ПОЛНАЯ ЗАДЕРЖКА, ВКЛЮЧАЯ К ПОВТОРНЫМ ПЕРЕДАЧ	2+2*K ПОДКАДРОВ	2+4*K ПОДКАДРОВ



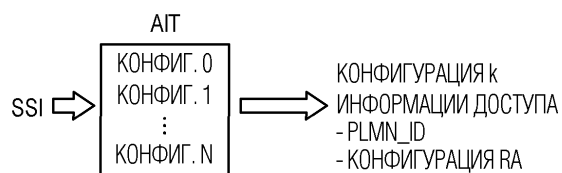
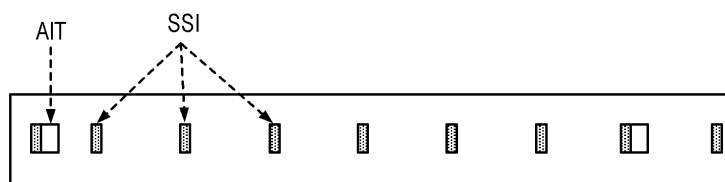
Фиг. 75



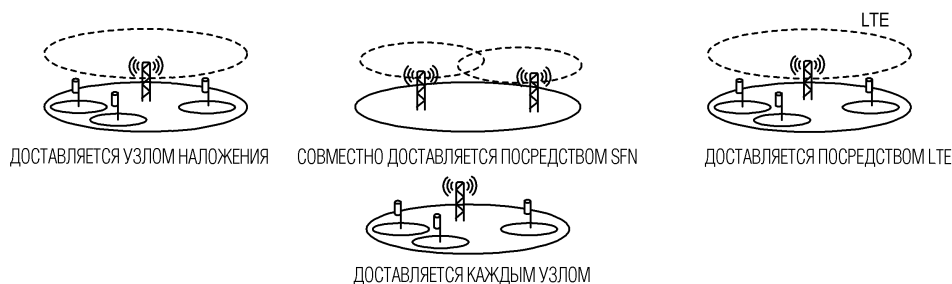
Фиг. 76



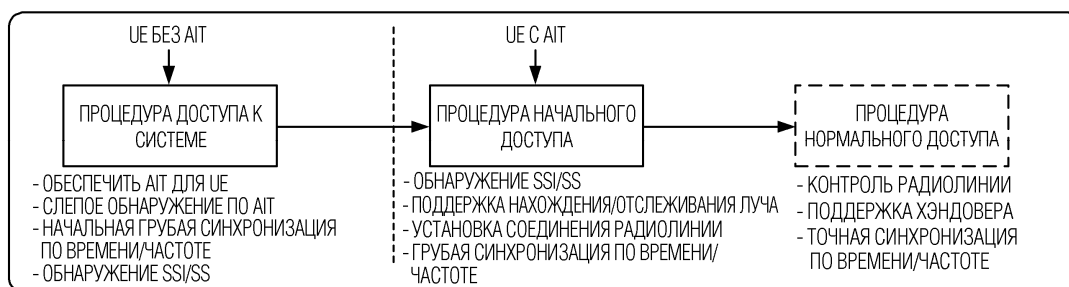
Фиг. 77



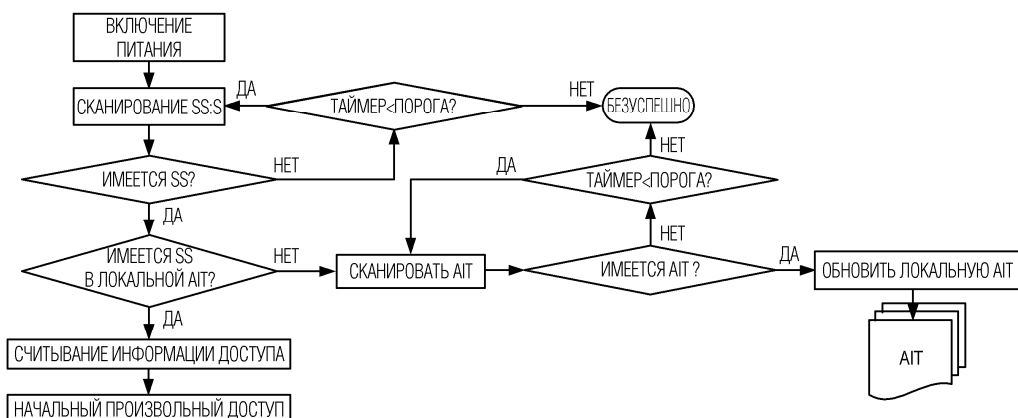
Фиг. 78



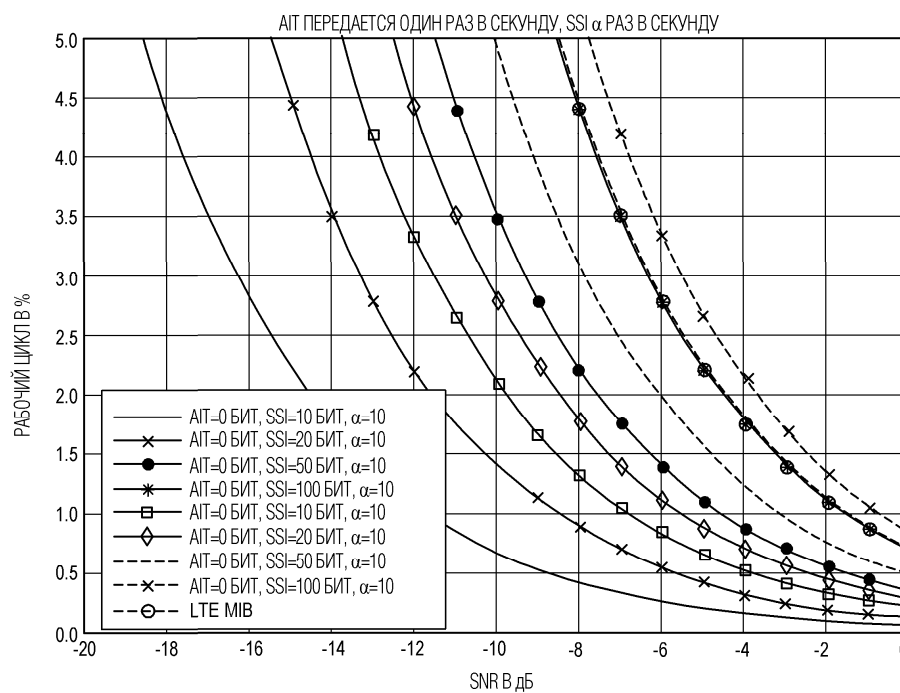
Фиг. 79



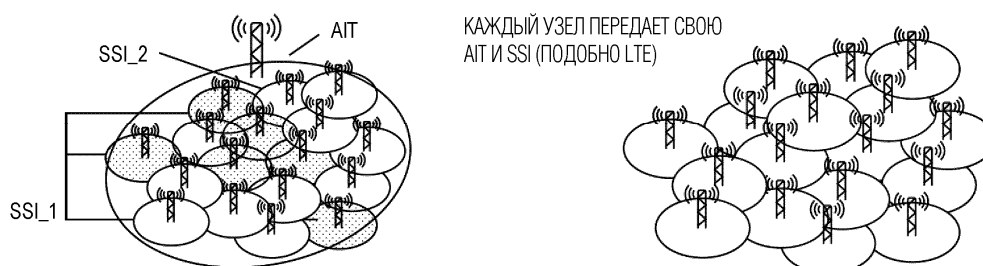
Фиг. 80



Фиг. 81

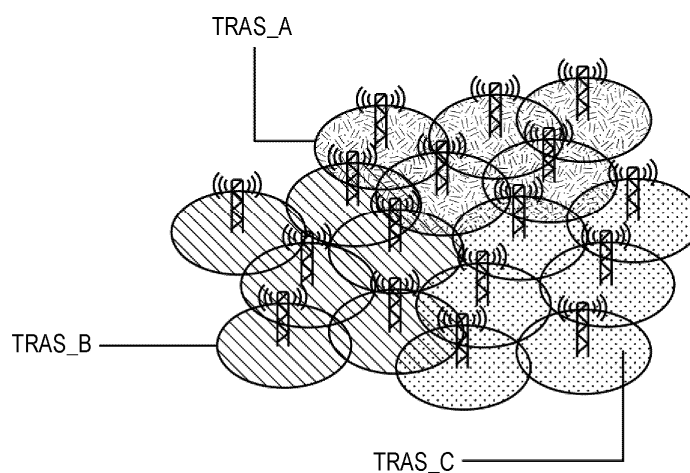


Фиг. 82

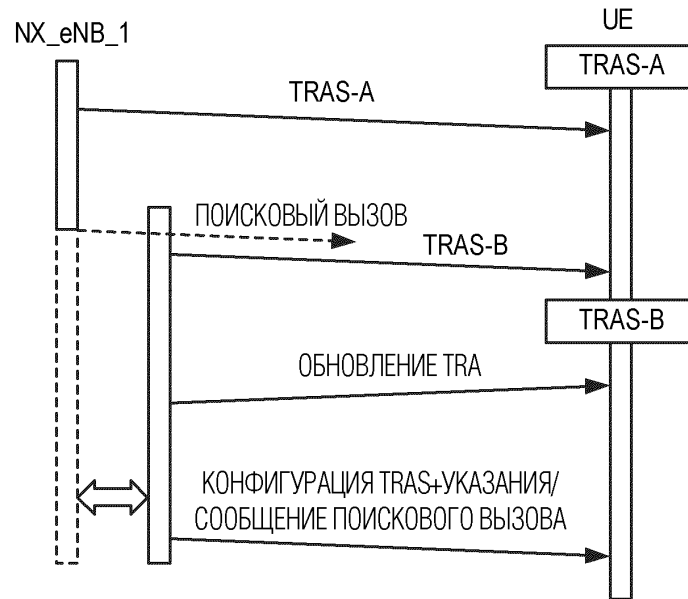


Фиг. 83

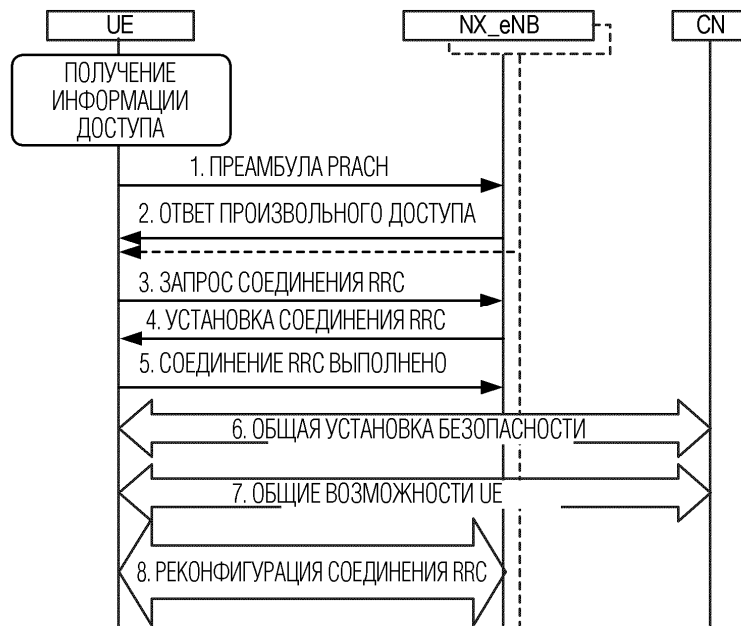
ОБЛАСТИ ОТСЛЕЖИВАНИЯ



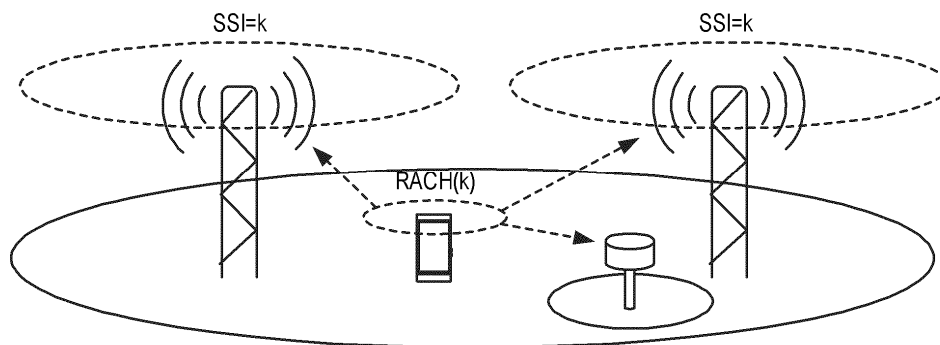
Фиг. 84



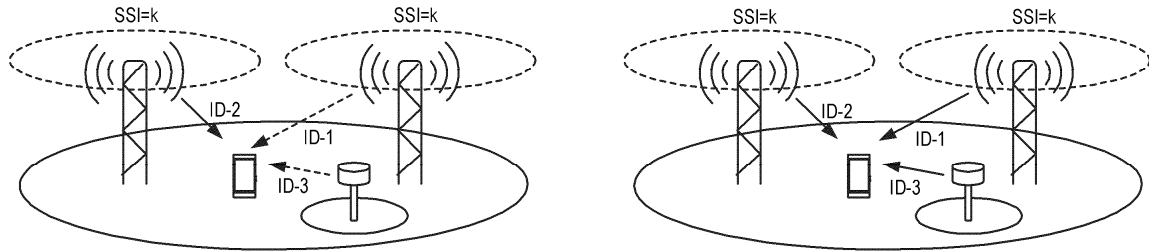
Фиг. 85



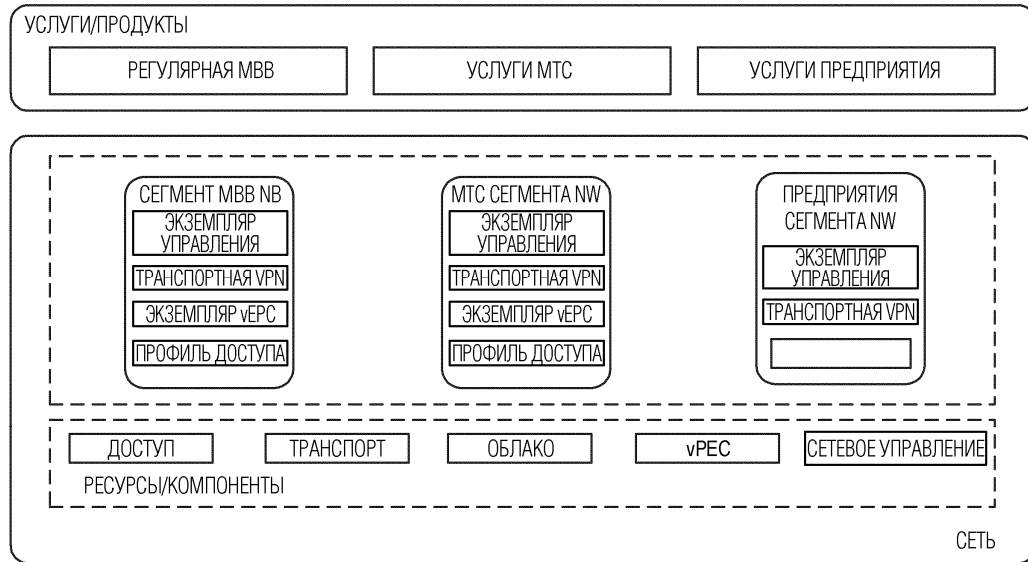
Фиг. 86



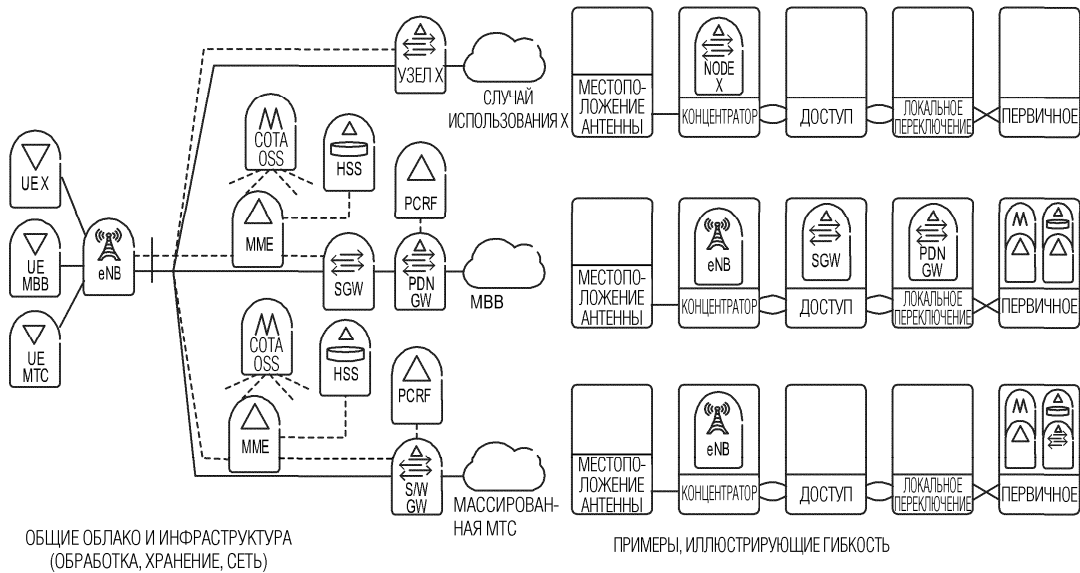
Фиг. 87



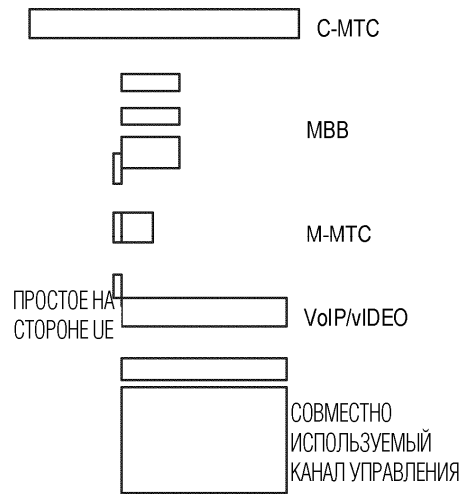
Фиг. 88



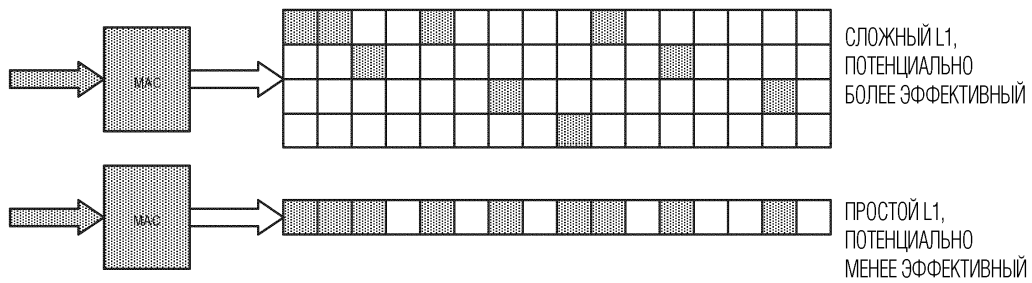
Фиг. 89



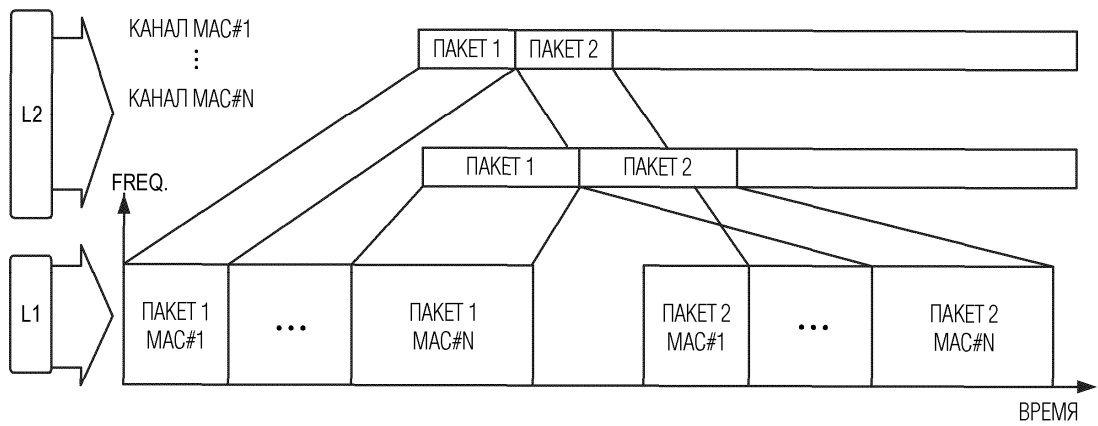
Фиг. 90



Фиг. 91



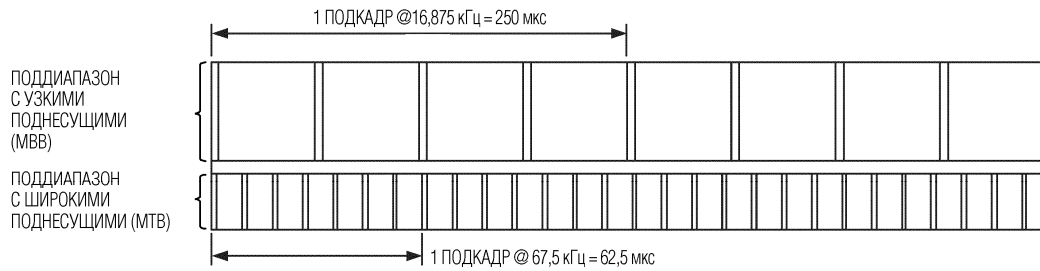
Фиг. 92



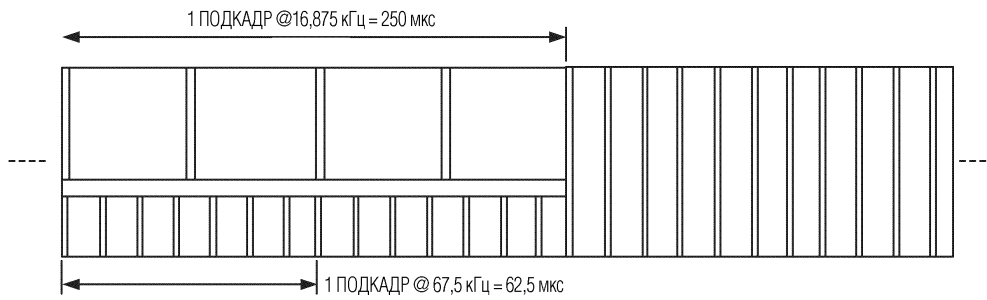
Фиг. 93



