(19) Евразийское патентное ведомство

(21) 201991901 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.01.28

(22) Дата подачи заявки
2018.02.28

(51) Int. Cl. ***H04L 12/26*** (2006.01)

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ СВЯЗИ МЕЖДУ КОСМИЧЕСКИМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ, РАБОТАЮЩИМ НА ОРБИТЕ, И НАЗЕМНЫМИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ, КОТОРЫЕ ИСПОЛЬЗУЮТ СВЯЗЬ С НАЗЕМНОЙ БАЗОВОЙ СТАНЦИЕЙ

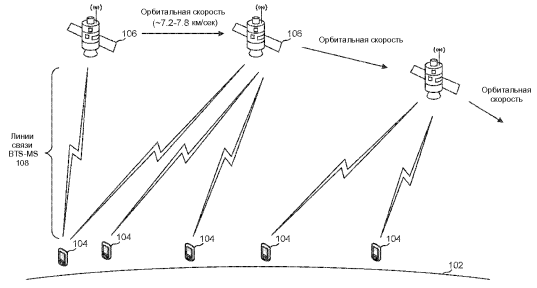
(31) **62/465,945; 62/490,298; 15/857,073**
(32) **2017.03.02; 2017.04.26; 2017.12.28**
(33) **US**
(86) **PCT/US2018/020205**
(87) **WO 2018/160682 2018.09.07**

(71) Заявитель:
ЛИНК ГЛОБАЛ, ИНК. (US)

(72) Изобретатель:
Спейдел Тайге Роберт, Гербер Эндрю (US)

(74) Представитель:
Лебедев В.В., Угрюмов В.М., Глухарёва А.О., Гизатуллина Е.М., Строкова О.В., Костюшенкова М.Ю., Гизатуллин Ш.Ф., Парамонова К.В. (RU)

(57) Приемопередатчик множественного доступа осуществляет связь с мобильными станциями в среде, условия которой превышают расчетные условия мобильной станции, без необходимости модернизации мобильных станций. Одна такая среда находится на орбите Земли. Приемопередатчик множественного доступа выполнен с возможностью осуществления связи с мобильными станциями с одновременным превышением расчетных условий работы мобильной станции, таких как большее расстояние, большее относительное перемещение и/или другие условия, обычно существующие там, где функции наземного приемопередатчика должны выполняться орбитальным приемопередатчиком. Орбитальный приемопередатчик может содержать анализатор данных, который выполняет синтаксический анализ структуры данных фрейма, блок синхронизации сигналов, который корректирует синхронизацию на основании нахождения на орбите до соответствия наземным задержкам распространения, преобразователь частоты и программируемое радиооборудование, выполненное с возможностью связи с орбиты Земли с использованием протокола множественного доступа, так что связь является совместимой со связью между наземной сотовой базовой станцией и наземной мобильной станцией или выглядит как связь между наземной сотовой базовой станцией и наземной мобильной станцией.



201991901 A1

201991901 A1

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ СВЯЗИ МЕЖДУ КОСМИЧЕСКИМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ, РАБОТАЮЩИМ НА ОРБИТЕ, И НАЗЕМНЫМИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ, КОТОРЫЕ ИСПОЛЬЗУЮТ СВЯЗЬ С НАЗЕМНОЙ БАЗОВОЙ СТАНЦИЕЙ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[0001] Настоящее изобретение относится к способу и устройству для поддержки связи между космическим летательным аппаратом и наземными телекоммуникационными устройствами, в частности, связи с использованием средств и функций наземных телекоммуникационных устройств, которые обычно используются для наземных телекоммуникаций.

ПЕРЕКРЕСТНЫЕ ССЫЛКИ НА ПРИОРИТЕТНЫЕ И РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

[0002] В настоящей заявке испрошен приоритет обычной заявки США № 62/465,945, и настоящая заявка является обычной заявкой США № 62/465,945, поданной 2 марта 2017, поименованной "Способ низкозатратной и имеющей низкую сложность межспутниковой линии связи в сети группы спутников для непрерывного глобального сетевого взаимодействия в псевдо-реальном масштабе времени".

[0003] В настоящей заявке испрошен приоритет обычной заявки США № 62/490,298, и настоящая заявка является обычной заявкой США № 62/490,298, поданной 26 апреля 2017, поименованной "Способ связи между базовыми станциями,

работающими в орбитальной среде, и наземными телекоммуникационными устройствами".

[0004] Все полные описания заявок, перечисленных выше, посредством ссылки полностью включены в настоящий документ для всех целей.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

[0005] Мобильная связь включает в себя сигналы, передаваемые между мобильной станцией (MS) и приемопередатчиком, который может обеспечивать интерфейс для мобильной станции MS для двухсторонней связи с другими ресурсами сети, такими как телекоммуникационные сети, сеть Интернет и т.п., для переноса голосовых сообщений и данных, возможно также с функциями определения местоположения. Приемопередатчик может быть компонентом базовой приемопередающей станции (BTS), которая обрабатывает трафик множества приемопередатчиков. Базовая приемопередающая станция BTS также может содержать антенны и элементы кодирования/шифрования. Антенны могут быть избирательными антеннами, причем различные мобильные станции MS в различных местоположениях могут связываться с их соответствующими приемопередатчиками посредством различных антенн базовой приемопередающей станции BTS. Базовая приемопередающая станция BTS может иметь проводной, беспроводной и/или оптический канал для связи со станциями BTS других ресурсов сети. Базовая приемопередающая станция BTS может поддерживать один или более приемопередатчиков, и данная базовая станция для поддержки мобильной связи может

иметь контроллер базовых станций (BSC), который управляет одной или более базовыми станциями BTS этой базовой станции.

[0006] Примеры мобильных станций включают мобильные телефоны, сотовые телефоны, смартфоны и другие устройства, выполненные с возможностью связи с конкретной базовой приемопередающей станцией BTS. Несмотря на то, что в настоящей заявке мобильные станции обозначены этим названием, следует понимать, что работа, функции или характеристики мобильной станции также могут быть работой, функциями или характеристиками станции, которая фактически или функционально является мобильной станцией, но в настоящий момент не является мобильным устройством. В некоторых примерах мобильную станцию вместо этого можно считать переносной станцией, которую можно перемещать с места на место, но которая во время работы остается неподвижной, такая как ноутбук с несколькими присоединенными внешними устройствами и имеющий сотовое соединение, или мобильная станция может быть неподвижной, такой как сотовое устройство, которое встроено в установленную домашнюю систему безопасности. Все, что требуется, заключается в том, что мобильная станция выполнена с возможностью или может быть сконфигурирована с возможностью связи с использованием инфраструктуры мобильной связи.