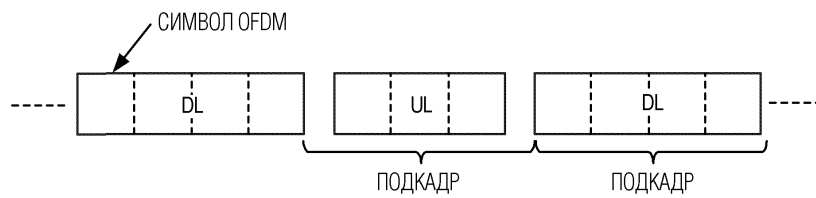
Фиг. 94



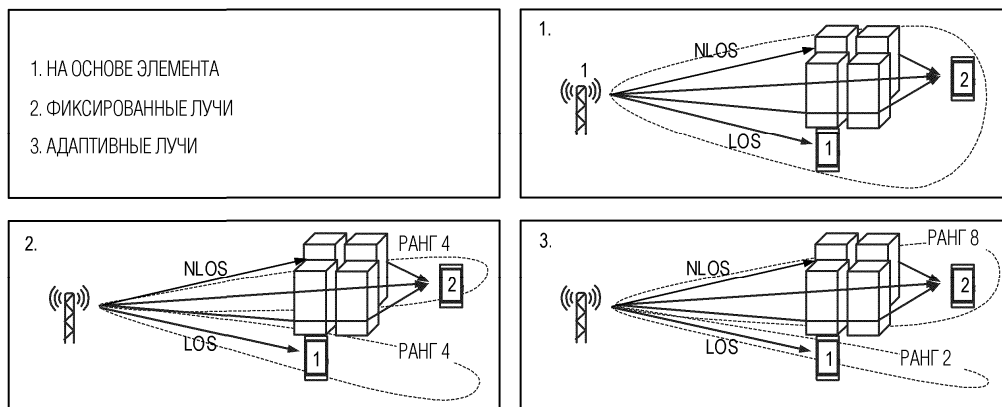
Фиг. 95



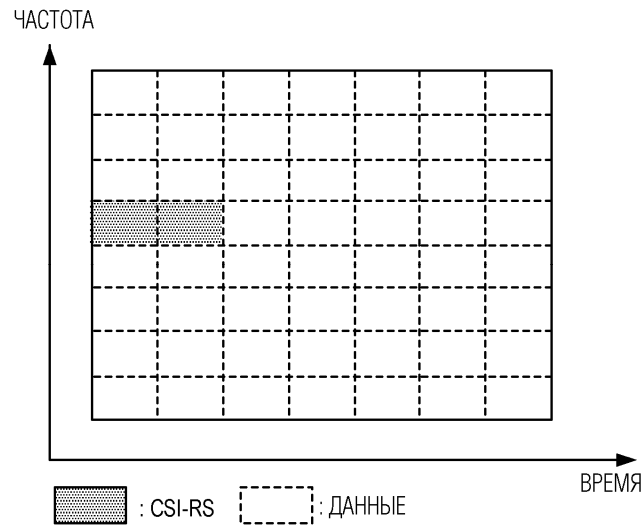
ФИГ. 96



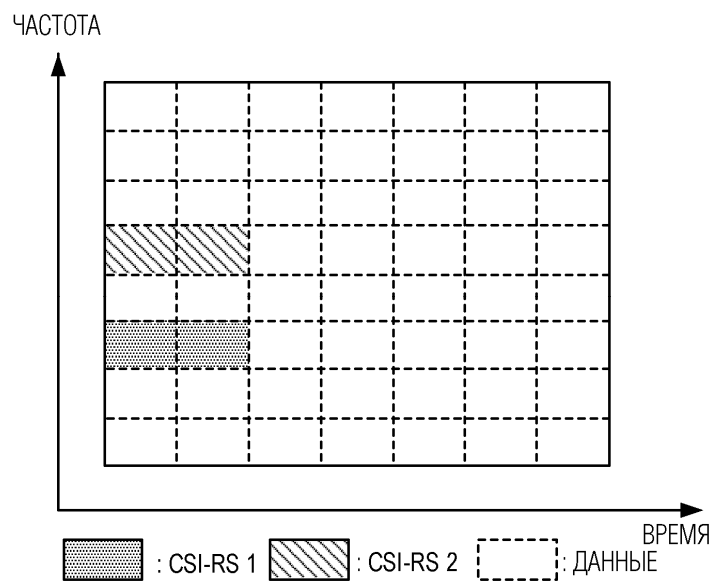
ФИГ. 97



ФИГ. 98



Фиг. 99



Фиг. 100

ОСНОВАННАЯ НА ЛУЧЕ
ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

> ТИПЫ ПОДКАДРОВ ВОСХОДЯЩЕЙ
ЛИНИИ СВЯЗИ

1. RRS
2. ДАННЫЕ + DMRS
3. ДАННЫЕ + DMRS + RSS

> ТИПЫ ПОДКАДРОВ НИСХОДЯЩЕЙ
ЛИНИИ СВЯЗИ

1. CSI-RS/CSI-IM
2. ДАННЫЕ + DMRS
3. ДАННЫЕ + DMRS + CSI-RS/CSI-M

ОСНОВАННАЯ НА КОГЕРЕНТНОЙ
ВЗАИМНОСТИ

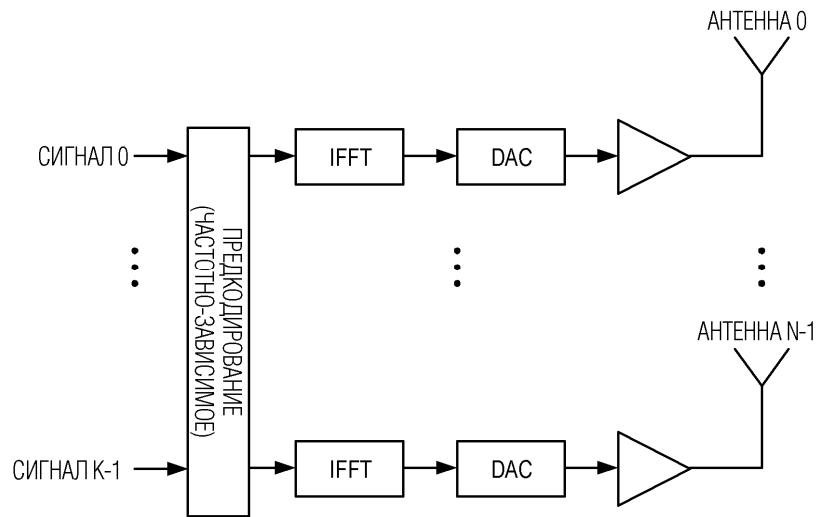
> ТИПЫ ПОДКАДРОВ ВОСХОДЯЩЕЙ
ЛИНИИ СВЯЗИ

1. RRS
2. ДАННЫЕ
3. ДАННЫЕ + RSS

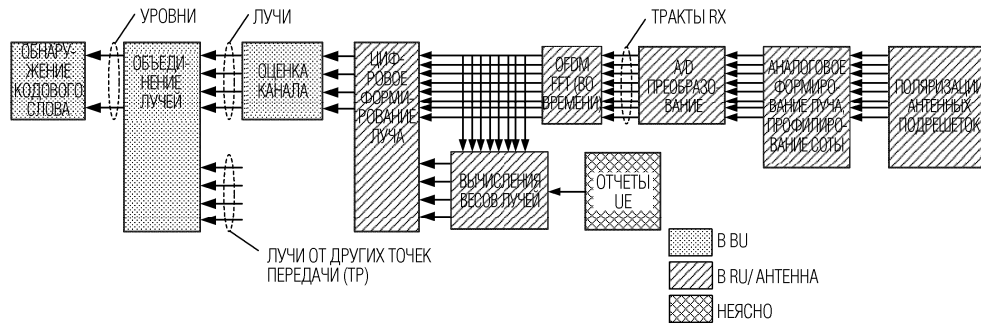
> ТИПЫ ПОДКАДРОВ НИСХОДЯЩЕЙ
ЛИНИИ СВЯЗИ

1. CSI-RS/CSI-IM
2. ДАННЫЕ + DMRS
3. ДАННЫЕ + DMRS + CSI-RS/CSI-M

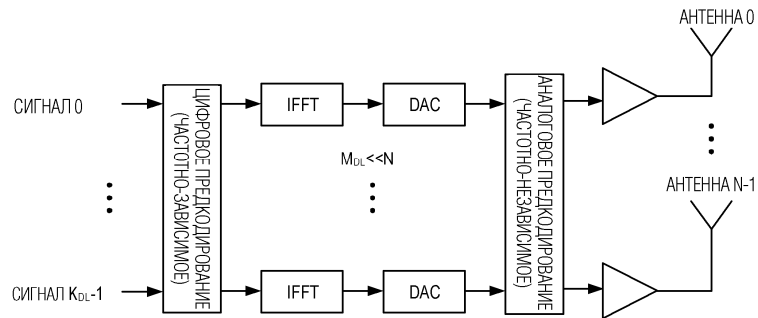
Фиг. 101



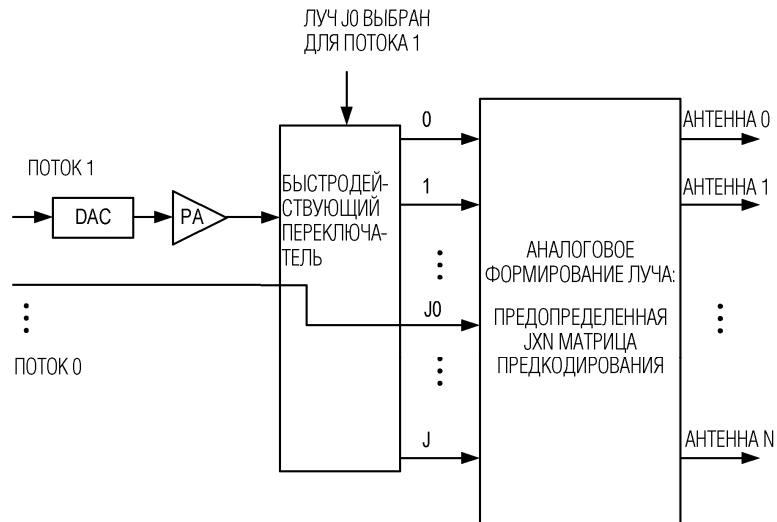
Фиг. 102



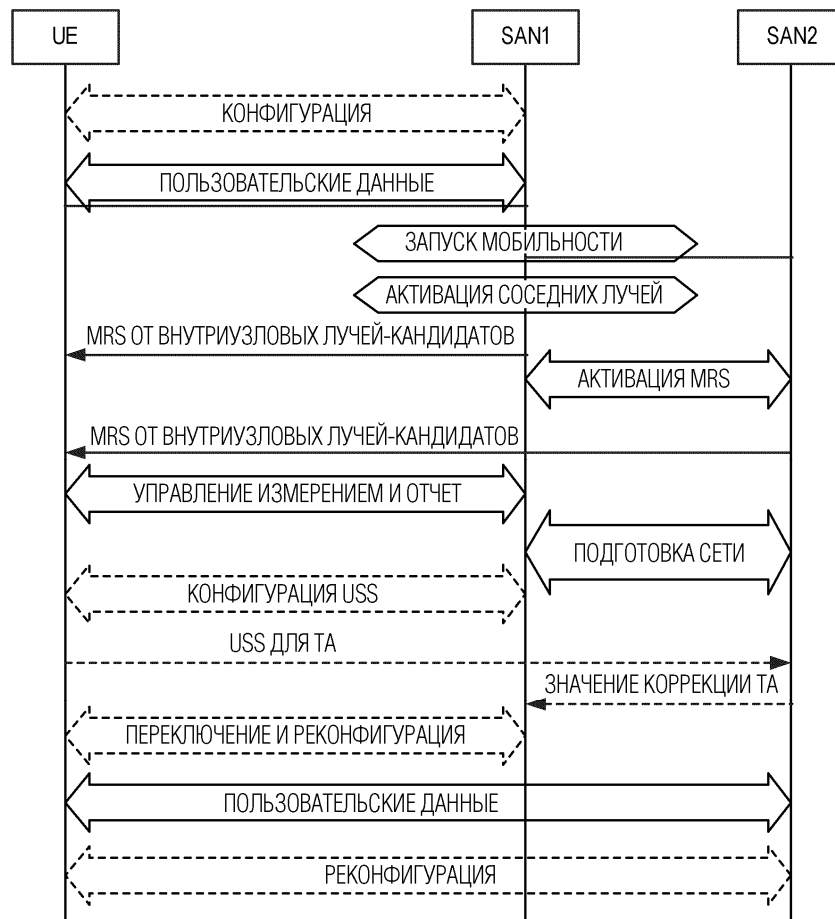
Фиг. 103



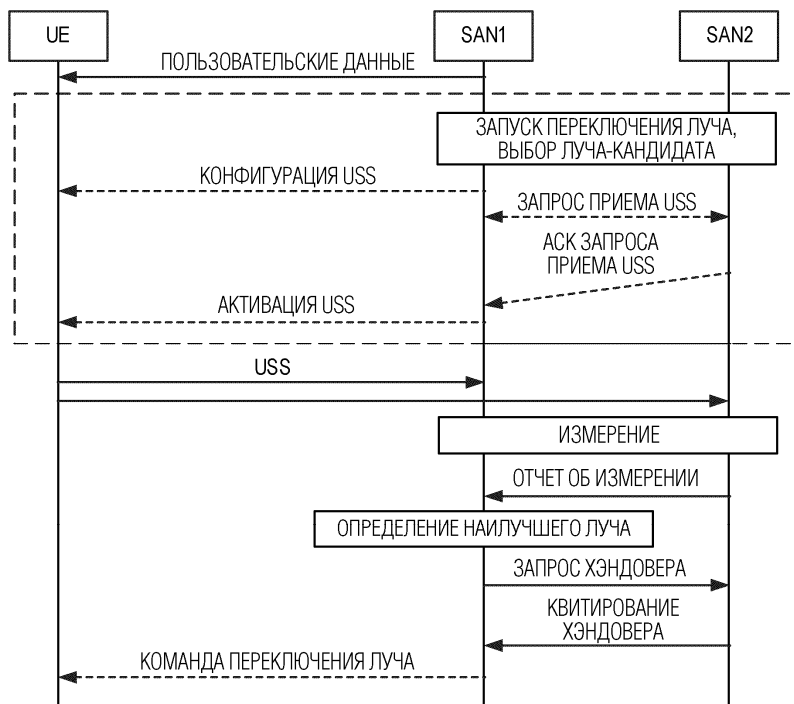
Фиг. 104



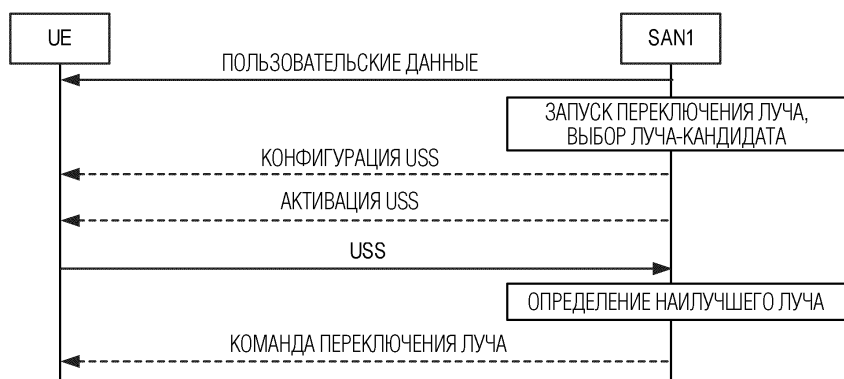
Фиг. 105