[0007] Базовой приемопередающей станцией BTS может управлять родительский контроллер BSC посредством управляющей функции базовой станции (BCF). Каждый из этих элементов может быть осуществлен с использованием аппаратных средств и/или программного обеспечения и включает управление сетью связи и выполнение функций по обеспечению нормального функционирования, но базовая станция может быть описана

как имеющая один или более приемопередатчиков, которые осуществляют связь с мобильными станциями в соответствии с согласованным протоколом. Это может быть обеспечено базовой приемопередающей станцией BTS, сконфигурированной с возможностью, выполненной с возможностью или запрограммированной с возможностью работы в соответствии с согласованным протоколом для базовой приемопередающей станции BTS, и мобильной станцией MS, сконфигурированной с возможностью, выполненной с возможностью или запрограммированной с возможностью работы в соответствии с согласованным протоколом для мобильной станции MS. Протокол может включать подробности того, как передавать данные между приемопередатчиком и мобильной станцией MS, как обрабатывать ошибки, как обрабатывать кодирование и как передавать команды управления и данные о состоянии между базовой приемопередающей станцией BTS и мобильными станциями MS. Например, части протокола могут включать взаимодействия, во время которых мобильная станция MS входит в контакт с базовой приемопередающей станцией BTS, и базовая приемопередающая станция BTS указывает мобильной станции MS, какие синхронизацию, несущую частоту и другие опции протокола должна использовать данная мобильная станция MS. Это взаимодействие может включать передачу речевой информации, текстовых данных, других данных, обеспечивающих выполнение внутрисотового хэндовера и другие задачи.

[0008] Для простоты объяснения в множестве примеров в настоящей заявке связь описывается как связь между базовой приемопередающей станцией BTS и мобильной станцией MS для взаимодействий с одной мобильной станцией MS, но следует понимать, что взаимодействия могут быть взаимодействиями базовой приемопередающей станции

BTS с приемопередатчиком, радиолиниями, антенной, антенной мобильной станции MS, радиолиниями мобильной станции MS, программным обеспечением/аппаратными средствами мобильной станции MS и соответствующим трактом другого направления от мобильной станции MS к базовой приемопередающей станции BTS. Таким образом, в некоторых примерах, где базовая приемопередающая станция BTS связывается с мобильной станцией MS, это происходит посредством приемопередатчика, и в данном примере не упоминаются другие приемопередатчики, которыми может управлять базовая приемопередающая станция BTS.

[0009] Примеры протоколов, которые могут быть использованы базовой приемопередающей станцией BTS, включают протоколы 2G+ системы GSM (глобальная система мобильной связи; зарегистрирована под торговой маркой компании "GSM Association") с гауссовской манипуляцией с минимальным сдвигом (GMSK), протоколы EDGE с GMSK и модуляцией 8-PSK. Базовая приемопередающая станция BTS может управлять множеством приемопередатчиков, которые используют множество наборов несущих частот в диапазоне беспроводного спектра, которые обеспечивает протокол. Таким образом, когда диапазон спектра логически разделен на спектры несущей частоты, приемопередатчик может использовать каналы, которые используют одну (или более) из этих несущих частот для связи с мобильной станцией MS. Протокол может указывать, что для данного канала существует подканал восходящего канала и подканал нисходящего канала, возможно разделенные друг от друга по несущей частоте. В некоторых случаях подканал восходящего канала имеет несущую частоту, смежную с несущей частотой подканала нисходящего канала. В некоторых случаях все подканалы восходящего канала находятся в одном диапазоне спектра, и все подканалы нисходящего канала находятся в

другом диапазоне спектра. Для простоты объяснения иногда канал описывается как имеющий части восходящего канала и части нисходящего канала, как будто это один канал, даже если указанные части широко разделены по несущей частоте.

[0010] Некоторые базовые приемопередающие станции BTS могут обеспечивать скачкообразную перестройку частоты, когда приемопередатчики и мобильные станции быстро совместно переключаются от одной несущей частоты к другой несущей частоте для улучшения общей характеристики базовой приемопередающей станции BTS. Протокол может указывать последовательности скачкообразной перестройки частоты для использования.

[0011] В протоколе GSM связь между мобильной станцией MS и приемопередатчиком включает в себя фреймы, и каждый фрейм имеет до восьми временных слотов. С использованием восьми временных слотов приемопередатчик отправляет фрейм восьми мобильным станциям MS, причем каждой мобильной станции MS в указанном фрейме базовая приемопередающая станция BTS приемопередатчика назначает уникальный временной слот. Мобильные станции MS могут отправлять свои подлежащие передаче данные в выделенном для них временном слоте, и поскольку каждая мобильная станция MS, которая связывается с этим приемопередатчиком, имеет сведения о том, какой временной слот она должна использовать, расположенные подобным образом мобильные станции MS могут обратно связываться с приемопередатчиком в своем выделенном временном слоте. Приемопередатчик может не использовать все восемь временных слотов.

[0012] Канал сигнализации, такой как общий управляющий канал протокола GSM (CCCH) может использоваться для сообщения мобильным станциям MS о распределении им временных слотов и несущих частот. Например, некоторые общие управляющие каналы используются для выполнения запросов на получение доступа (например, для выполнения запросов канала произвольного доступа (RACH) от мобильной станции MS к базовой приемопередающей станции BTS), для вызова (например, для выполнения запросов PCH от базовой приемопередающей станции BTS к мобильной станции MS), для разрешения доступа (например, к каналу AGCH от базовой приемопередающей станции BTS к мобильной станции MS) и передачи широковещательным способом по сотам (например, по каналу CBCH от базовой приемопередающей станции BTS к мобильной станции MS). AGCH (канал разрешения доступа) используется для разрешения распределения временного слота/распределения несущей. Еще один канал, т.е. широковещательный канал управления (BCCH) может использоваться или не использоваться для отправки к мобильной станции MS информации, такой как идентификатор области местоположения (LAI), список соседних сот, которые должны отслеживаться мобильной станцией MS, список частот, используемых в соте, идентификатор соты, индикатор управления мощностью, сообщение о том, разрешается ли DTX, и управление доступом (т.е. экстренные вызовы, запрет вызова и т.п.).

[0013] Примеры базовых приемопередающих станций BTS включают вышки сотовой телефонии, приемопередатчики макросот, приемопередатчики фемто-сот, пикосоты (которые могут иметь только один приемопередатчик) и т.п. Базовые приемопередающие станции BTS связываются с мобильными станциями MS беспроводным способом. Некоторые базовые приемопередающие станции BTS имеют

транзитное соединение (интерфейс между базовой приемопередающей станцией BTS и другими ресурсами сети), которое является проводным, таким как соединение с вышкой сотовой телефонии, в то время как некоторые из них могут иметь беспроводное транзитное соединение, такое как микроволновый двухточечный двунаправленный канал связи. Таким образом, базовая приемопередающая станция BTS может быть устройством любого из нескольких различных типов электрически питаемых устройств, которое принимает потоки данных от мобильных станций MS и обрабатывает их и/или пересылает их к другим ресурсам сети, а также принимает потоки данных от других ресурсов сети и обрабатывает их и/или отправляет их мобильным станциям MS по линии (линям) связи между мобильной станцией MS и базовой приемопередающей станцией BTS. В этом смысле базовая приемопередающая станция BTS действует в качестве точки доступа для мобильных станций MS с обеспечением доступа мобильной станции MS к ресурсам сети, такой как телекоммуникационная сеть, сеть Интернет, частные сети и т.п. Получение доступа может использоваться для маршрутизации речевых вызовов, других вызовов, обмена текстовыми сообщениями, передачи данных, видео и т.п.

[0014] Телекоммуникационная сеть, доступ к которой обеспечивает базовая приемопередающая станция BTS, может включать сеть и подсистему переключения, которая определяет способ направления данных к соответствующей базовой приемопередающей станции BTS и направления данных, принятых от базовой приемопередающей станции BTS. Телекоммуникационная сеть также может иметь инфраструктуру для управления схемными соединениями и пакетными интернет-соединениями, а также осуществлять поддержку технического обслуживания сети. В любом случае базовая приемопередающая станция BTS может быть выполнена с

возможностью использования некоторых протоколов связи с мобильными станциями MS и других транзитных протоколов.

[0015] Протоколы для связи между мобильными станциями MS и базовыми приемопередающими станциями BTS могут быть стандартизованными таким образом, что любая стандартная мобильная станция MS может связываться с любой базовой приемопередающей станцией BTS, соответствующей требованиям диапазона и требованиям членства (например, мобильная станция MS идентифицирует себя с базовой приемопередающей станцией BTS таким образом, что базовая приемопередающая станция BTS или сервис, используемый базовой приемопередающей станцией BTS, определяет, что указанная мобильная станция MS является элементом авторизованной группы или другим способом авторизованной для использования сервисов, обеспечиваемых данной базовой приемопередающей станцией BTS. Некоторые приведенные в качестве примера протоколы включают протоколы GSM, иногда называемые сетевыми протоколами 2G (т.е., протоколами второго поколения). Другие примеры включают GPRS (общую службу пакетной радиосвязи), EDGE (стандарт GSM с увеличенной скоростью передачи данных, или EGPRS), 3G (стандарты UMTS третьего поколения, разработанные организацией по стандартизации 3GPP) или 4G (улучшенные протоколы четвертого поколения стандарта LTE).

[0016] В этих протоколах имеются правила использования диапазона спектра, синхронизации, кодирования и устранения конфликтов. Поскольку базовая приемопередающая станция BTS должна связываться с множеством мобильных станций MS одновременно, доступный маршрут беспроводной связи разделен согласно

указанному протоколу. Данный протокол может иметь доступный маршрут беспроводной связи, разделенный по частоте, времени, кодам или сочетанию более одного из вышеперечисленного. Это обеспечивает возможность совместного использования множеством пользователей одного и того же маршрута беспроводной связи.

[0017] Например, с использованием множественного доступа с временным разделением (TDMA) базовая приемопередающая станция BTS и множество мобильных станций MS согласуют разделение периодов времени на временные слоты (или "пакетные периоды"), и если первая мобильная станция MS создает помеху второй мобильной станции MS, первой мобильной станции MS назначают первый временной слот, и второй мобильной станции MS назначают другой временной слот из доступных временных слотов. Поскольку различные мобильные станции MS используют различные временные слоты (и все они достаточно хорошо согласуют друг с другом синхронизацию), они могут совместно использовать общую несущую частоту, и их соответствующие передаваемые данные не перемешиваются. Например, имеются восемь временных слотов длительностью 576,92 μs (мкс) каждый для каждого фрейма, и, таким образом, мобильная станция MS, которой назначен первый временной слот, может передавать множество битов во время первого временного слота, останавливать передачу в конце или перед концом своего временного слота, оставаться в бездействии, затем во время первого временного слота следующего периода в случае необходимости может продолжать передачу. Подобные распределения используются в отношении мобильной станции MS для определения, когда она должна отслеживать сигналы от базовой приемопередающей станции BTS (и в отношении базовой приемопередающей станции BTS для определения, когда она должна начать передачу своих данных).

[0018] Таким образом, с использованием одиночной несущей частоты каждый приемопередатчик базовой приемопередающей станции BTS может связываться с восьмью мобильными станциями MS, и связи с этими мобильными станциями MS группируются во фрейм TDMA и передаются по нисходящим каналам, которые используют эту несущую частоту. Синхронизация осуществляется таким образом, что каждая из указанных мобильных станций MS может связываться с использованием своих соответствующих временных слотов с базовой приемопередающей станцией BTS по восходящим каналам, которые используют ту же несущую частоту. Этот фрейм называется "фрейм TDMA", и скорость передачи данных всем восьми мобильным станциям MS с использованием этой несущей частоты составляет 270,833 кбит/сек, и длительность фрейма TDMA в любом направлении составляет 4,615 мс.

[0019] Множественный доступ с частотным разделением (FDMA) является еще одним способом разделения и распределения доступного маршрута беспроводной связи. С использованием FDMA полосу пропускания спектра, доступную или распределенную для маршрута беспроводной связи, делят на различные каналы по несущей частоте. Первой мобильной станции MS может быть назначена одна несущая частота, и второй мобильной станции MS может быть назначена другая несущая частота, так что обе станции MS могут одновременно отправлять данные базовой приемопередающей станции BTS или получать данные от этой же базовой приемопередающей станции BTS.

[0020] В представленных выше примерах множество мобильных станций могут одновременно связываться с базовой приемопередающей станцией BTS, причем связь

между базовой приемопередающей станцией BTS и конкретной мобильной станцией MS включает отправку информации в сигнале от конкретной мобильной станции MS или от базовой приемопередающей станции BTS таким образом, что конфликты радиосигналов предотвращаются благодаря соглашению базовой приемопередающей станции BTS и конкретной мобильной станции MS о том, какой временной слот из множества временных слотов должен использоваться (TDMA), и/или какая несущая частота из множества несущих частот должна использоваться (FDMA). Это примеры систем связи с множественным доступом.

[0021] В системе связи с множественным доступом другого типа, называемой как "Ортогональный множественный доступ с частотным разделением" (OFDMA), мобильным устройствам назначают поднаборы поднесущих, в которых ортогональные узкие частотные подканалы назначаются мобильным устройствам для более эффективного по сравнению с FDMA использования выделенного спектра.

[0022] В некоторых распределениях частот распределение выполняют на группу каналов, где группа каналов представляет собой набор или группу двунаправленных каналов, причем каждый двунаправленный канал использует несущую частоту восходящего канала для подканала восходящего канала и несущую частоту нисходящего канала для подканала нисходящего канала. Каналы могут быть сгруппированы в наборы, состоящие из двух или более каналов, на основании некоторого алгоритма для классификации таким образом, что каждый набор совместно использует общий идентификатор или атрибут.