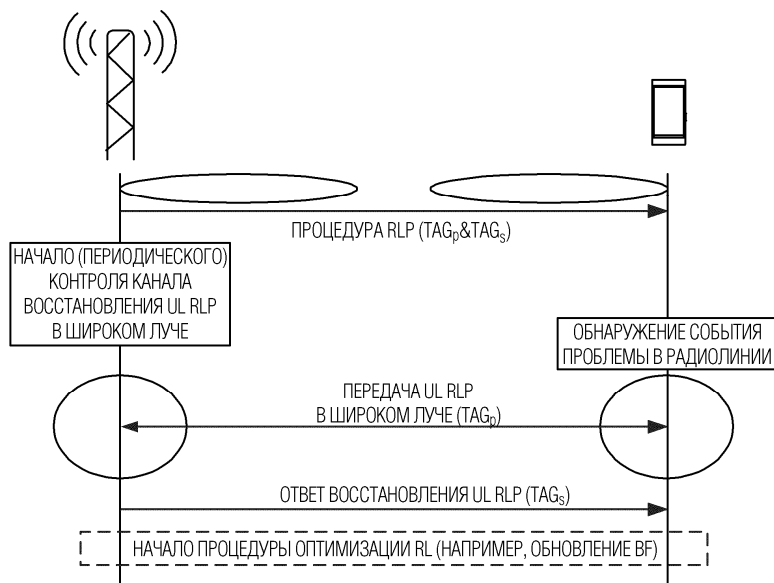
Фиг. 106



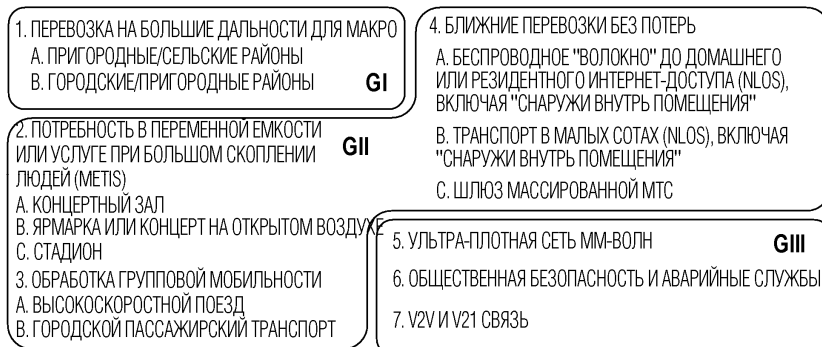
Фиг. 107



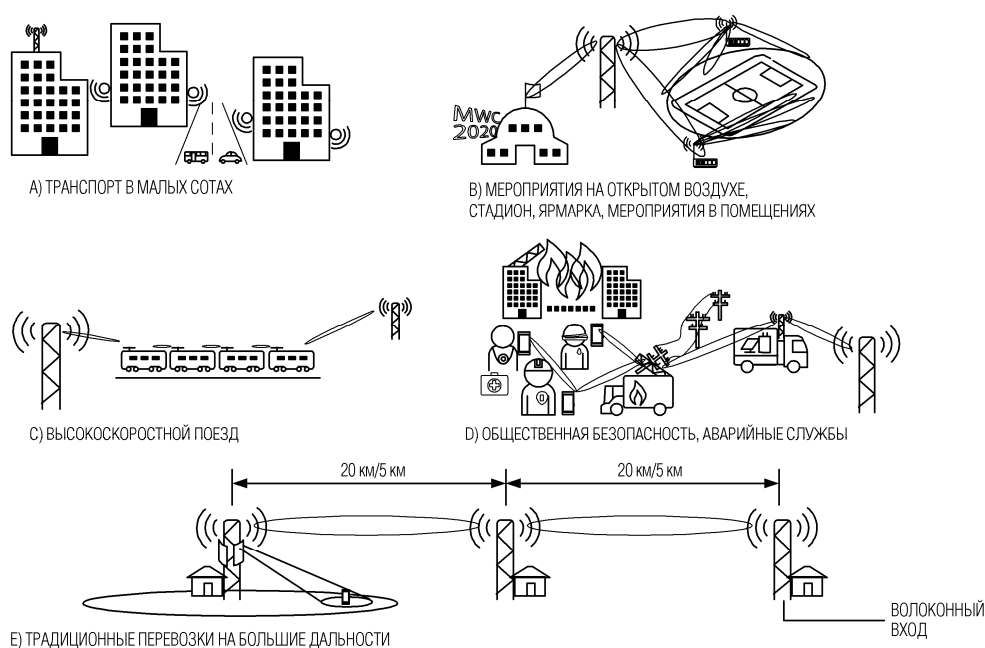
Фиг. 108



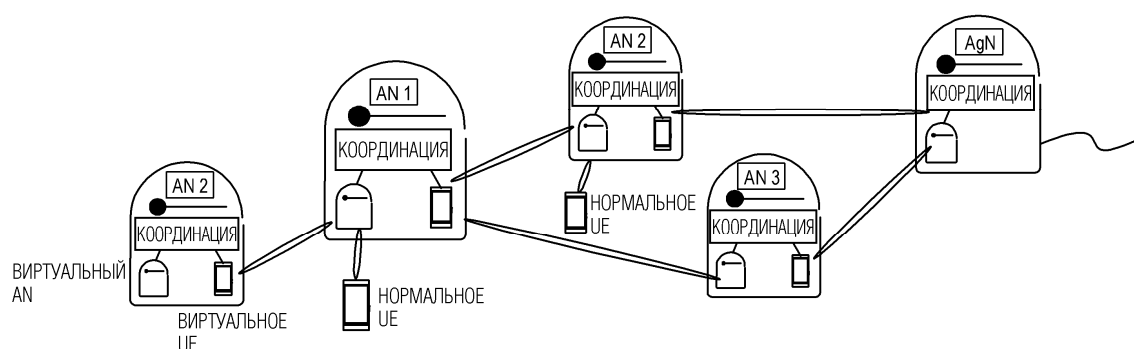
Фиг. 109



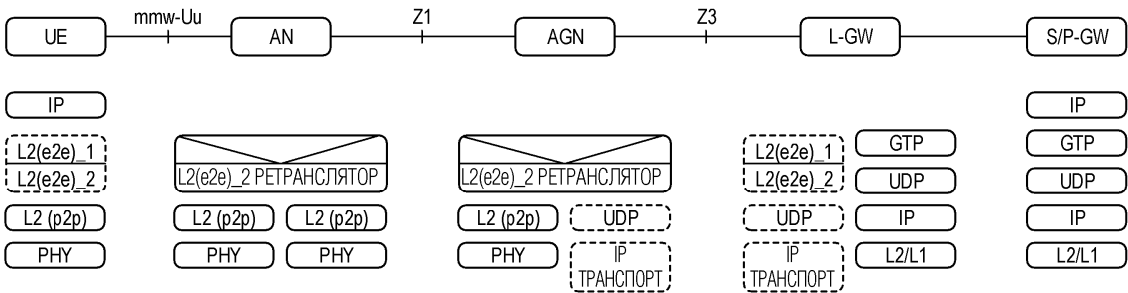
Фиг. 110



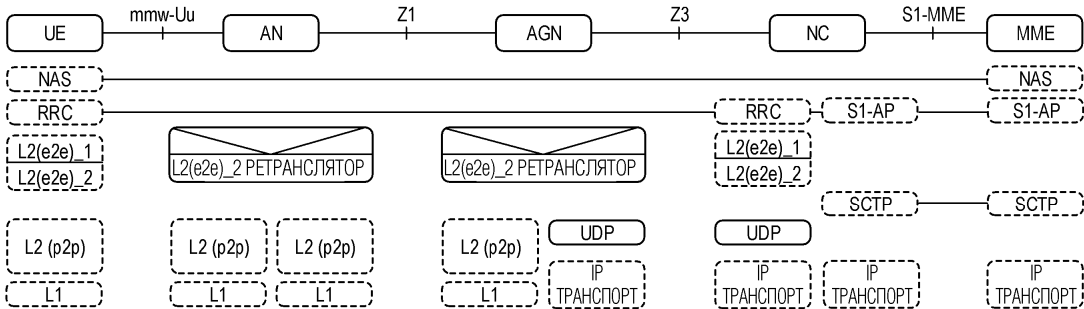
Фиг. 111



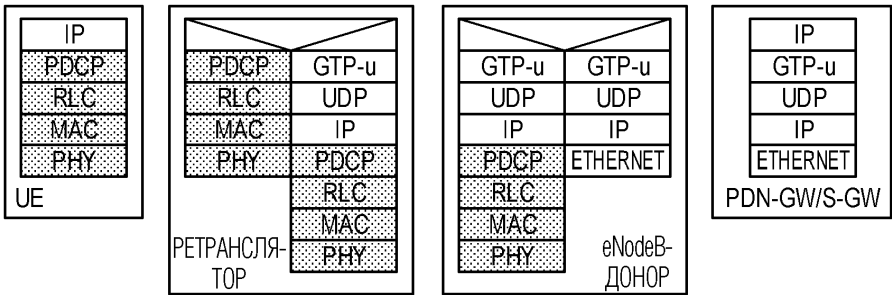
Фиг. 112



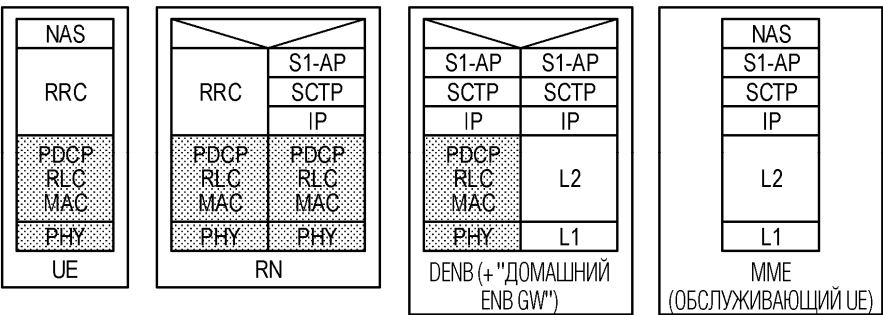
Фиг. 113



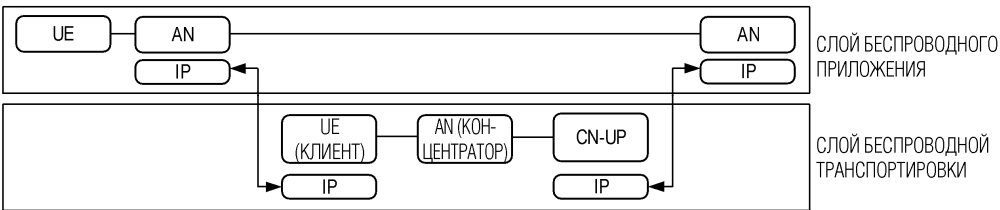
Фиг. 114



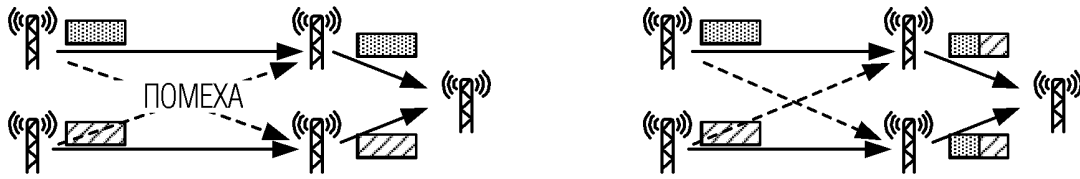
Фиг. 115



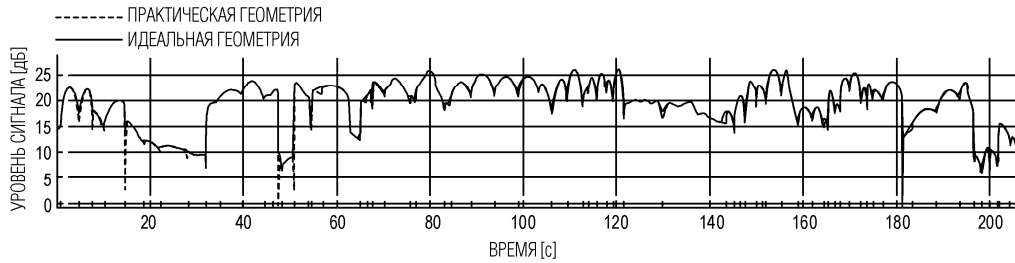
Фиг. 116



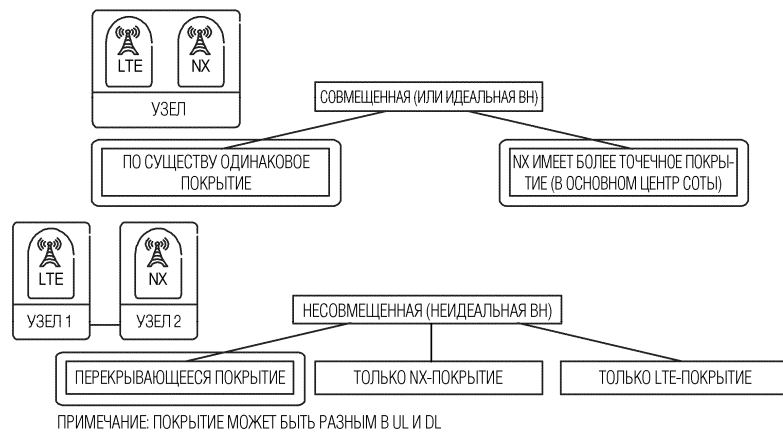
Фиг. 117



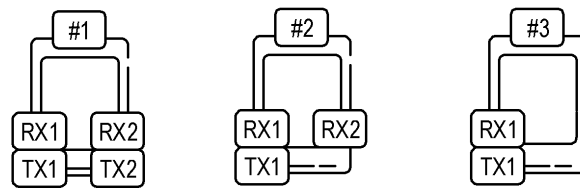
Фиг. 118



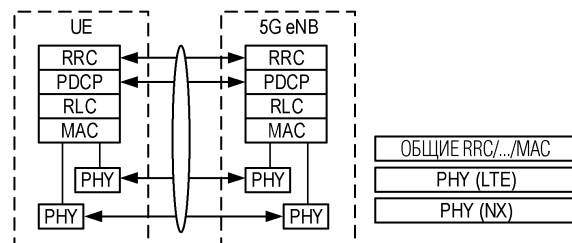
Фиг. 119



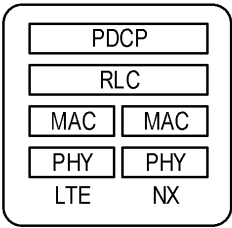
Фиг. 120



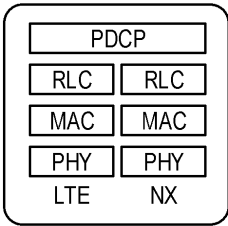
Фиг. 121



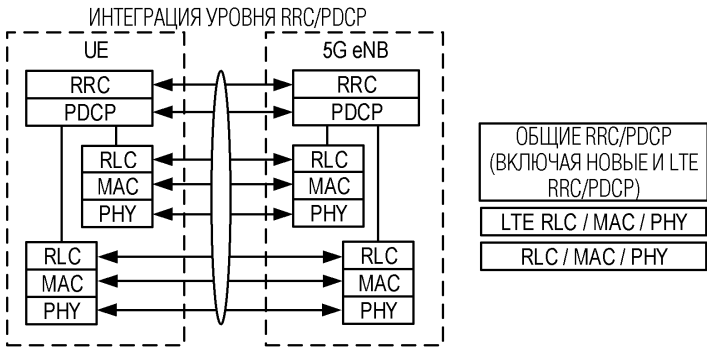
Фиг. 122



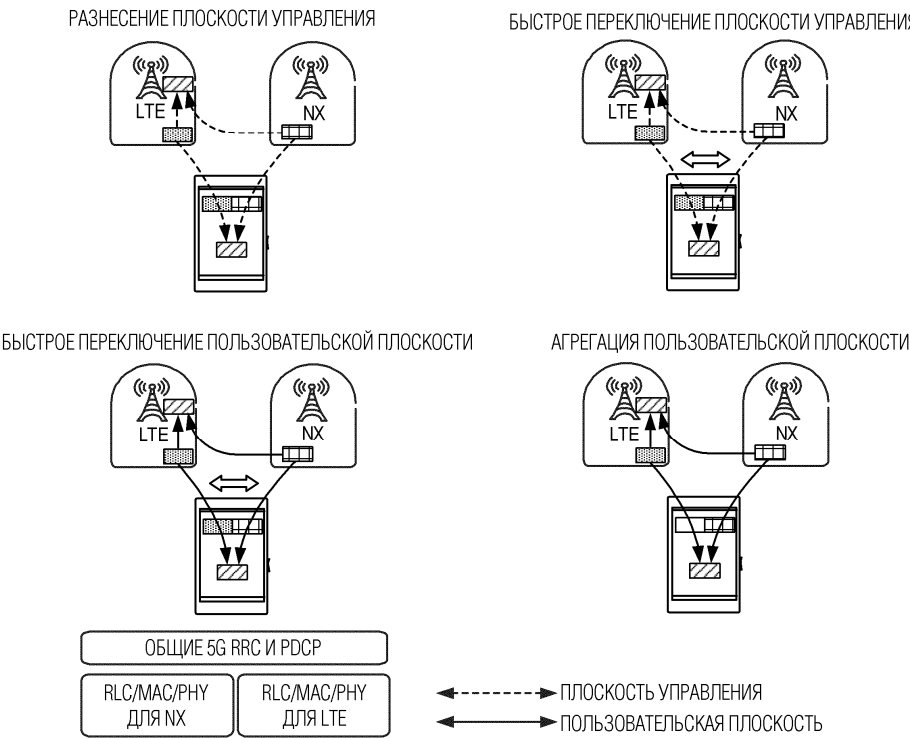
Фиг. 123



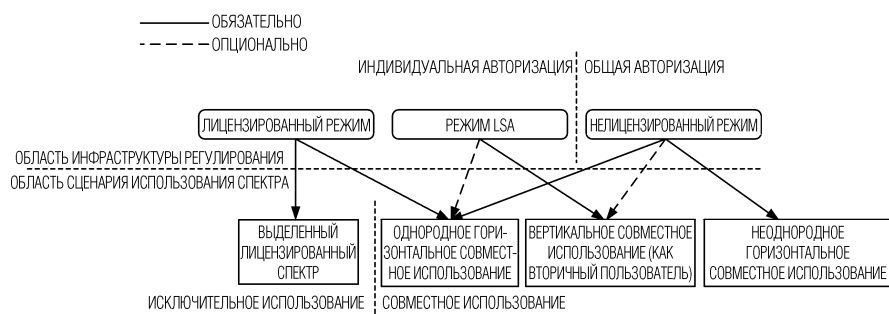
Фиг. 124



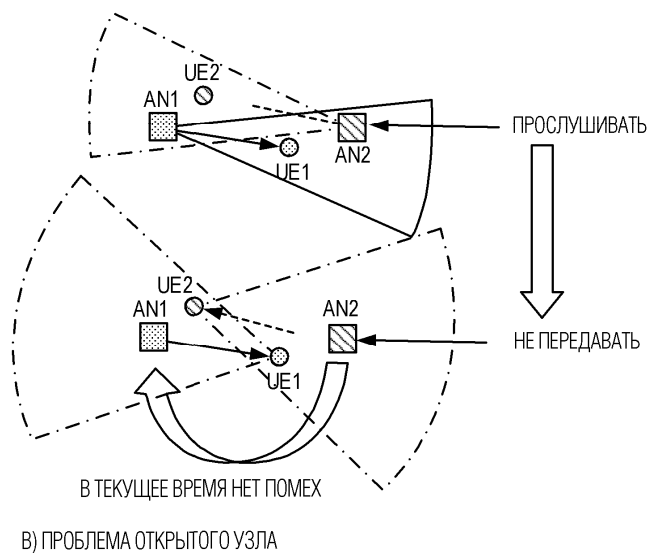
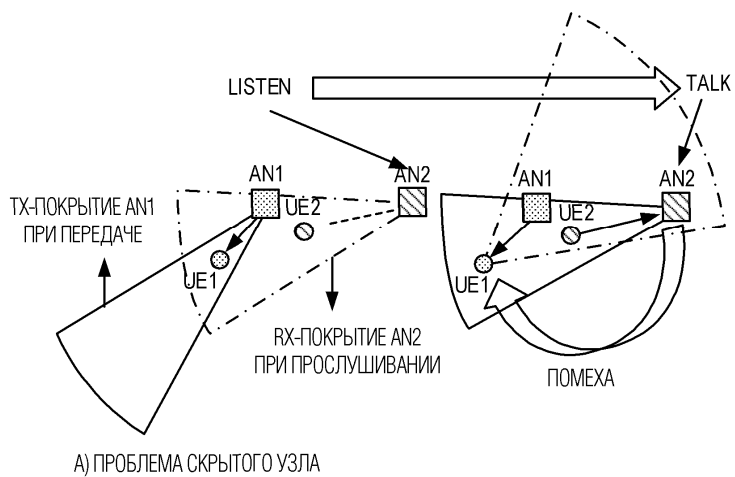
Фиг. 125



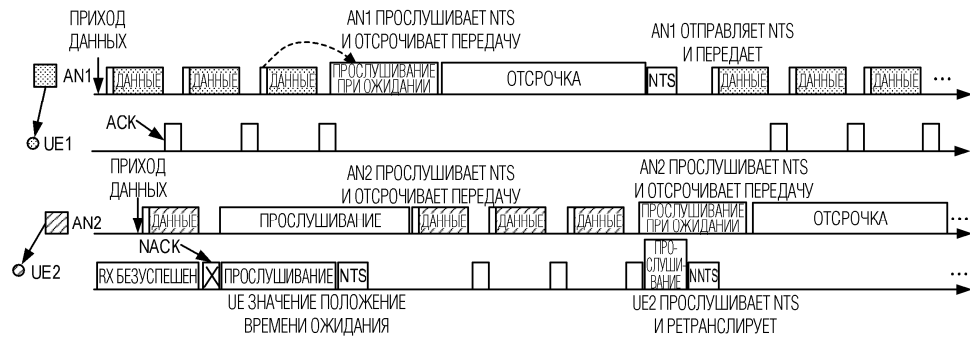
Фиг. 126



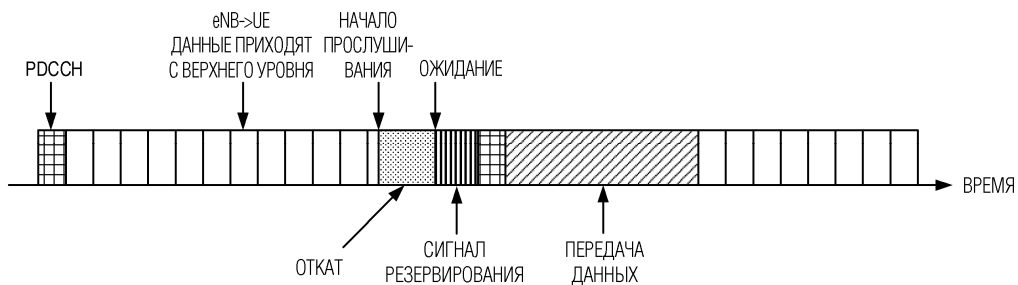
Фиг. 127



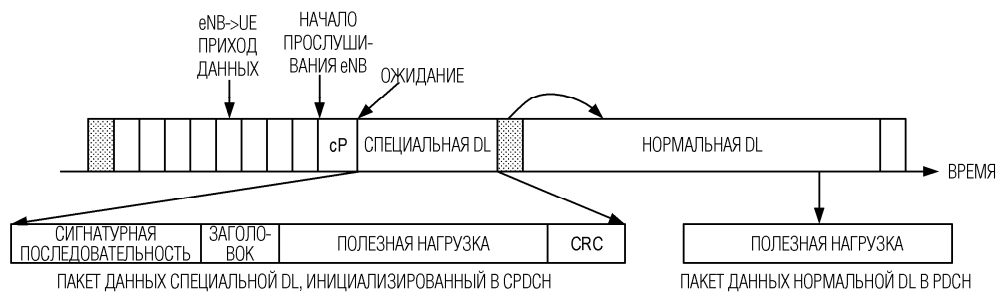
Фиг. 128



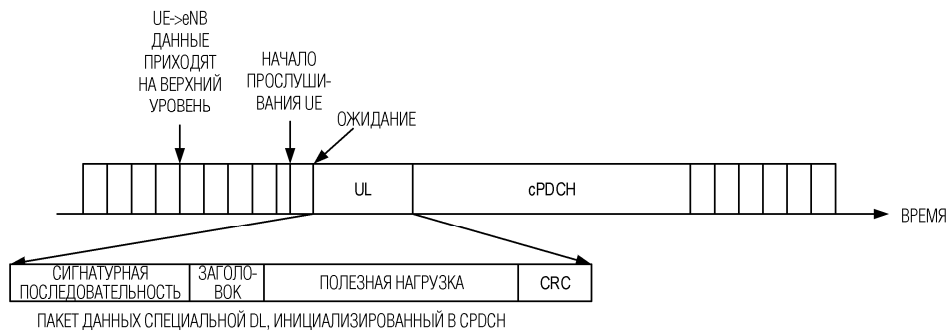
Фиг. 129



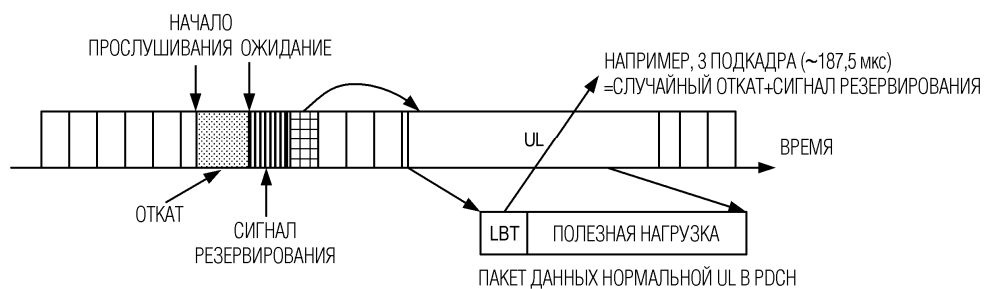
Фиг. 130



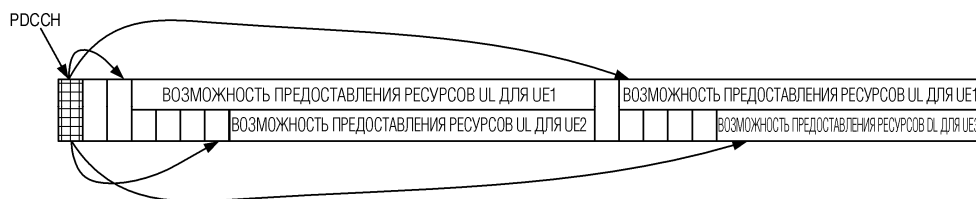
Фиг. 131



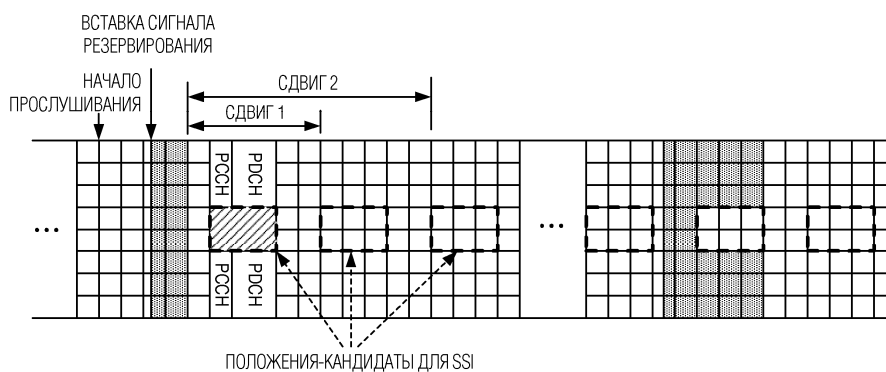
Фиг. 132



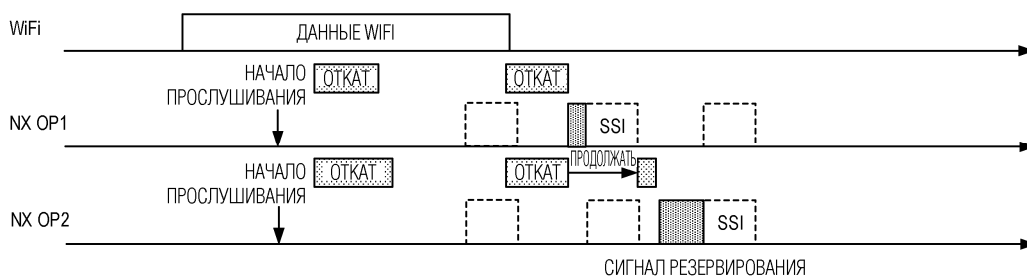
Фиг. 133



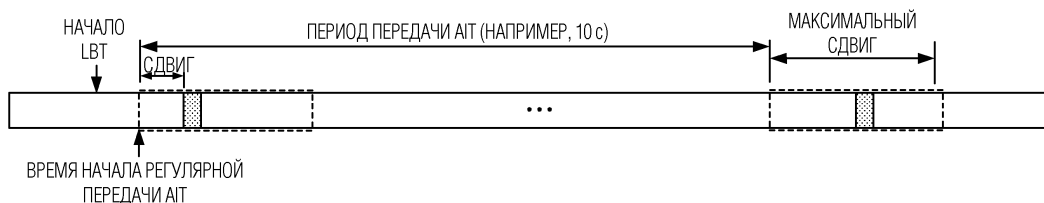
Фиг. 134



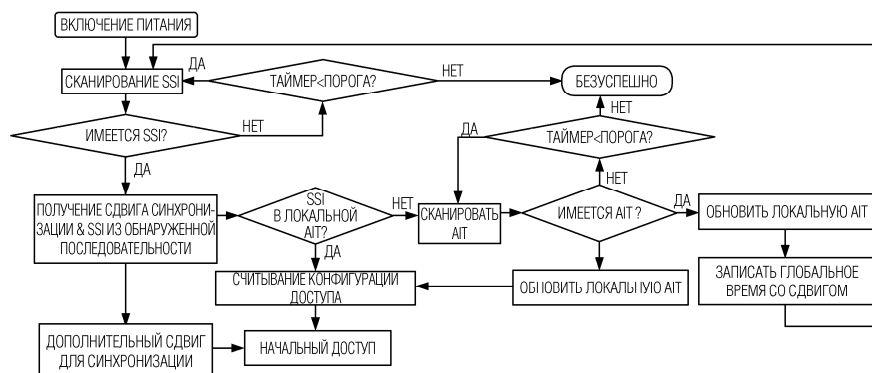
Фиг. 135



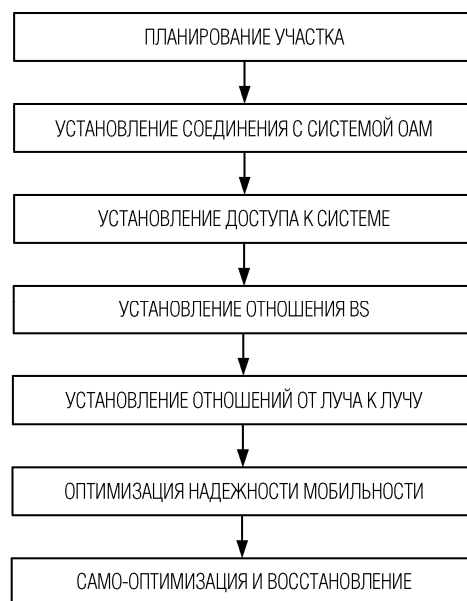
Фиг. 136



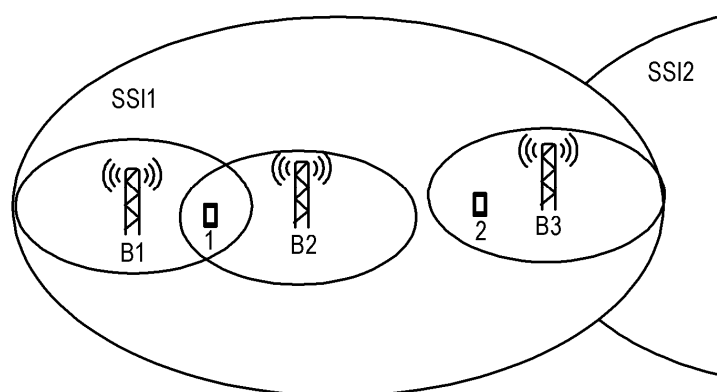
Фиг. 137



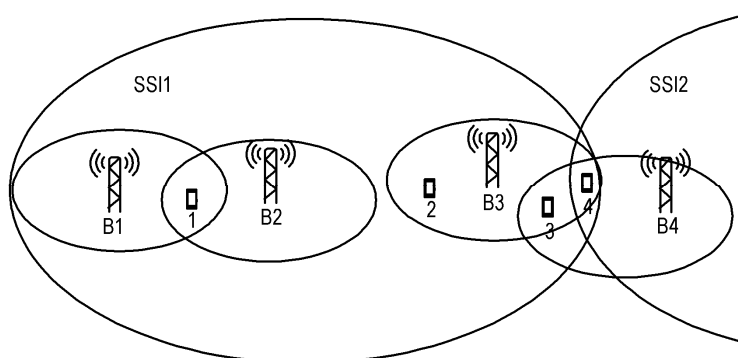
Фиг. 138



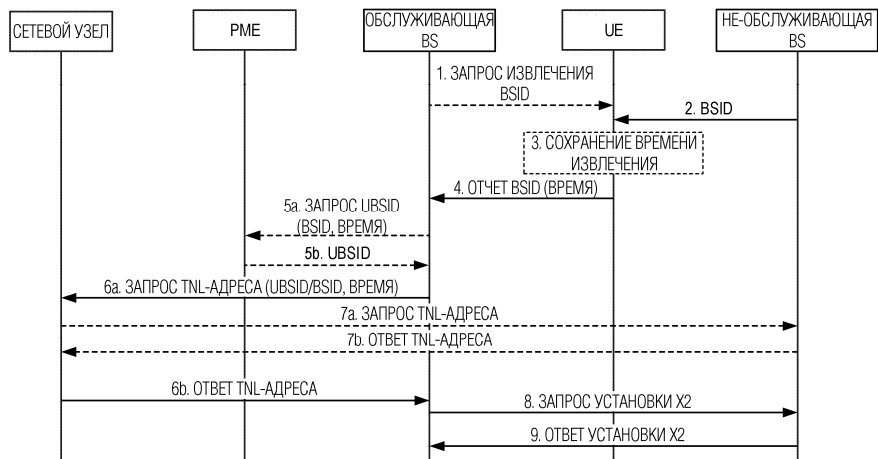
Фиг. 139



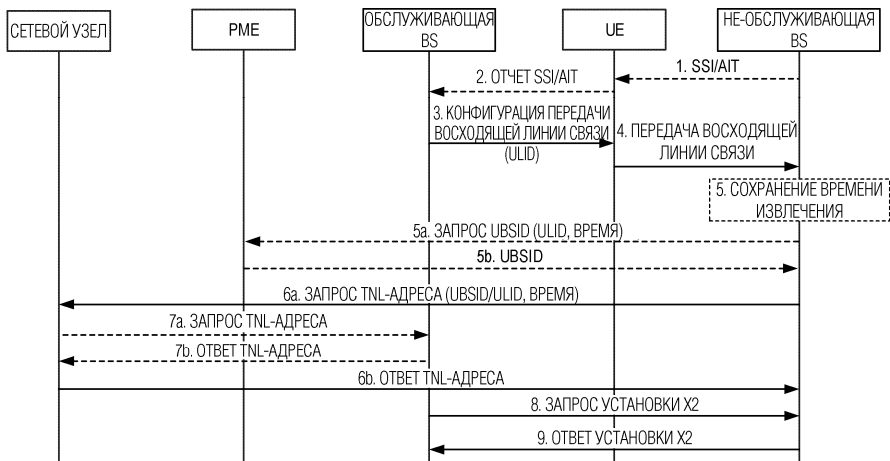
Фиг. 140



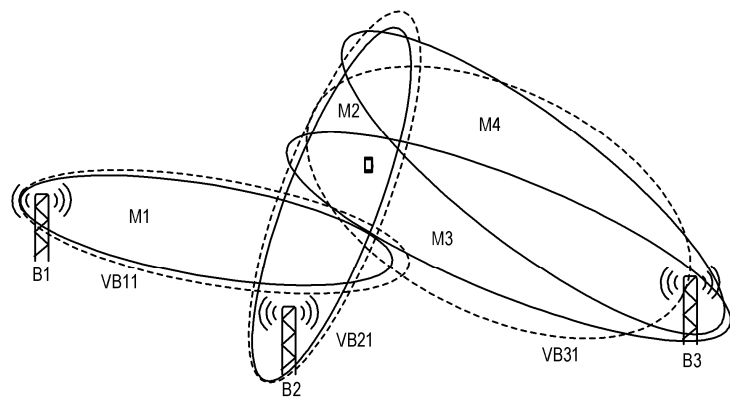
Фиг. 141



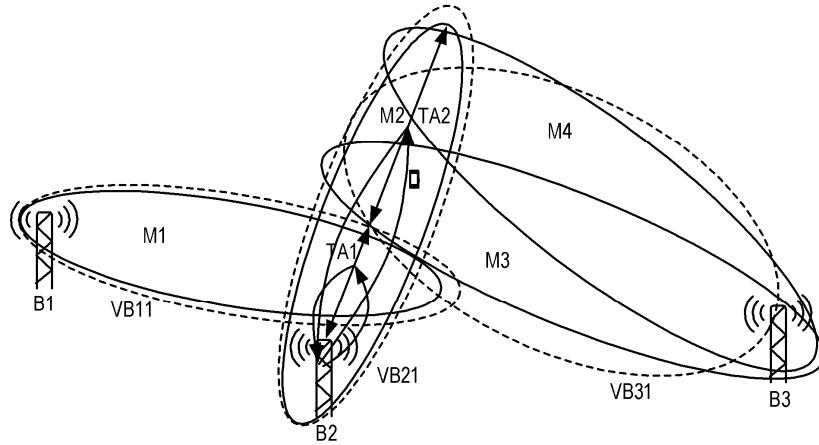
Фиг. 142



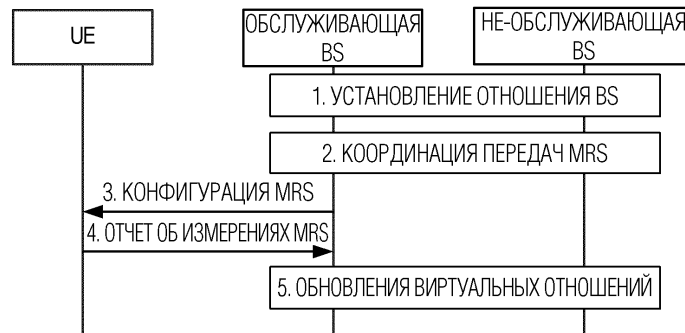
Фиг. 143



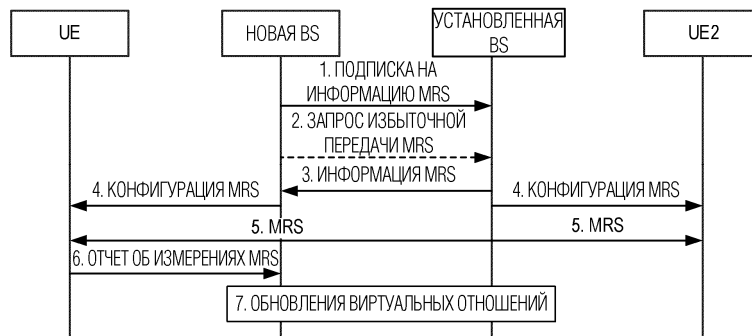
Фиг. 144



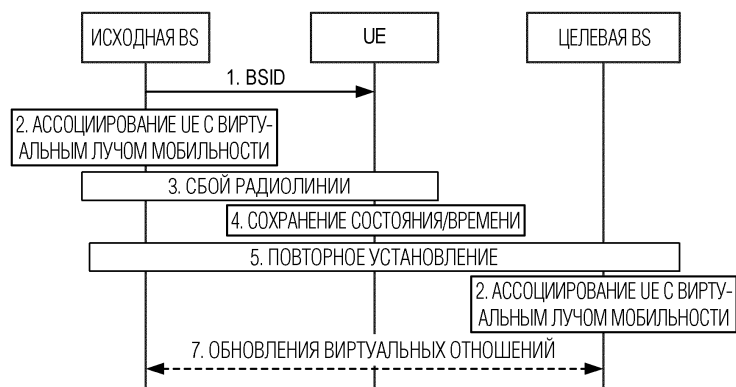
Фиг. 145



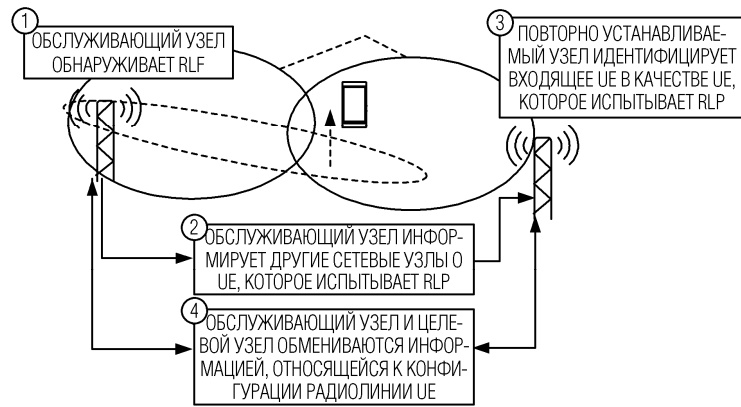
Фиг. 146



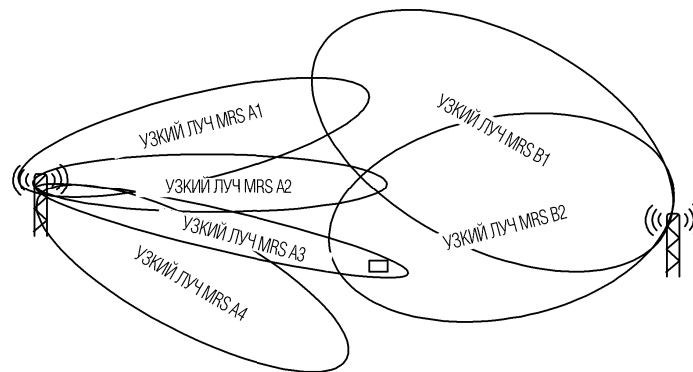
Фиг. 147



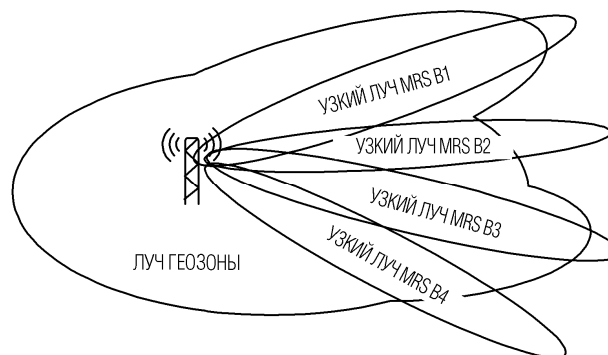
Фиг. 148



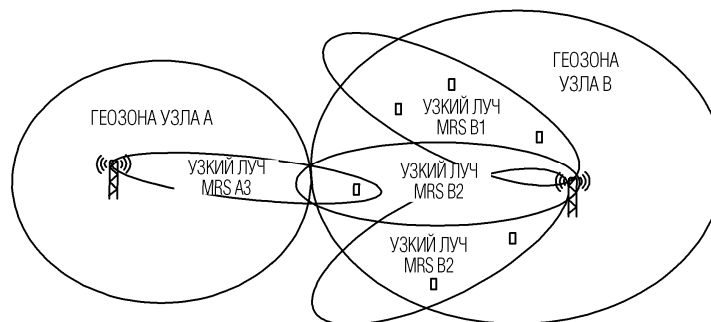
Фиг. 149



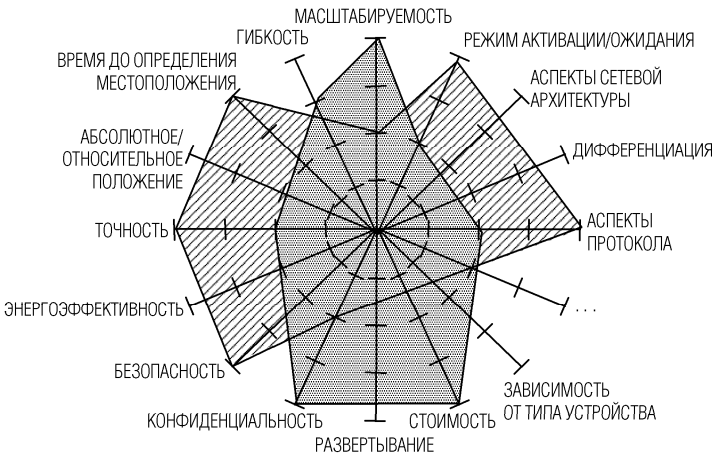
Фиг. 150



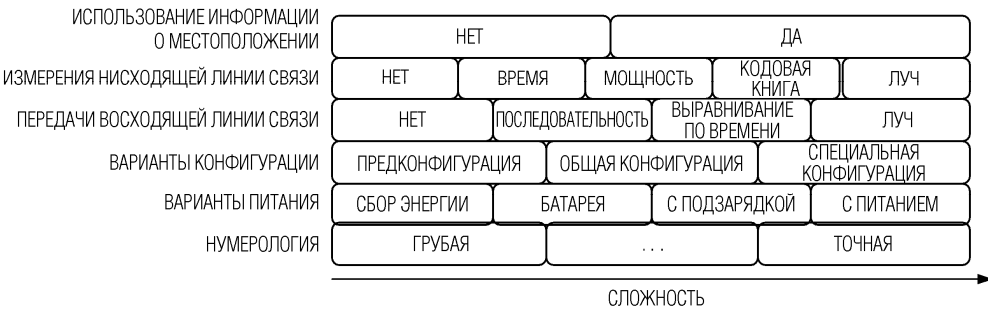
Фиг. 151



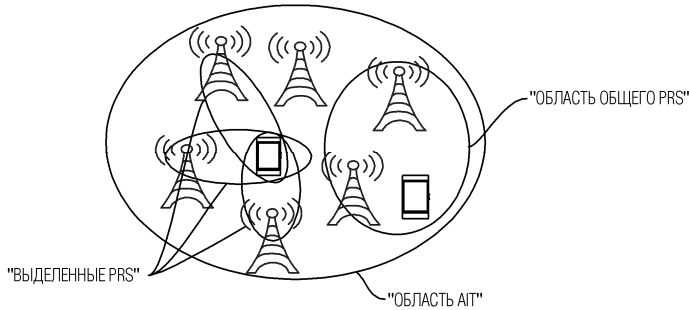
Фиг. 152



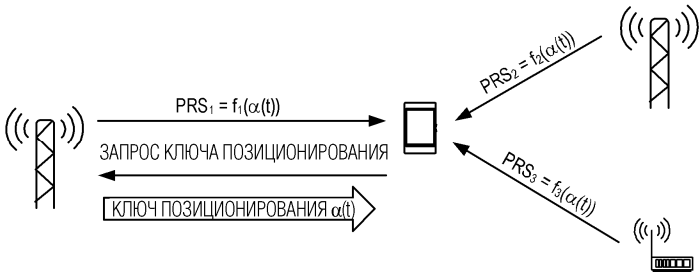
Фиг. 153



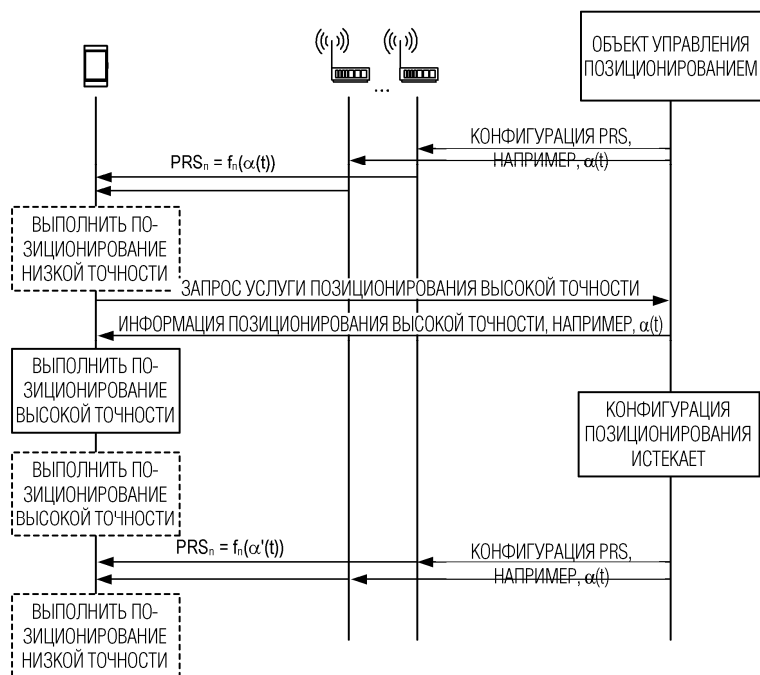
Фиг. 154



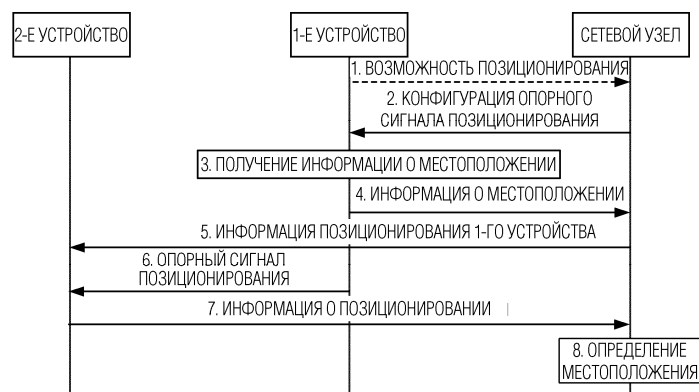
Фиг. 155



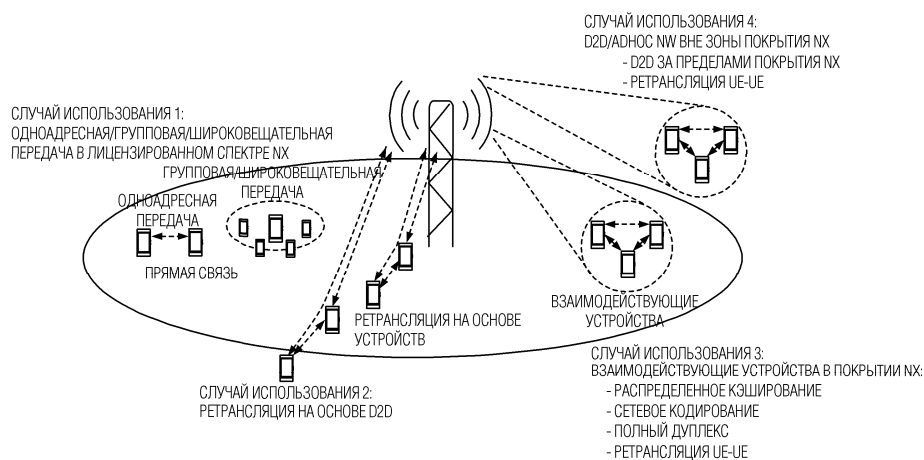
Фиг. 156



Фиг. 157



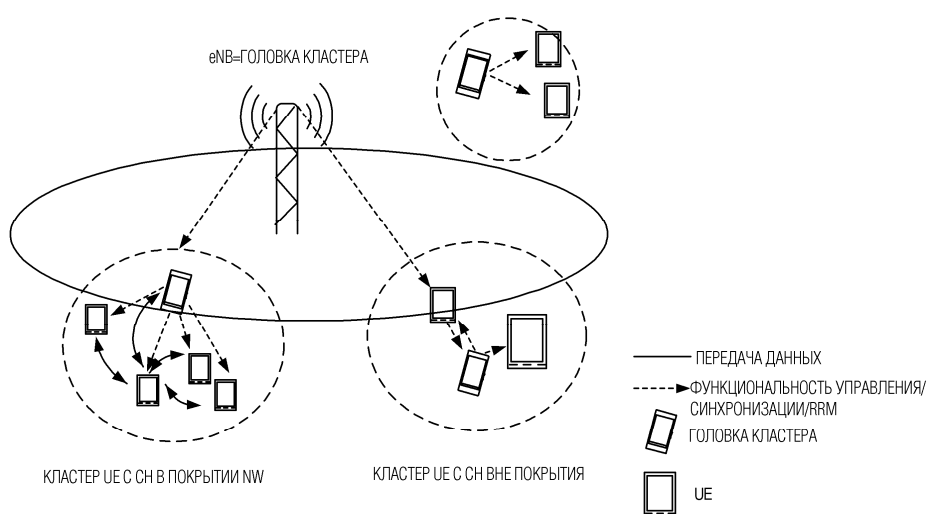
Фиг. 158



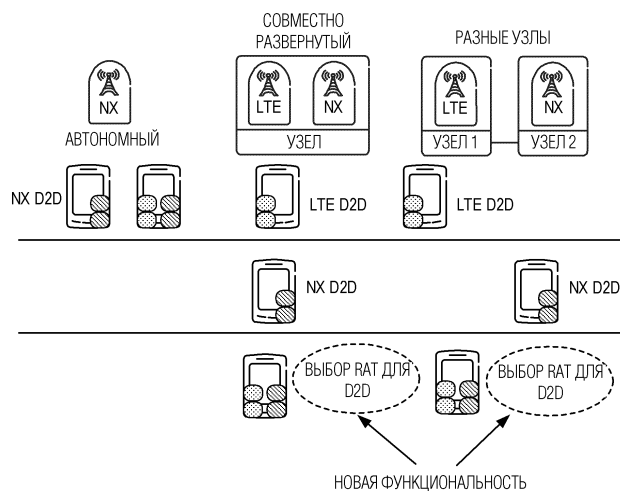
Фиг. 159

СЛУЧАЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	СТАТУС В 3GPP	ТРЕБОВАНИЕ NX