[0023] В некоторых протоколах спектр разделен на подспектры для несущих частот, и также периоды разделены на временные слоты. Как правило, базовая приемопередающая станция BTS имеет алгоритм для определения того, какие каналы распределять тем или иным мобильным станциям MS. При назначении канала для использования мобильной станцией MS базовая приемопередающая станция BTS может назначать конкретному приемопередатчику использование конкретной несущей частоты и указывать мобильной станции MS, что она должна использовать эту конкретную несущую частоту, и также указывать какой временной слот следует использовать из фрейма, переданного/принятого с использованием этой несущей частоты. Канал может содержать подканал восходящего канала и подканал нисходящего канала. Возможно, при данной связи мобильной станции MS с приемопередатчиком используются более чем один из каналов, например, более чем одна из несущих частот и/или более чем один из временных слотов, но в множестве примеров, приведенных в настоящей заявке, протокол представлен как протокол связи с мобильной станцией MS, которая использует канал, содержащий только одну несущую частоту и только один временной слот.

[0024] Еще в одном примере систем связи с множественным доступом, называемым как "множественный доступ с кодовым разделением" (CDMA), мобильные устройства могут использовать одни и те же временной слот и несущую частоту, но каждому мобильному устройству назначают уникальный псевдослучайный код для кодирования сигналов, передаваемых к базовой приемопередающей станции BTS и от нее таким образом, что даже когда мобильные станции MS одновременно передают данные с использованием одной и той же несущей частоты или почти одновременно, и/или с использованием одних и тех же временных слотов, если таковые используются,

применение уникального кода CMDA позволяет множеству передатчиков занимать одни и те же время и частоту, поскольку приемники могут разделять различные принимаемые данные путем декодирования каждого конкретного сигнала с использованием псевдослучайных кодов с достаточно хорошим декодированием для демодуляции.

[0025] В действительности код CDMA разделяет каналы не строго по времени или строго по частоте. Использование кода CDMA приводит к передаче широкополосных сигналов, распространяемых в более широкой полосе пропускания, чем без кодирования, путем использования скорости передачи элементов сигнала, которая выше, чем битовая скорость сигнала. Таким образом, кодирование сигналов с использованием псевдослучайных кодов может заменить синхронизацию и элементы частоты, обычно присутствующие в протоколах TDMA/FDMA, поскольку каждый код представляет некоторый элемент разборчивость как во временной, так и в частотной области. При связи с использованием кода CDMA учитывается задержка распространения сигнала и синхронизации между мобильной станцией MS и базовой приемопередающей станцией BTS, и, таким образом, псевдослучайный код применяют к принимаемому сигналу через некоторое количество битов/элементарных сигналов, которые, разумеется, занимают как некоторый дискретизированный промежуток временной области, так и некоторый дискретизированный промежуток частотной области.

[0026] В некоторых протоколах множественного доступа используют более чем один подход.

[0027] В системах цифровой мобильной радиотелефонии с использованием протокола GSM мобильные станции MS и базовые приемопередающие станции BTS улучшают связь за счет каналов множественного доступа как частотным, так и с временным разделением (FDMA/TDMA), так что мобильные станции MS для передачи и приема могут совместно использовать одни и те же несущие путем назначения различных временных слотов для каждой несущей частоты, и каждая несущая частота может обрабатываться различным приемопередатчиком или блоком приемопередатчика, или логическим блоком.

[0028] В системе GSM базовая приемопередающая станция BTS отвечает за назначение временного слота мобильной станции MS, когда она запрашивает доступ. Во фреймовой структуре системы GSM имеются восемь временных слотов в каждом фрейме TDMA. Количество используемых несущих частот может изменяться. В некоторых регионах большое количество несущих частот являются лицензированными, и мобильные станции MS в этих регионах выполнены с учетом инструкции для использования одной из почти тысячи несущих частот (которые базовая приемопередающая станция BTS также может поддерживать). Например, в Европе диапазон спектра 900 МГц системы GSM содержит только 25 МГц всего спектра. Если несущие частоты логически распределены в полосу 200 кГц (например, несущая частота центрирована в каждом диапазоне подспектра шириной 200 кГц), и приемопередатчики отправляют сигналы на этих несущих частотах, в этом случае обеспечены только 125 несущих частот. Использование защитных диапазонов (неиспользуемых несущих частот) в указанной частотной области может сократить это количество, но может обеспечить дополнительную надежность или простоту обработки сигналов. Если фрейм TDMA

обеспечивает восемь временных слотов, базовая приемопередающая станция BTS, имеющая достаточные количества логических или фактических доступных приемопередатчиков, может одновременно поддерживать 8×125=1000 каналов для мобильных станций MS. С использованием временного разделения и частотного разделения могут присутствовать защитные слоты и защитные частоты соответственно, так что один временной слот или одна несущая отделены от смежного временного слота или смежной несущей некоторым временным или частотным интервалом соответственно. В некоторых протоколах более чем один временной слот и/или более чем одна несущая частота могут быть назначены одной мобильной станции MS для обеспечения более широкой полосы пропускания.

[0029] В некоторых случаях имеются множество базовых приемопередающих станций BTS в пределах расстояний поддерживаемых мобильных станций MS и, таким образом, поддержка указанных мобильных станций MS может распространяться среди базовых приемопередающих станций BTS, и они могут координироваться таким образом, что смежные базовые приемопередающие станции BTS по возможности избегают использования одних и тех же несущих частот. Базовые приемопередающие станции BTS могут быть запрограммированы с возможностью распространения этих частот посредством своих вышек с конкретной схемой повторного использования. Возможна ситуация, когда базовая приемопередающая станция BTS ограничена в количестве мобильных станций MS, которые она может поддерживать, размером канала, ведущего к другим ресурсам сети. Согласно одному варианту реализации базовая приемопередающая станция BTS использует от 1 до 15 несущих частот (т.е., ее приемопередатчики передают сигналы с использованием 1-15 несущих частот во

фреймах передачи/приема), так что базовая приемопередающая станция BTS может одновременно поддерживать примерно от 8 до 120 пользователей.

[0030] Каждая мобильная станция MS обычно содержит процессор, память, радио-схему, источник питания, дисплей, элементы ввода и т.п. для выполнения своих функций. Процессор может считывать из памяти программы для выполнения необходимых функций. Например, память программы может содержать инструкции о том, как образовывать поток данных, как проводить его через радио-схему, как считывать внутренний таймер для определения значения системного таймера с соответственной синхронизацией приема и передачи, и как задавать соответствующие частоты для передаваемых данных и принимаемых данных.

[0031] Каждая базовая приемопередающая станция BTS обычно содержит процессор, память, радио-схему, источник (источники) питания, интерфейсы телекоммуникационной сети, диагностические интерфейсы и т.п., необходимые для выполнения ее функций. Процессор базовой приемопередающей станции BTS может считывать из памяти программы для выполнения необходимых функций. Например, память программы может содержать инструкции о том, как образовывать поток данных, как пропускать его через радио-схему, как связываться с телекоммуникационной сетью, как считывать внутренний таймер для определения значения системного таймера с соответственной синхронизацией приема и передачи, как задавать соответствующие частоты для передаваемых данных и принимаемых данных, как отслеживать различные мобильные станции MS и их состояние, местоположение, распределение и т.п. и как сохранять это в локальной доступной памяти в случае необходимости.