ОДНОАДРЕСНАЯ ПЕРЕДАЧА В ПОКРЫТИИ NX (В ЛИЦЕНЗИРОВАННОМ СПЕКТРЕ NX) (СЛУЧАЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 1)	- НЕТ В 3GPP - ДОСТУПНА КОНЦЕПЦИЯ FRA/LIGER	ДОЛЖНА ПОДДЕРЖИВАТЬСЯ ОДНОАДРЕСНАЯ ПЕРЕДАЧА D2D В СОТОВОМ СПЕКТРЕ
ГРУППОВАЯ/ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНАЯ ПЕРЕДАЧА В ПОКРЫТИИ NX (В ЛИЦЕНЗИРОВАННОМ СПЕКТРЕ NX) (СЛУЧАЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 1)	- ДОСТУПНО В 3GPP - ДОСТУПНА КОНЦЕПЦИЯ FRA/LIGER	УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ (ПРОПРИЕТАРНЫХ) ХАРАКТЕРИСТИК (В ТЕРМИНАХ SE/EE/ЗАДЕРЖКИ/НАДЕЖНОСТИ/...)
РЕТРАНСЛЯЦИЯ НА ОСНОВЕ D2D (UE-UE) (СЛУЧАЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 2)	- ДОСТУПНО В 3GPP(R13 В РАЗРАБОТКЕ) - ДОСТУПНА КОНЦЕПЦИЯ FRA/LIGER	УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ (ПРОПРИЕТАРНЫХ) РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК (В ТЕРМИНАХ SE/EE/ЗАДЕРЖКИ/НАДЕЖНОСТИ/...)
ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА В ПОКРЫТИИ NX (СЛУЧАЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3)	- НЕДОСТУПНО В 3GPP - НЕТ ВНУТРЕННЕЙ КОНЦЕПЦИИ	ВЫПОЛНЯЕТСЯ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ИДЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ВЫИГРЫШЕЙ. ТРЕБОВАНИЯ НЕ СПЕЦИФИЦИРОВАНЫ
D2D/АДНОС NW ВНЕ ЗОНЫ ПОКРЫТИЯ NX (СЛУЧАЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 4)	- ДОСТУПНО В 3GPP(ДЛЯ ГРУППОВОЙ/ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ, НЕТ РЕТРАНСЛЯЦИИ UE-UE) - ДОСТУПНА КОНЦЕПЦИЯ FRA/LIGER (РЕТРАНСЛЯЦИЯ UE-UE ТОЛЬКО В FRA	УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ (ПРОПРИЕТАРНЫХ) РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК (В ТЕРМИНАХ SE/EE/ЗАДЕРЖКИ/НАДЕЖНОСТИ/...)

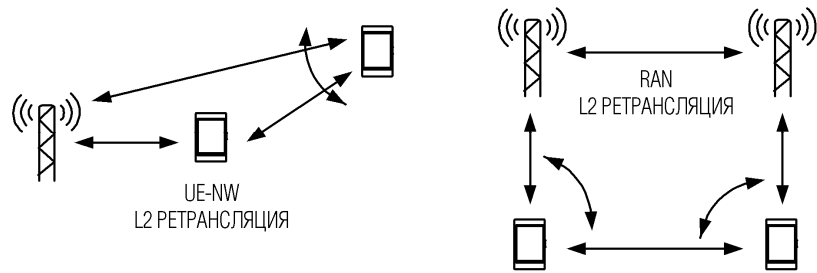
Фиг. 160



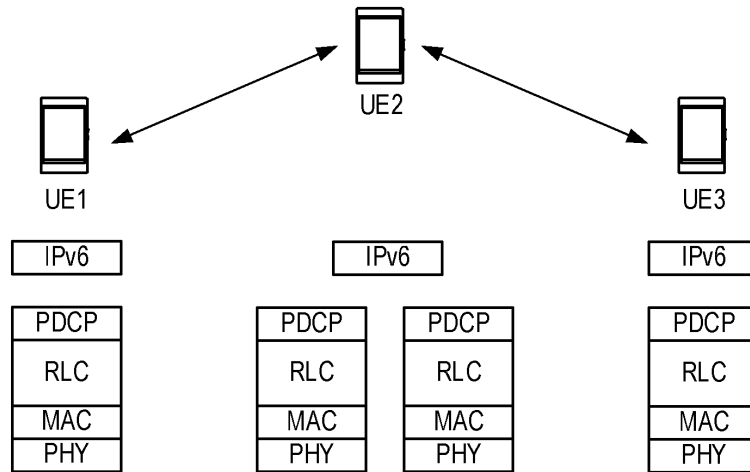
Фиг. 161



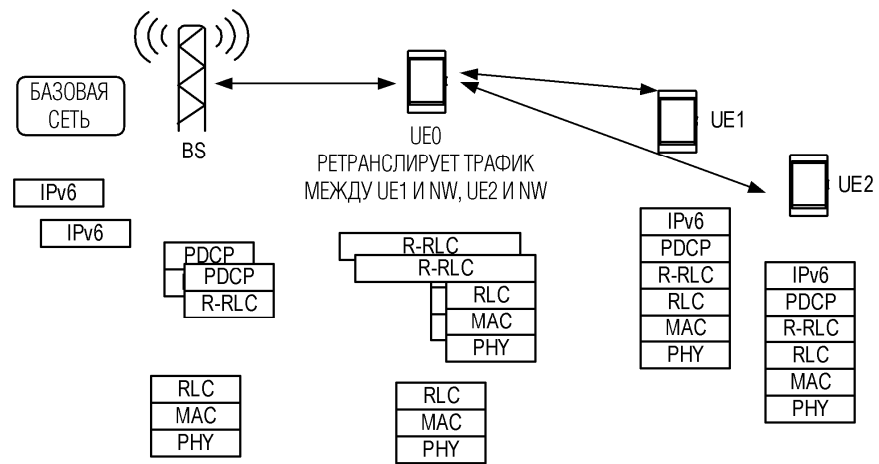
Фиг. 162



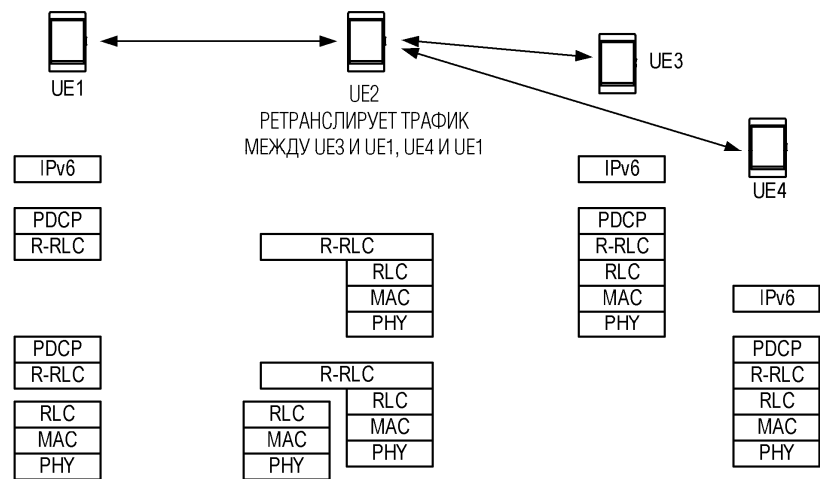
Фиг. 163



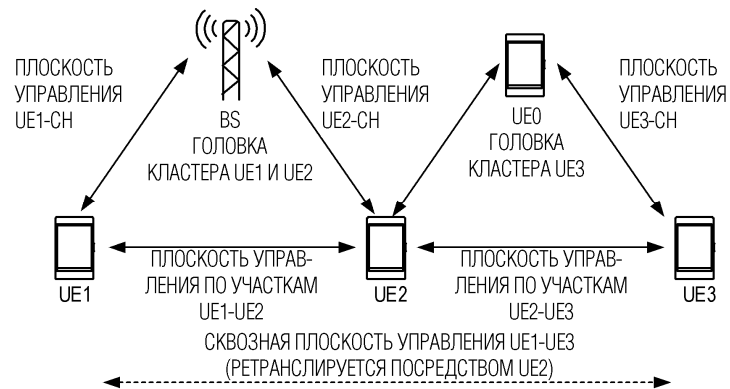
Фиг. 164



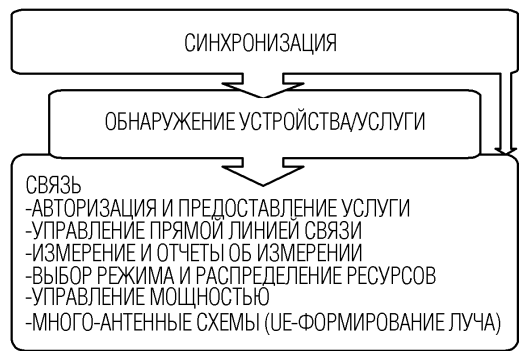
Фиг. 165



Фиг. 166



Фиг. 167



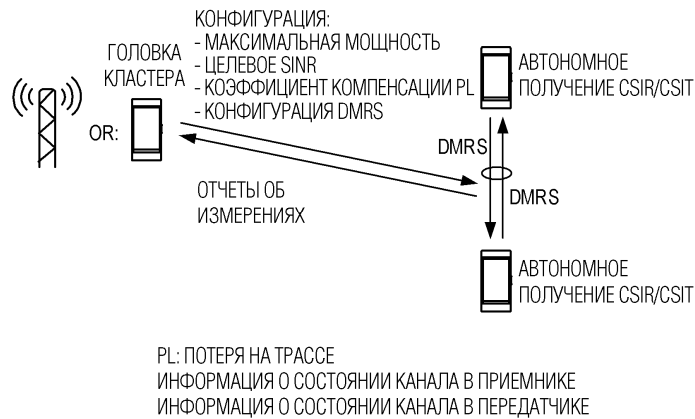
Фиг. 168

Функция управления прямой линией связи (пример)	Требование	Комментарий
Запуск маяков обнаружения широкоэвщательной передачи (оповещение/ запрос)	Должен поддерживаться в покрьтии, вне покрьтия, частичном покрьтии (в терминах оповещения и обнаружения UE)	Ресурсы времени/ частоты и другие параметры конфигурации могут предоставляться (предварительно конфигурироваться) или динамически распределяться
Установление совместно используемого канала прямой линии связи с конкретными одноранговыми UE (например, UE3-UE4)	Должно поддерживаться в покрьтии, вне покрьтия, частичном покрьтии (для любого из UE) "управление разрешением" прямой линии может выполняться NW	Управление разрешением для прямой линии должно быть возможно при покрьтии NW и использовании "сотовых ресурсов" (во владении eNB)
Запуск широкоэвщательной/ групповой передачи к набору одноранговых UE	Должен поддерживаться в покрьтии, вне покрьтия, частичном покрьтии (для любого участника широкоэвщательной передачи)	Должно поддерживаться управление группой многоадресной передачи посредством NW и должна поддерживаться многоадресная передача

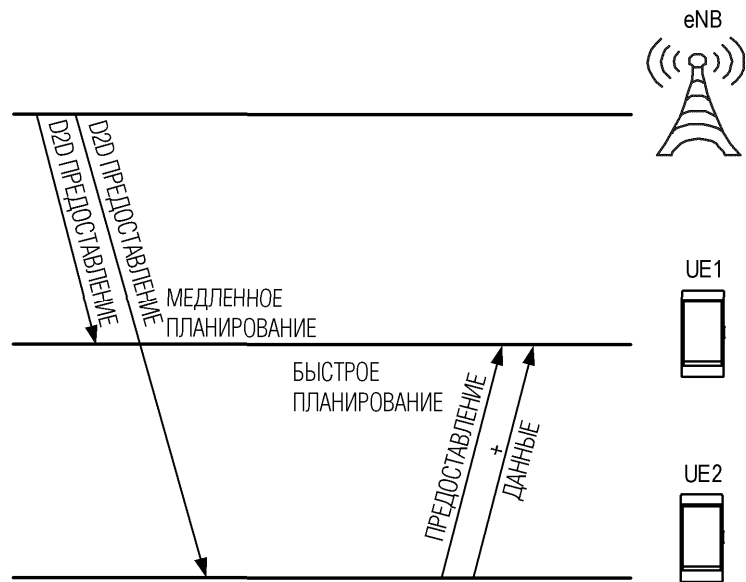
Фиг. 169

ЦЕЛЬ ИЗМЕРЕНИЯ	НА КАКОМ СИГНАЛЕ ИЗМЕРЯТЬ	КУДА НАПРАВЛЯТЬ ОТЧЕТ
СИНХРОНИЗАЦИЯ	СИГНАЛЫ СИНХРОНИЗАЦИИ	
ОБНАРУЖЕНИЕ ОДНОРАНГОВЫХ УСТРОЙСТВ	МАЯКИ ОБНАРУЖЕНИЯ	-eNB -БОЛЕЕ ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ -ОДНОРАНГОВОЕ UE
ВЫБОР РЕЖИМА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ (ПУЛА)	МАЯКИ ОБНАРУЖЕНИЯ И ОПОРНЫЕ СИГНАЛЫ D2D/NX	-eNB -БОЛЕЕ ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ -ОДНОРАНГОВОЕ UE
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ В ПУЛЕ РЕСУРСОВ	ОПОРНЫЕ СИГНАЛЫ D2D/NX	-БОЛЕЕ ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ -ОДНОРАНГОВОЕ UE
УПРАВЛЕНИЕ МОЩНОСТЬЮ	ОПОРНЫЕ СИГНАЛЫ D2D/NX	
ДЕМОДУЛЯЦИЯ (CSIR)	"DMRS"	
ВЫБОР ПРЕДКОДЕРА (CSIT)	"DMRS"	