[0032] Описанным выше способом мобильная станция MS входит в контакт с базовой приемопередающей станцией BTS для получения распределения некоторых временных слотов во фреймах на некоторых несущих частотах, и базовая приемопередающая станция BTS сообщает мобильной станции MS о распределении мобильной станции MS. Поскольку и базовая приемопередающая станция BTS, и мобильная станция MS имеют один и тот же системный таймер (или примерно таковой), они связываются в своих выделенных временных слотах и на своих несущих частотах. Назначение и передача назначений мобильным станциям MS может быть осуществлена с использованием канала произвольного доступа, который используется мобильной станцией MS для запроса распределения. В протоколе GSM эта процедура названа процессом канала произвольного доступа (RACH).

[0033] В примере с системой GSM связь по каналу беспроводной связи выполняется с синтаксическим анализом во фреймах TDMA длительностью 4,61538 мс при восьми временных слотах на один фрейм TDMA. Каждый временной слот имеет достаточную длительность для вмещения 156,25 битов данных. В одном случае применения мобильная станция MS или базовая приемопередающая станция BTS передает 148 битов данных во временном слоте длительностью более чем 546,46 мкс при защитном интервале между временными слотами длительностью 8,25 бит (30,46 мкс). В диапазоне GSM 900 канал беспроводной связи имеет полосу пропускания 25 МГц в каждом из направлений восходящего канала и нисходящего канала при использовании диапазона спектра 890-915 МГц для подканалов восходящего канала и диапазона спектра 935-960 МГц для подканалов нисходящего канала с обеспечением 125 несущих частот

(125 несущих частот в каждом направлении, разделенных интервалами 200 кГц). При защитном разделяющем интервале 200 кГц на каждой стороне каждого диапазона спектра остается участок 24,6 МГц спектра или 123 несущих частоты для перемещения данных. Общая пропускная способность такого канала беспроводной связи (в обоих направлениях) в этом случае может составлять 156,25 битов на временной слот умножить на восемь временных слотов в одном фрейме, умножить на 216,667 фреймов/сек*123 несущих = 33,312 Мбит/сек.

[0034] Учитывая, что мобильные станции MS могут быть мобильными, они могут находиться на некотором расстоянии от базовой приемопередающей станции BTS, и это расстояние может быть изменяющимся, например, когда мобильные станции MS используются для переноса голосовой беседы по телекоммуникационной сети, в то время как базовая приемопередающая станция BTS прикреплена к вышке сотовой связи, а мобильная станция MS находится на расстоянии 10 км и перемещается со скоростью 100 км/ч. Если базовая приемопередающая станция BTS и мобильная станция MS находятся в нескольких метрах друг от друга, и мобильная станция MS не перемещается, время распространения сигналов и доплеровское смещение, вызванное перемещением, может быть проигнорировано. Если мобильная станция MS перемещается со скоростью 100 км/ч относительно базовой приемопередающей станции BTS, это тоже, возможно, может быть проигнорировано, но если мобильная станция MS находится на большом расстоянии, время распространения должно приниматься во внимание, или в противном случае передаваемые данные в одном временном слоте не будут приняты полностью в пределах этого временного слота, а могут прибыть позже, во время другого временного слота, что может вызвать потерю связи.

[0035] Для учета задержек распространения передатчик будет отправлять раньше или задерживать передаваемые данные и отправлять пакеты радиочастотных (RF) сигналов с учетом задержек распространения, а приемник будет ожидать распределенные передаваемые данные в скорректированное время. В случае присутствия множества мобильных станций MS и при одной базовой приемопередающей станции BTS для мобильных станций MS часто может быть предпочтительным иметь возможность регулирования их времен передачи данных таким образом, чтобы в базовой приемопередающей станции BTS все временные слоты оказывались выровненными. Аналогично, базовая приемопередающая станция BTS может отправлять свои передаваемые данные в назначенных временных слотах, но мобильные станции MS могут задерживать или опережать время, в которое они отслеживают или ожидают к приему передаваемые данные для учета задержек распространения. Это может быть осуществлено в дополнение к распределению базовой приемопередающей станцией BTS временного слота или слотов и несущей частоты или несущих частот для мобильной станции MS, когда базовая приемопередающая станция BTS указывает мобильной станции MS задержку распространения или расстояние между мобильной станцией MS и базовой приемопередающей станцией BTS.

[0036] Для работы с использованием протокола GSM базовая приемопередающая станция BTS может иметь сведения о задержке распространения сигнала мобильной станции MS из того, как сигнал прибывает в канал произвольного доступа (RACH). Канал произвольного доступа (RACH) представляет собой временной слот только для восходящего канала, который используют, когда мобильная станция MS должна получить

доступ к каналу для передачи данных. Мобильная станция MS запрашивает доступ к каналу путем отправки сигнального пакета, длительность которого составляет 87 битов, по каналу произвольного доступа (RACH). Пакет для канала произвольного доступа (RACH) разработан таким образом, что между ним и следующим временным слотом расположен защитный интервал, состоящий из 69,25 битов. В результате пакет может смещаться в пределах слота канала произвольного доступа (RACH) на 69,25 битов без нежелательных результатов. Когда пакет канала произвольного доступа (RACH) достигает базовой приемопередающей станции BTS, она может измерить, на сколько из указанных защитных битов сигнальный пакет сместился вправо (т.е. сдвинулся дальше во времени), и, таким образом, станция BTS может определить задержку распространения сигнала. Базовая приемопередающая станция BTS при ответной передаче мобильной станции MS информации о назначении ей канала включает в свой ответ то, что называют "опережением синхронизации" (временным опережением (TA), которое может быть выражено как множество битов, на которое мобильная станция MS должна сместить свой сигнал, чтобы он достигал базовой приемопередающей станции BTS в пределах надлежащего временного слота и не перетекал в смежный временной слот. В протоколе GSM значение опережения синхронизации может находиться в пределах примерно от 0 до 63 битов, где 0 битов соответствует нулевой задержке распространения двойного пробега, и 63 бита соответствуют задержке распространения, которую воспринимает мобильная станция MS, расположенная на расстоянии 35 км от базовой приемопередающей станции BTS, при прохождении радиосигналов со скоростью света.

[0037] Без тщательной синхронизации данные, передаваемые мобильными станциями MS, находящимися на различных расстояниях, могут достигать базовой приемопередающей станции BTS в пределах одного и того же временного слота и вызвать конфликт или перекрытие. Эти конфликты создают взаимные помехи с точки зрения базовой приемопередающей станции BTS, которые снижают качество и надежность связи. Защитный интервал (измеряемый в битах и называемый "защитными битами") может использоваться для препятствования тому, чтобы погрешности синхронизации пакета создавали конфликты сигналов, но эта мера может только учитывать незначительные ошибки путем установки времени во внутренних часах и не может учитывать разности между увеличенными и изменяемыми дальностями распространения.