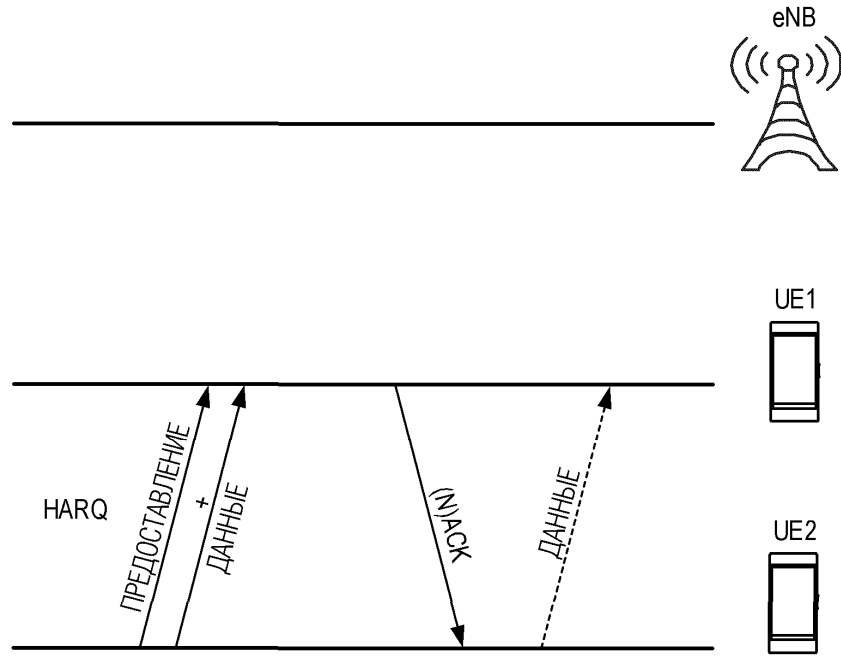
Фиг. 170



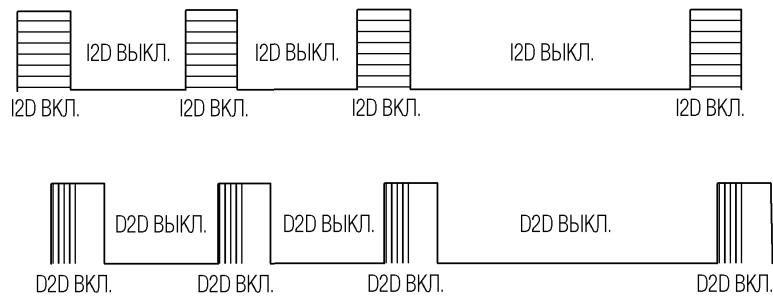
Фиг. 171



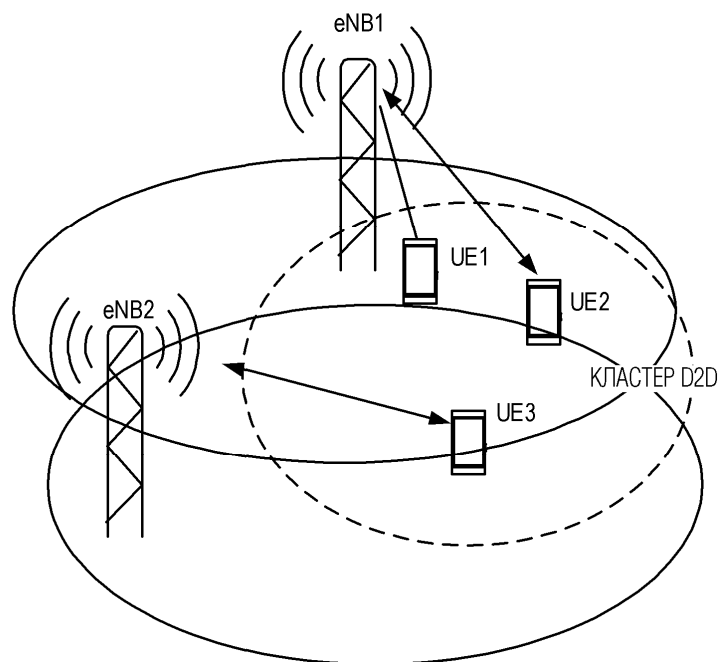
Фиг. 172



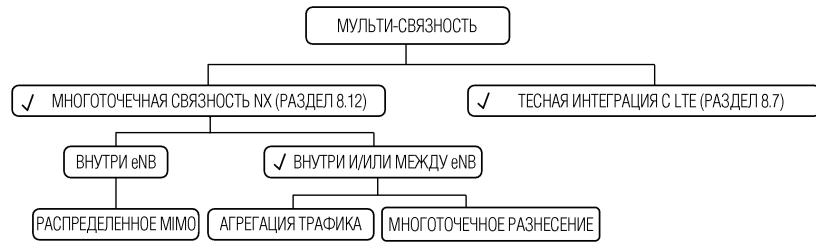
Фиг. 173



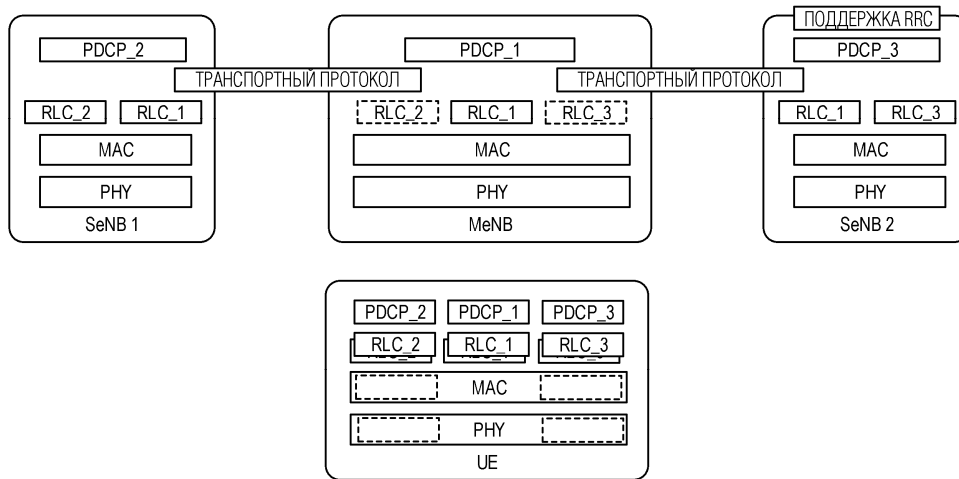
Фиг. 174



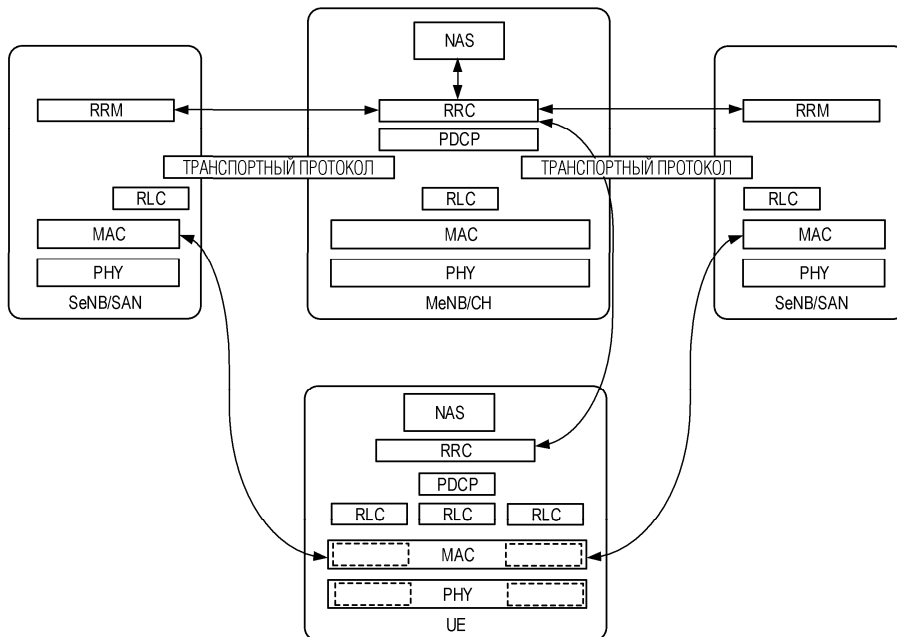
Фиг. 175



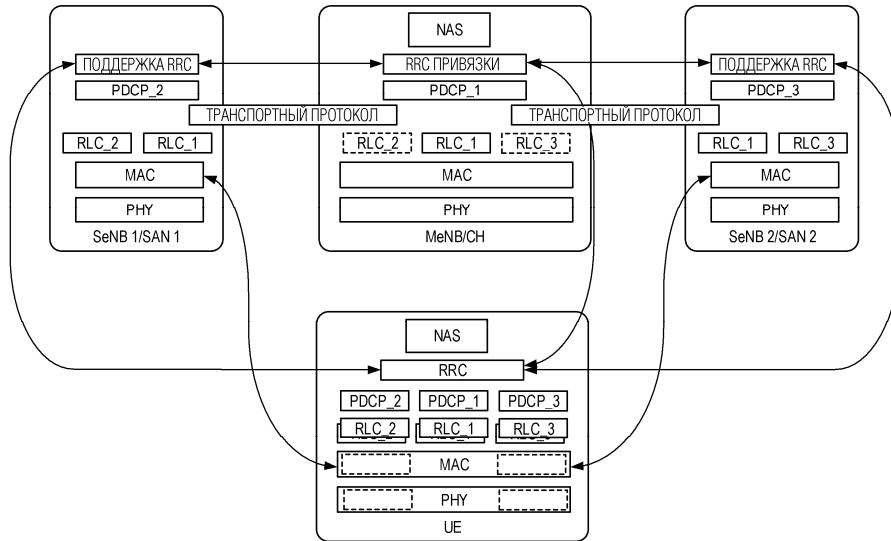
Фиг. 176



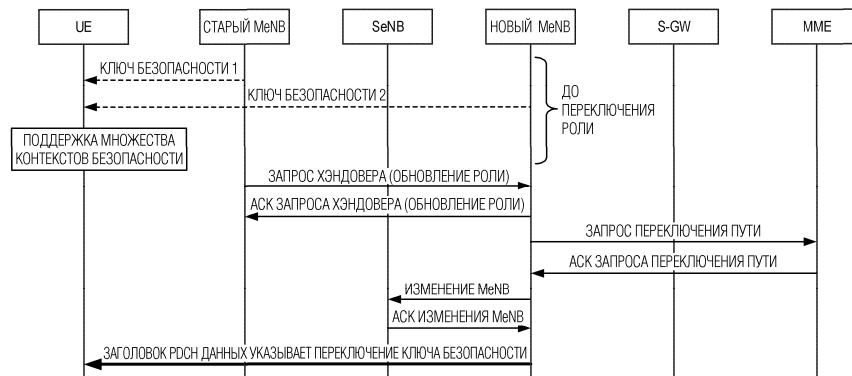
Фиг. 177



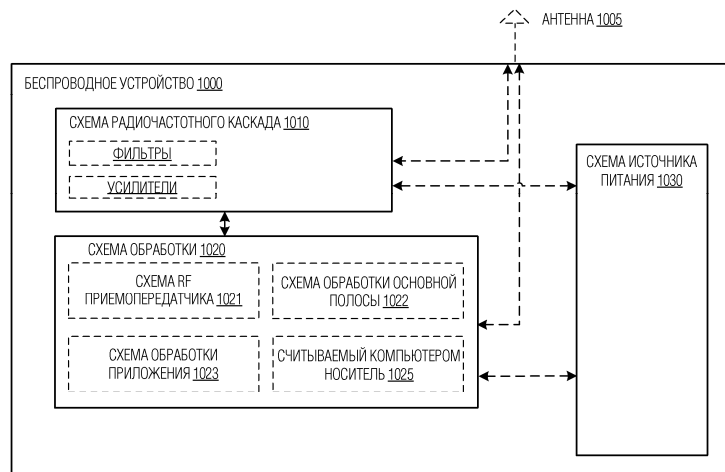
Фиг. 178



Фиг. 179



Фиг. 180



Фиг. 181

18200

ПРИЕМ СИГНАЛА НИСХОДЯЩЕЙ ЛИНИИ СВЯЗИ, СОДЕРЖАЩЕГО ИНДЕКС КОНФИГУРАЦИИ ДОСТУПА К ВОСХОДЯЩЕЙ ЛИНИИ СВЯЗИ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНДЕКСА КОНФИГУРАЦИИ ДОСТУПА К ВОСХОДЯЩЕЙ ЛИНИИ СВЯЗИ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ КОНФИГУРАЦИИ ДОСТУПА К ВОСХОДЯЩЕЙ ЛИНИИ СВЯЗИ ИЗ ПРЕДПОРЕДЕЛЕННОГО МНОЖЕСТВА КОНФИГУРАЦИЙ ДОСТУПА К ВОСХОДЯЩЕЙ ЛИНИИ СВЯЗИ И ПЕРЕДАЧА В СЕТЬ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ В СООТВЕТСТВИИ С ИДЕНТИФИЦИРОВАННОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ ДОСТУПА К ВОСХОДЯЩЕЙ ЛИНИИ СВЯЗИ
18210

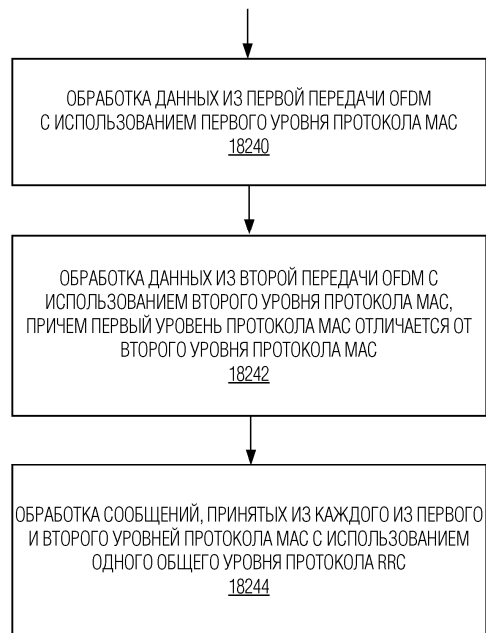
ПРИЕМ, В ПЕРВОМ ПОДКАДРЕ, ПЕРВОЙ ПЕРЕДАЧИ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ С ОРТОГОНАЛЬНЫМ ЧАСТОТНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ (OFDM), СФОРМАТИРОВАННОЙ В СООТВЕТСТВИИ С ПЕРВОЙ НУМЕРОЛОГИЕЙ, И ПРИЕМ, ВО ВТОРОМ ПОДКАДРЕ, ВТОРОЙ ПЕРЕДАЧИ OFDM, СФОРМАТИРОВАННОЙ В СООТВЕТСТВИИ СО ВТОРОЙ НУМЕРОЛОГИЕЙ, ВТОРАЯ НУМЕРОЛОГИЯ ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ ПЕРВОЙ НУМЕРОЛОГИИ
18220

Фиг. 182

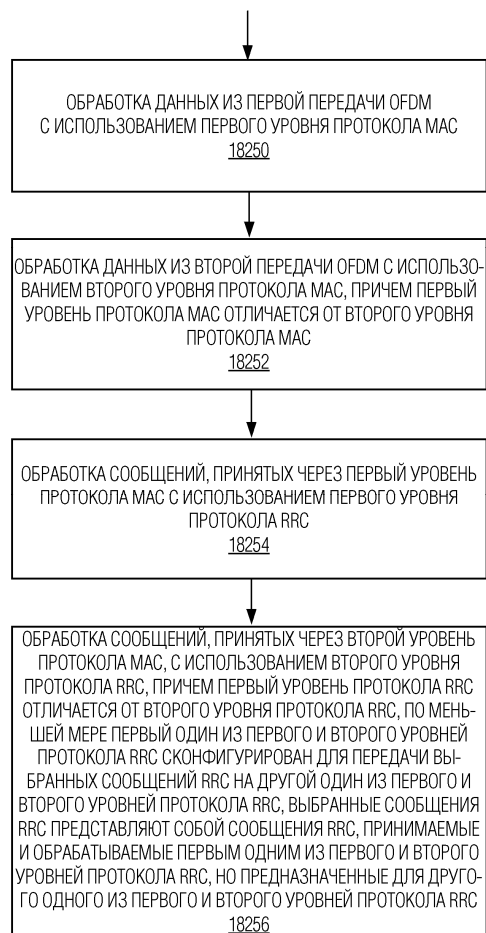
ПРИЕМ И ОБРАБОТКА ПЕРВЫХ ДАННЫХ УРОВНЯ 2 ПО ПЕРВОМУ ФИЗИЧЕСКОМУ КАНАЛУ ДАННЫХ, ПРИЧЕМ ПРИЕМ И ОБРАБОТКА ПЕРВЫХ ДАННЫХ УРОВНЯ 2 СОДЕРЖАТ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЯГКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ HARQ
18230

ПРИЕМ И ОБРАБОТКА ВТОРЫХ ДАННЫХ УРОВНЯ 2 ПО ВТОРОМУ ФИЗИЧЕСКОМУ КАНАЛУ ДАННЫХ, ПРИЧЕМ ПРИЕМ И ОБРАБОТКА ВТОРЫХ ДАННЫХ УРОВНЯ 2 НЕ СОДЕРЖАТ МЯГКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ HARQ
18232

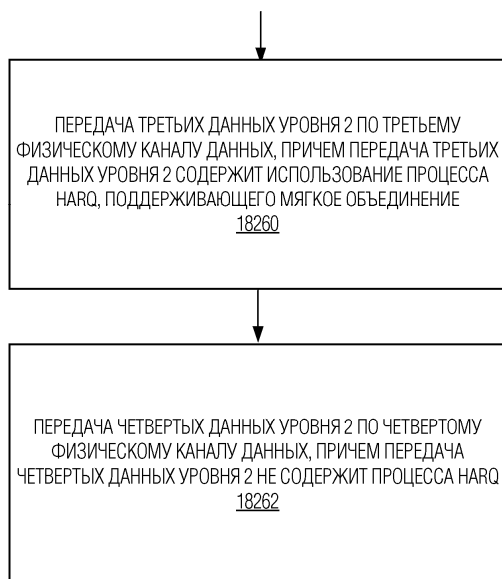
Фиг. 183



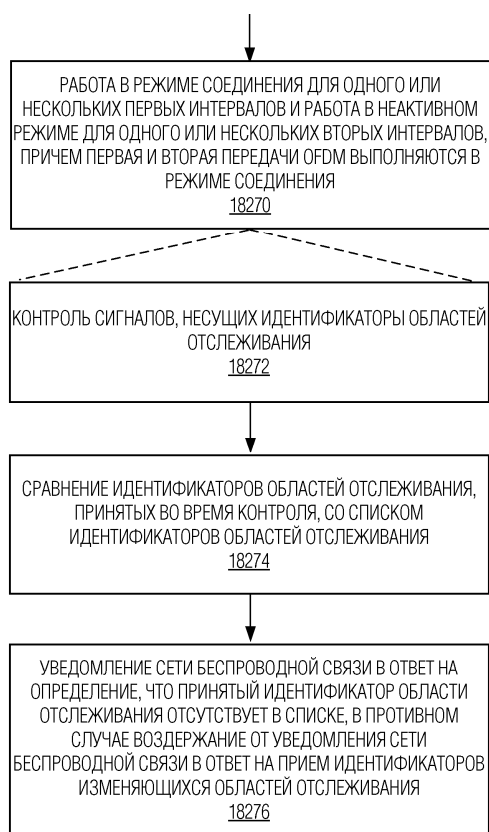
Фиг. 184



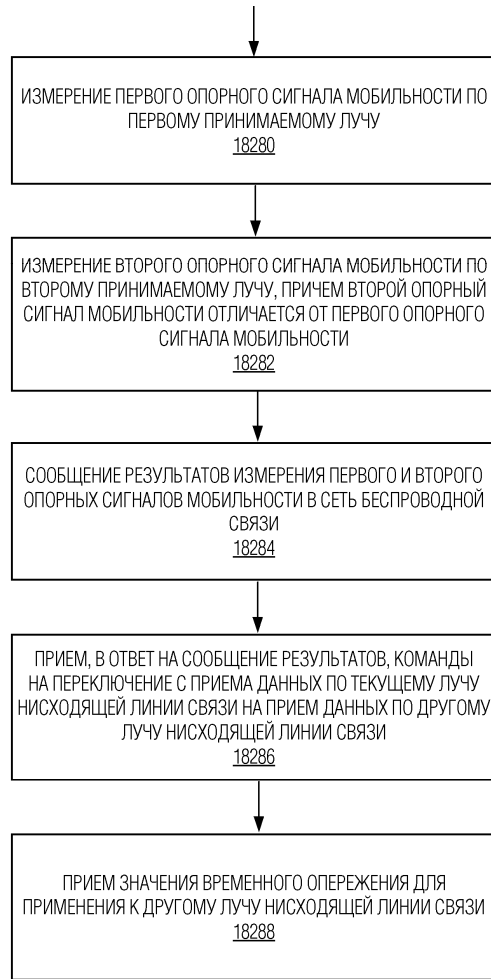
Фиг. 185



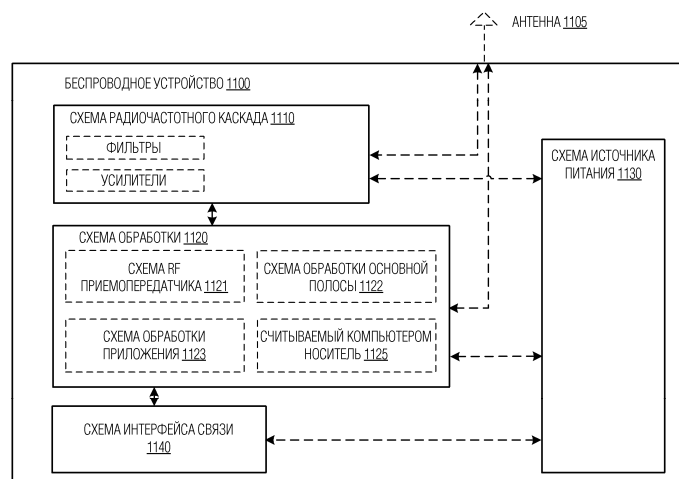
Фиг. 186



Фиг. 187



ФИГ. 188



ФИГ. 189

19000

ПЕРЕДАЧА ПЕРВОГО СИГНАЛА НИСХОДЯЩЕЙ ЛИНИИ СВЯЗИ, СОДЕРЖАЩЕГО ИНДЕКС КОНФИГУРАЦИИ ДОСТУПА К ВОСХОДЯЩЕЙ ЛИНИИ СВЯЗИ, ПРИЧЕМ ИНДЕКС КОНФИГУРАЦИИ ДОСТУПА К ВОСХОДЯЩЕЙ ЛИНИИ СВЯЗИ ИДЕНТИФИЦИРУЕТ КОНФИГУРАЦИЮ ДОСТУПА К ВОСХОДЯЩЕЙ ЛИНИИ СВЯЗИ ИЗ МНОЖЕСТВА ПРЕОПРЕДЕЛЕННЫХ КОНФИГУРАЦИЙ ДОСТУПА К ВОСХОДЯЩЕЙ ЛИНИИ СВЯЗИ, И ПОСЛЕДУЮЩИЙ ПРИЕМ ПЕРЕДАЧИ ОТ ПЕРВОГО БЕСПРОВОДНОГО УСТРОЙСТВА В СООТВЕТСТВИИ С ИДЕНТИФИЦИРОВАННОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ ДОСТУПА К ВОСХОДЯЩЕЙ ЛИНИИ СВЯЗИ

19010

ПЕРЕДАЧА, В ПЕРВОМ ПОДКАДРЕ, ПЕРВОЙ ПЕРЕДАЧИ OFDM, СФОРМАТИРОВАННОЙ В СООТВЕТСТВИИ С ПЕРВОЙ НУМЕРОЛОГИЕЙ, И ПЕРЕДАЧА, ВО ВТОРОМ ПОДКАДРЕ, ВТОРОЙ ПЕРЕДАЧИ OFDM, СФОРМАТИРОВАННОЙ В СООТВЕТСТВИИ СО ВТОРОЙ НУМЕРОЛОГИЕЙ, ВТОРАЯ НУМЕРОЛОГИЯ ОТЛИЧАЕТСЯ ОТ ПЕРВОЙ НУМЕРОЛОГИИ

19020

ПЕРЕДАЧА ВТОРОГО СИГНАЛА НИСХОДЯЩЕЙ ЛИНИИ СВЯЗИ, СОДЕРЖАЩЕГО СИГНАЛ ИНФОРМАЦИИ ДОСТУПА, СИГНАЛ ИНФОРМАЦИИ ДОСТУПА УКАЗЫВАЕТ МНОЖЕСТВО КОНФИГУРАЦИЙ ДОСТУПА К ВОСХОДЯЩЕЙ ЛИНИИ СВЯЗИ, ПРИЧЕМ ИНДЕКС КОНФИГУРАЦИИ ДОСТУПА К ВОСХОДЯЩЕЙ ЛИНИИ СВЯЗИ ИДЕНТИФИЦИРУЕТ ОДНУ ИЗ МНОЖЕСТВА КОНФИГУРАЦИЙ ДОСТУПА К ВОСХОДЯЩЕЙ ЛИНИИ СВЯЗИ

19030

Фиг. 190

ОБРАБОТКА И ПЕРЕДАЧА ПЕРВЫХ ДАННЫХ УРОВНЯ 2 ПО ПЕРВОМУ ФИЗИЧЕСКОМУ КАНАЛУ ДАННЫХ, ПРИЧЕМ ОБРАБОТКА И ПЕРЕДАЧА ПЕРВЫХ ДАННЫХ УРОВНЯ 2 СОДЕРЖИТ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕССА HARQ, ПОДДЕРЖИВАЮЩЕГО МЯГКОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

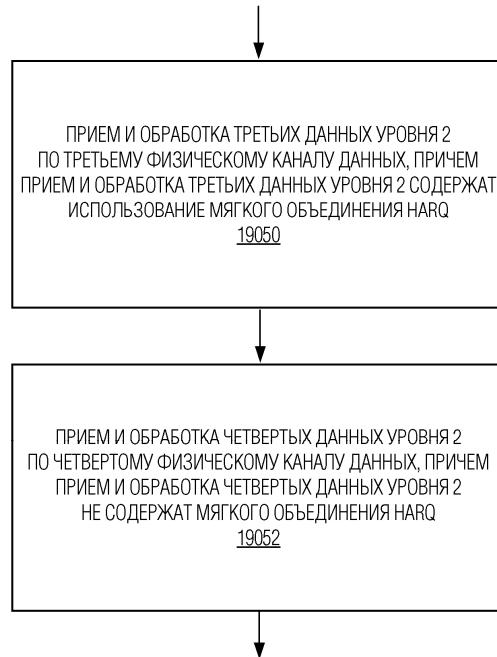
19040

ОБРАБОТКА И ПЕРЕДАЧА ВТОРЫХ ДАННЫХ УРОВНЯ 2 ПО ВТОРОМУ ФИЗИЧЕСКОМУ КАНАЛУ ДАННЫХ, ПРИЧЕМ ОБРАБОТКА И ПЕРЕДАЧА ВТОРЫХ ДАННЫХ УРОВНЯ 2 НЕ СОДЕРЖИТ ПРОЦЕССА HARQ

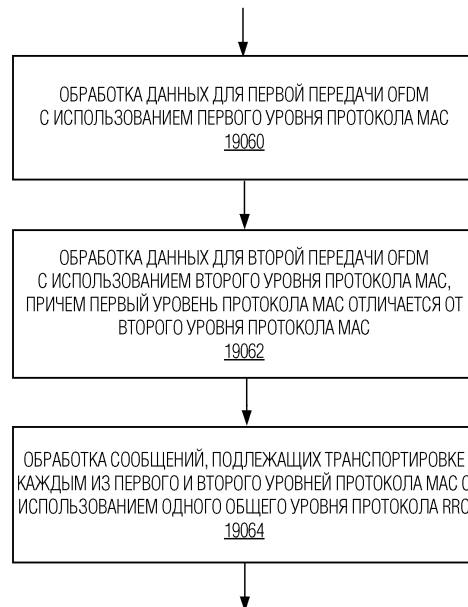
19042

Фиг. 191

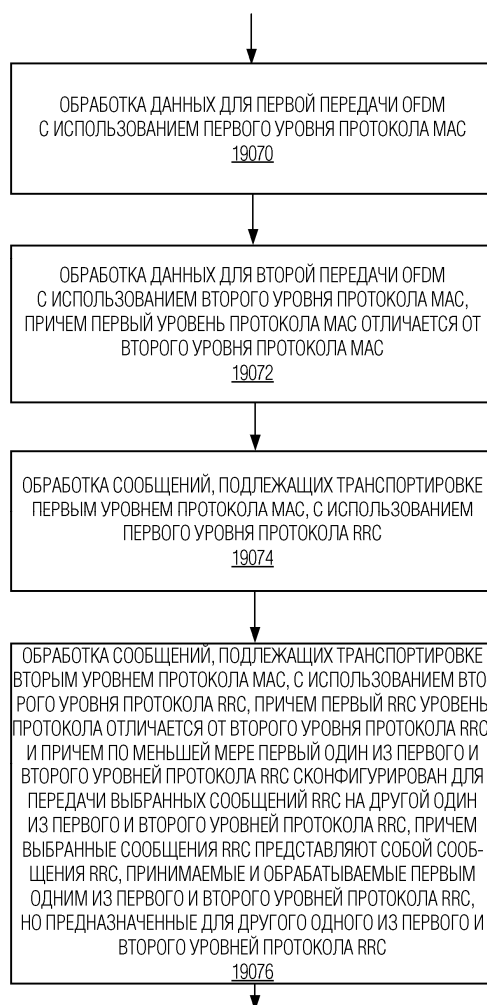
036666



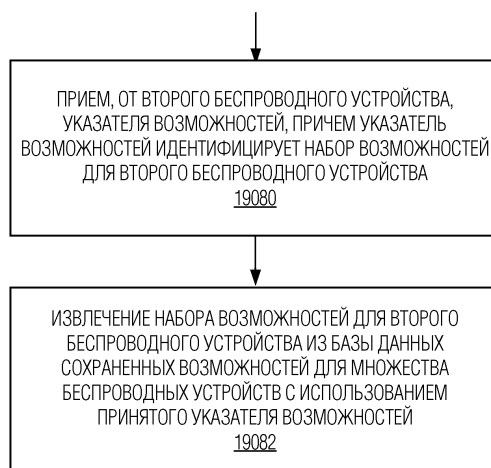
Фиг. 192



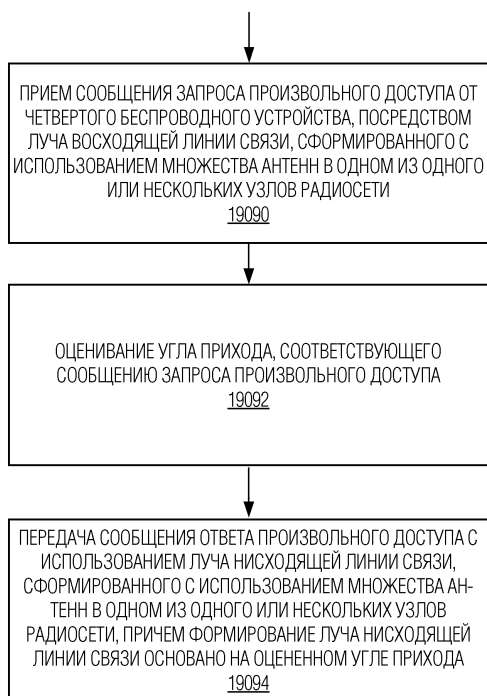
Фиг. 193



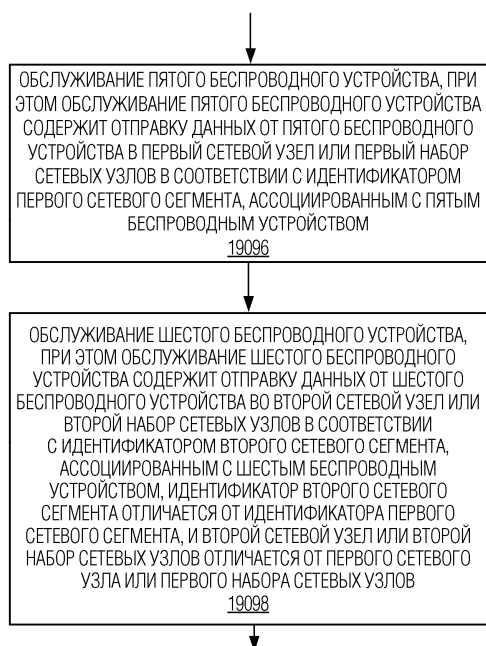
Фиг. 194



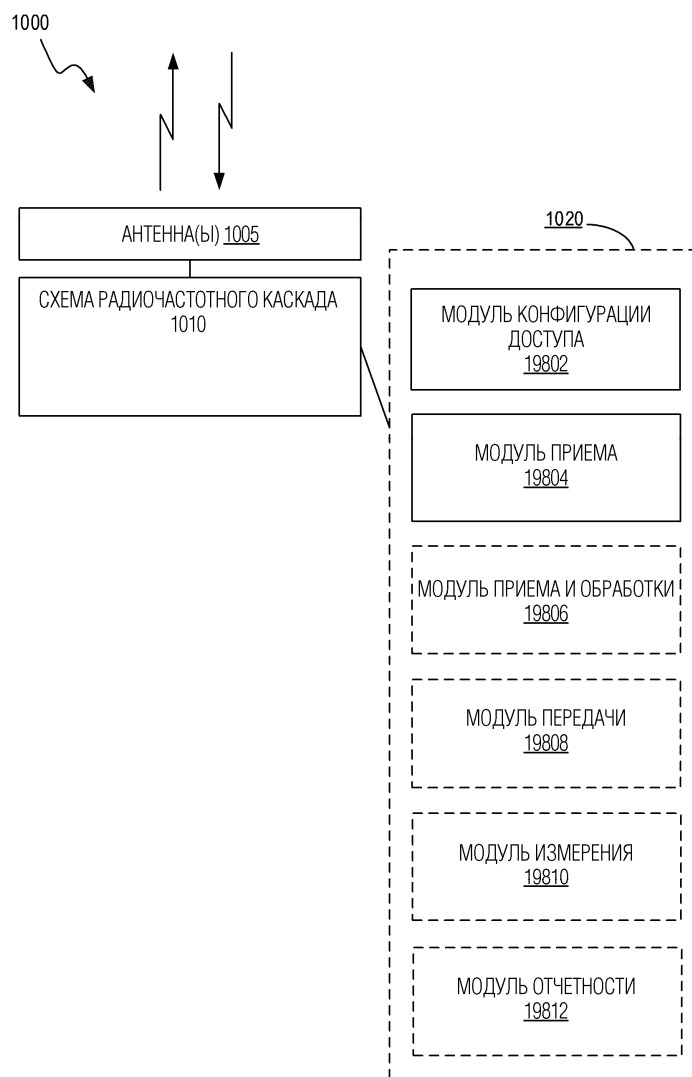
Фиг. 195



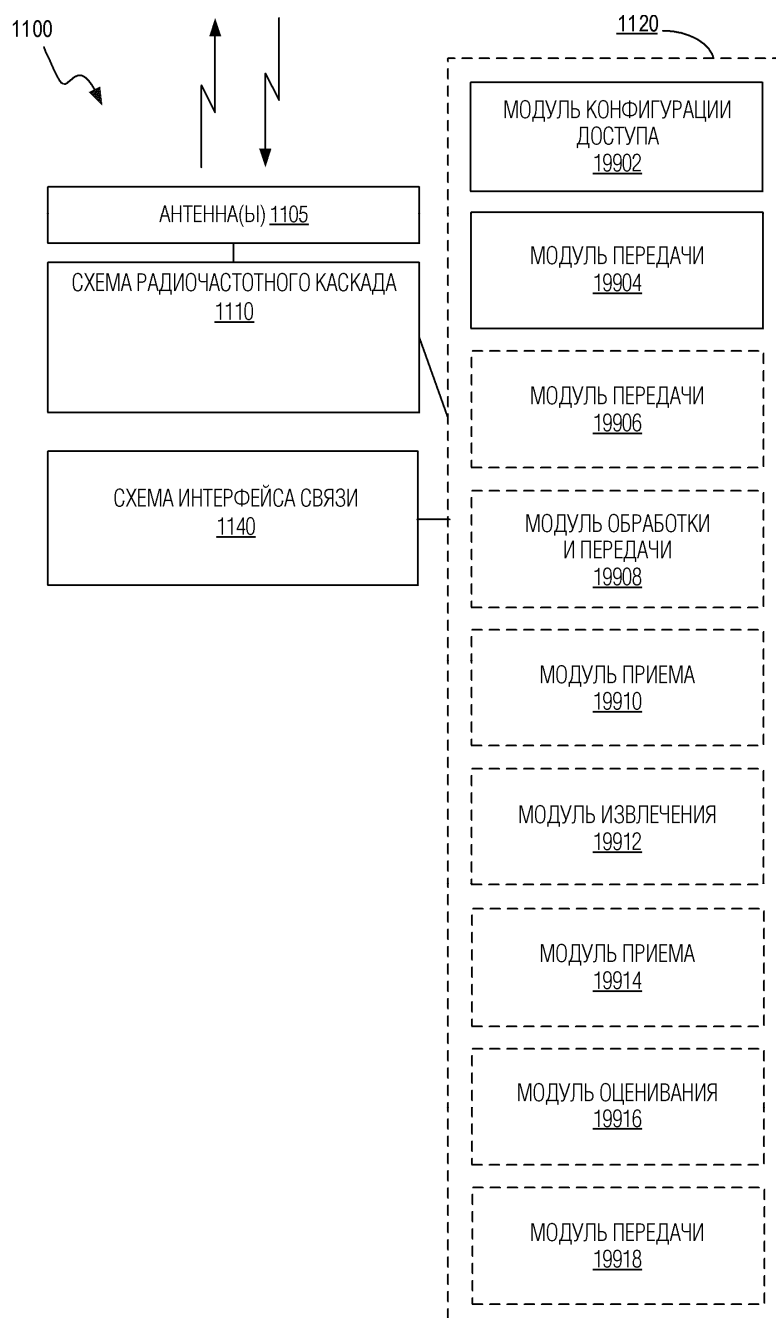
Фиг. 196



Фиг. 197



Фиг. 198



Фиг. 199



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2