[0038] Например, между временными слотами может быть задан защитный интервал 30,461 мкс (8,25 защитных битов), так что даже если первая мобильная станция MS находится на расстоянии 4,569 км от базовой приемопередающей станции BTS (9,138 км расстояния двойного пробега), и ей назначен первый временной слот, а вторая мобильная станция MS находится непосредственно рядом с базовой приемопередающей станцией BTS, и ей назначен следующий временной слот, относительные задержки распространения сигналов не будут приводить к взаимным помехам. Это происходит благодаря тому, что в то время как сигнал от первой мобильной станции MS задержан на 30,461 мкс, базовая приемопередающая станция BTS принимает более позднюю часть передаваемых данных во время защитного интервала, и прием этих передаваемых данных завершается прежде, чем начнется временной слот второй мобильной станции MS. Часто защитный интервал является слишком коротким для размещения мобильных

станций MS на всех расстояниях, на которых они могут находиться. Например, если расстояние нахождения мобильной станции MS составляет 10 км (20 км двойного пробега), задержка распространения передаваемых данных от этой мобильной станции MS до базовой приемопередающей станции BTS составит 33,333 мкс, что больше, чем защитный интервал, в результате чего базовая приемопередающая станция BTS принимает указанные передаваемые данные в то же время, что и передаваемые данные от другой мобильной станции MS, которой назначен следующий временной слот.

[0039] Одно решение для согласования отдаленных мобильных станций MS, совместно использующих одну и ту же базовую приемопередающую станцию BTS, состоит в использовании механизма опережения синхронизации. Протокол GSM обеспечивает пример такого опережения. При первоначальном квитировании между мобильной станцией MS и базовой приемопередающей станцией BTS, например, в протоколе GSM, использующем связь по каналу произвольного доступа (RACH), базовая приемопередающая станция BTS определяет расстояние между собой и мобильной станцией MS. Базовая приемопередающая станция BTS может передавать и принимать отметки времени в процессе квитирования по каналу произвольного доступа (RACH) при вычислении расстояния между мобильной станцией MS и базовой приемопередающей станцией BTS для каждой мобильной станции MS на основании задержки распространения восходящего канала.

[0040] Определенное расстояние может не соответствовать фактическому расстоянию между мобильной станцией MS и базовой приемопередающей станцией BTS, но для многих целей псевдорасстояние является достаточным. Используемый в

настоящей заявке термин "псевдорасстояние" обозначает расстояние, которое может быть или может не быть фактическим расстоянием, но которое используется в качестве полномочного или расчетного расстояния, т.е. блок, расположенный в мобильной станции MS, базовой приемопередающей станции BTS или в другом месте, предполагает, что значение является указанным расстоянием, и различные компоненты разработаны таким образом, что действуют достаточно хорошо с использованием этого значения, когда оно достаточно близко к фактическому значению. В качестве яркого примера, предположим, что мобильная станция MS и базовая приемопередающая станция BTS расположены на расстоянии 2 метра друг от друга, но между ними существует нечто, препятствующее прохождению прямого сигнала, и самый краткий путь составляет 3 км, которые включает в себя множество отражений. В таком случае псевдорасстояние составляет 3 км, и мобильная станция MS и базовая приемопередающая станция BTS будут работать как разделенные расстоянием 3 км. Поскольку путь передачи сигналов, по которому следуют передаваемые данные, составляет 3 км, это расстояние может быть использовано в качестве значения расстояния между ними.

[0041] В целом, псевдорасстояние или псевдодиапазон расстояний, измеряемых между двумя объектами, может отличаться от фактического расстояния между этими объектами, или диапазон расстояний может быть измерен путем определения времени распространения радиочастотного сигнала от одного объекта до другого. Из-за отражения и многолучевого распространения сигналов расстояние вдоль линии прямой видимости (или диапазон расстояний) между источником сигнала и получателем сервиса может несколько отличаться от дальности распространения этого сигнала, когда псевдорасстояние (или диапазон псевдорасстояний) отличается от фактического

расстояния (или диапазона расстояний). Но при постоянном использовании множество операций могут выполняться со справедливым значением псевдорасстояния. В других случаях использования приставка "псевдо" также может быть используема для указания оценочного, предполагаемого, приблизительного и т.п. значения.

[0042] После определения псевдорасстояния для мобильной станции MS базовая приемопередающая станция BTS сохраняет это псевдорасстояние в таблице, которую она поддерживает для параметров и переменных для каждой из активных мобильных станций MS, использующих приемопередатчики этой базовой приемопередающей станции BTS. Базовая приемопередающая станция BTS передает это значение мобильной станции MS в управляющем сообщении, как описано в другом месте в настоящей заявке. Затем мобильную станцию MS программируют для осуществления "опережения синхронизации", причем мобильная станция MS рассматривает свою копию системного таймера, вычитает задержку распространения, соответствующую псевдорасстоянию, и отправляет свои передаваемые данные базовой приемопередающей станции BTS раньше начала ее диспетчеризованного временного слота. Процесс канала произвольного доступа (RACH) может включать различные этапы, как подробно описано ниже, для определения этих значений.

[0043] Используемая в настоящей заявке задержка распространения может быть вычислена из дальности распространения и наоборот с использованием скорости света $c=3\cdot10^8$ м/с в качестве коэффициента пересчета или приближения к нему. В случае, если задана стандартизированная битовая скорость для передаваемых данных, такая как 270,833 кбит/сек для GSM, задержки распространения или расстояния могут быть

выражены как множество битов. Например, расстояние 12 км приводит к задержке распространения двойного пробега 80 мкс и с каждым битом, передаваемым более чем 3,692 мкс расстояние 12 км и задержка распространения 80 мкс могут быть эквивалентно представлены как расстояние или распространение в пределах 22 битов (точнее 21,66 бита). Таким образом, один "бит" распространения эквивалентен примерно 555 метрам дальности распространения двойного пробега и длительности 3,692 мкс.

[0044] Мобильным станциям MS, работающим на различных расстояниях от базовой приемопередающей станции BTS, назначают различные опережения синхронизации для аккомодации их соответствующих расстояний связи. Для удобства это может быть выражено как целочисленное количество битов. Для учета перемещения мобильной станции MS это значение опережения синхронизации, которое привязано к мобильной станции MS и используется блоками в мобильной станции MS для определения, когда передавать или принимать, может периодически и достаточно часто обновляться для аккомодации подвижных целей, которые могут иметь переменные во времени расстояния связи относительно базовой приемопередающей станции BTS. Например, если пользователь использует мобильную станцию MS, находясь в скоростном поезде, перемещающимся со скоростью 200 км/ч, расстояние должно обновляться чаще, чем если бы пользователь шел пешком.

[0045] В конкретном примере для протокола GSM опережение синхронизации представлено 6-битовым значением, где минимальное значение представлено 0-битовым опережением синхронизации, и максимальное значение представлено 63-битовым опережением синхронизации. Поскольку каждый бит в протоколе GSM, как

предполагается, соответствует 3,692 мкс (и приблизительно 555 метров задержки распространения двойного пробега), 63 бита опережения синхронизации используются, когда псевдорасстояние составляет примерно 555 м/бит*63 бита = 34965 м, или приблизительно 35 км. Таким образом, этот подход опережения синхронизации вполне приемлем для мобильных станций MS, которые находятся на расстоянии от 0 до 35 км от базовой приемопередающей станции BTS. В протоколе GSM базовая приемопередающая станция BTS программируется или по меньшей мере должна программироваться таким образом, чтобы не отвечать на запросы мобильной станции MS, если базовая приемопередающая станция BTS определяет, что мобильная станция MS находится дальше чем 35 км от базовой приемопередающей станции BTS. Это не составляет проблемы, если имеются другие более близкие базовые приемопередающие станции BTS, или базовые приемопередающие станции BTS распределены таким образом, что все точки находятся в пределах 35 км от одной или более базовых приемопередающих станций BTS.

[0046] Мобильная станция MS отправляет передаваемые данные с опережением синхронизации прежде, чем начнется ее временной слот (относительно синхронизации таймера мобильной станции MS), и когда ее данные принимаются в базовой приемопередающей станции BTS после истечения задержки распространения, базовая приемопередающая станция BTS принимает эти данные полностью в пределах своего временного слота, если опережение синхронизации соответствует задержке распространения. Мобильная станция MS может правильно выполнить это, поскольку она обеспечена информацией о величине опережения синхронизации, которое она должна использовать. Следует отметить, что фактическое расстояние и, таким образом,

фактическая задержка распространения, могут отличаться от псевдорасстояния, но это зачастую не составляет проблемы, поскольку связь MS-BTS имеет некоторый дрейф, который должен учитывать разности собственных таймеров, вариативности передатчиков и т.п.

[0047] Указанный механизм синхронизации работает хорошо, если всегда имеются одна или более базовые приемопередающие станции BTS в пределах 35 км от любой мобильной станции MS, но это не всегда имеет место. В некоторых географических областях может быть непрактичным, невыполнимым или неэкономичным иметь базовые приемопередающие станции BTS на расстоянии не более чем 35 км от любой точки в этой области. Например, в сельских, удаленных или островных географических областях инфраструктура базовой приемопередающей станции BTS с таким разнесением может остаться без использования или не иметь возможности установки или получения электроэнергии из-за недоступности ландшафта, и пользователи с мобильными станциями MS могут быть редкими и широко разбросанными. В таких ситуациях мог быть использован механизм "увеличенной дальности". Протокол GSM обеспечивает такой механизм.

[0048] С механизмом увеличенной дальности каждой мобильной станции MS назначают два последовательных временных слота вместо одного, в результате чего мобильная станция MS может связываться с базовой приемопередающей станцией BTS без необходимости использования какого-либо опережения синхронизации, поскольку передаваемые данные могут быть задержаны в базовой приемопередающей станции BTS на столько, сколько составляет длительность одного временного слота. Несмотря на

то, что такой подход увеличивает разрешенное расстояние MS-BTS (например, от 35 км до 120 км), он вдвое уменьшает пропускную способность, поскольку в этом случае имеются только четыре назначаемых временных слота, доступные в каждом фрейме TDMA, вместо восьми. Это не может быть причиной для озабоченности в сельской, удаленной или островной области, если скорости передачи данных являются низкими. С использованием сочетания механизма опережения синхронизации и механизма увеличенной дальности максимальное расстояние MS-BTS может составлять 35 км + 85 км = 120 км.

[0049] С использованием механизма увеличенной дальности каждой мобильной станции MS выделяют весь временной слот в качестве дополнительного защитного интервала, который вдвое уменьшает пропускную способность. Вариантом этого механизма является "механизм сортированной увеличенной дальности", подобный тому, который представлен, например, в патенте США № 5,642,355. С использованием механизма сортированной увеличенной дальности временные слоты "потребляются" для использования в качестве защитных битов, но временные слоты назначают мобильным станциям MS в соответствии с расстоянием, в результате чего ближайшая мобильная станция MS получает первый временной слот, а самая дальняя мобильная станция MS получает последний временной слот, который выделен для мобильной станции MS, т.е. перед любыми "потребленными" временными слотами, которые не назначены каким-либо мобильным станциям MS. Потребленные временные слоты используют в качестве защитных битов, которые являются необходимыми, поскольку увеличение дальности мобильных станций MS приводит к необходимости раздвижения передаваемых данных. В

действительности, оно "раздвигает" неиспользованные временные слоты между пакетами.

[0050] Если имеется более чем 85-километровый промежуток или по другим причинам, может быть использован механизм "кольцевой увеличенной дальности". С использованием кольцевого механизма увеличенной дальности предполагается фиксированное минимальное расстояние, синхронизацию в базовой приемопередающей станции BTS корректируют в соответствии с этим фиксированным минимальным расстоянием, и мобильная станция MS, которая находится ближе, чем минимальное расстояние связи, не поддерживается, поскольку базовая приемопередающая станция BTS предполагает, что все мобильные станции MS находятся по меньшей мере дальше указанного расстояния. Такой подход подобен подходу, описанному в патенте США № 6,101,177. Дальность 35 км, полученная с использованием механизма опережения синхронизации, может использоваться для поддержки расстояния MS-BTS, которое колеблется от минимального расстояния до минимального расстояния плюс 35 км, без необходимости любых модификаций мобильной станции MS. Согласно одному варианту реализации минимальное расстояние составляет 85 км, но может быть использовано различное минимальное расстояние. Таким образом, в этом примере базовая приемопередающая станция BTS может поддерживать мобильную станцию MS, которая расположена на расстоянии между 85 км и 120 км от базовой приемопередающей станции BTS.

[0051] Кольцевой механизм увеличенной дальности может использоваться с 8-ю из 8-и распределенных временных слотов и позволяет обрабатывать мобильные станции

MS с расстояниями от 85 км до 120 км от базовой приемопередающей станции BTS. Однако при этом образуется физическая область молчания в зоне покрытия на расстоянии некоторого радиуса от базовой приемопередающей станции BTS, поскольку любой сигнальный пакет, отправленный из этой области, достигает базовой приемопередающей станции BTS слишком рано относительно момента, когда базовая приемопередающая станция BTS просматривает свои временные слоты. Вместо этого базовая приемопередающая станция BTS обеспечивает зону покрытия для кольцевой области. Кольцевой механизм увеличенной дальности может быть использован в географических областях, которые имеют физические промежутки, такие как озеро или долины, расположенные между базовой приемопередающей станцией BTS и обслуживаемыми ею мобильными станциями MS, для устранения таким образом проблемы наличия в указанном кольце области, в которой не поддерживается ни одна мобильная станция MS.

[0052] Следует отметить, что система GSM использует смещение фрейма TDMA между подканалами восходящего канала и нисходящего канала. В типичной фреймовой структуре системы GSM фрейм TDMA восходящего канала (или MS Tx и BTS Rx) смещен относительно фрейма TDMA нисходящего канала (или BTS Tx и MS Rx) на три временных слота с целью обеспечения того, чтобы мобильная станция MS не передавала и принимала в одно и то же время. Специалисту в данной области техники связи TDMA понятно, что указанное смещение между подканалами восходящего канала и нисходящего канала является независимым от связи на больших расстояниях и не является тем же самым, что и смещение синхронизации временного слота, используемое

только во фрейме TDMA восходящего канала в кольцевом механизме увеличенной дальности.

[0053] Если кольцевой механизм увеличенной дальности объединен с механизмом увеличенной дальности, это может использоваться индивидуально или в сочетании для обеспечения зоны покрытия базовой приемопередающей станции BTS с радиусом более 120 км. Эти способы часто бывают достаточными для наземной связи, поскольку такая связь обычно ограничивается кривизной земной поверхности. Например, для обеспечения связи по линии прямой видимости между наземной мобильной станцией MS и приемопередатчиком базовой приемопередающей станции BTS на расстоянии D приемопередатчик базовой приемопередающей станции BTS должен быть установлен на высоте по меньшей мере h=[SQRT(6370^2+D^2)-6370] км. Для D=120 км высота h=1130 м. Поскольку высота 1130 метров выше, чем любая конструкция, построенная до настоящего времени, высота вышки представляет собой намного больший ограничивающий фактор для наземной связи, чем расстояние, и, таким образом, способы увеличения расстояния больше, например, 120 км не столь уж полезны для наземной сотовой связи для передачи голоса, данных, текста и т.п., за исключением, может быть, выбранных местоположений, в которых присутствуют большие геологические структуры, подходящие для установки приемопередатчиков.

[0054] Для областей, в которых нецелесообразна установка вышек базовых станций, рассредоточенных с обеспечением широкой зоны покрытия, например, где практически нецелесообразно размещать базовую станцию вблизи некоторых местоположений, таких как в пределах 35 км или 85 км от некоторого местоположения,

или 120 км, где вышки могут быть установлены на большой высоте, может быть использована спутниковая связь. Как правило, спутниковая связь является очень дорогой и, таким образом, может использоваться только в случаях применения, которые оправдывают затраты, такие как затраты на оплату геологических исследований, специалистов-геологов, поисково-спасательных работ и т.п.

[0055] В данном случае термин "спутник" относится к искусственному спутнику, который запускают с Земли с целью использования на орбите, и/или который находится на орбите, собранный полностью или частично на земле и/или собранный полностью или частично на орбите. Спутник может быть собран и/или может работать на одной орбите и может быть перемещен на другую орбиту. Спутник может приводиться в движение или может работать без собственного движителя, и может опираться или не опираться на другие объекты, находящиеся на орбите, для приведения в движение. Используемый в настоящей заявке спутник при использовании на орбите без приведения в движение находится на орбите, которая является более или менее устойчивой. Такие орбиты имеют минимальное расстояние от поверхности Земли из-за атмосферного торможения. Не существует строгого разделения между достаточным вакуумом, обеспечивающим нахождение на орбите, и чрезмерной атмосферой, которая могла бы вызвать потерю орбиты спутником, не считая низкой околоземной орбиты (LEO), расположенной примерно на 400-500 км выше поверхности Земли, которая могла бы считаться практичной, но расположена даже ниже, чем высоты, подходящие для особенно компактного космического летательного аппарата, такого как наноспутники.

[0056] Минимальное расстояние для практической орбиты, являющееся столь большим, традиционно считается полностью подходящим для использования различных технологий в спутниковой связи. В некоторых случаях наземные станции не были мобильными, и в других случаях они были мобильными, но требовали большой энергии для питания и представляли собой тяжелое, громоздкое и специализированное оборудование. В дополнение к расстоянию, должно быть учтено перемещение спутника на орбите.

[0057] Известны множество решений для связи между спутниками и наземными переносными телефонами, расположенными на Земле, с использованием протоколов TDMA для связи. Некоторые поставщики спутниковых услуг включают спутниковые системы, такие как Iridium™, Globalstar™, Thuraya™ и Inmarsat™, которые основаны на уникальной разработке спутникового телефона или оконечного устройства пользователя (т.е. уникальном аппаратном устройстве, которое присоединяется или подключается к существующему мобильному телефону физическим или радиочастотным соединением). С использованием конкретного оконечного устройства пользователя может быть упрощено проектирование системы, спутника и оконечного устройства, поскольку каждое из этих устройств может быть разработано по отдельности для работы с другими устройствами. Негативный аспект состоит в том, что для этого требуется конкретное оконечное оборудование, необходимое для каждого конечного пользователя или небольших групп конечных пользователей, которое может быть неприемлемо дорогим и громоздким. Несмотря на то, что индивидуализированный подход к разработке оконечного устройства упрощает проектирование всей системы, поскольку оператор свободен в выборе конкретных способов связи, уровней мощности, частот и т.п., тем не

менее, она привязывает пользователей к конкретным поставщикам услуг. В результате, конечному пользователю приходится приобретать спутниковый телефон (или оконечное устройство пользователя, которое включает существующий мобильный телефон), который стоит от сотен до тысяч долларов, является большим, имеет тяжелую антенну, потребляет значительную мощность и имеет дорогостоящую ежемесячную подписку на обслуживание, а также может выполнять все это для более чем одного поставщика спутниковых услуг. Это ограничивает популярность рынка классических спутниковых телефонов.

[0058] Например, в патенте США № 8,538,327 описана модификация абонентского оборудования, которое вычисляет задержку, измеренную на основании данных, указывающих позицию спутника, и данных, указывающих позицию абонентского оборудования. Синхронизация связи восходящего канала от абонентского оборудования корректирует эту задержку при отправке к спутнику. Абонентское оборудование также вычисляет смещение частоты на основании данных, указывающих позицию и скорость спутника, и корректирует частоту своего сигнала восходящего канала соответствующим образом для учета динамического доплеровского смещения в системе связи. Разумеется, для этого требуется специальное абонентское оборудование, разработанное для спутниковой связи.

[0059] В качестве другого примера, в патентной публикации США № 2006/0246913 описан способ управления задержкой распространения радиочастотных сигналов с использованием колец подзоны покрытия, отличающийся уменьшенной разностью в различиях задержки распространения двойного пробега. Для этого используют спутник на

геостационарной орбите Земли (GEO), действующий в качестве радиорелейной станции для соединения удаленной мобильной станции с базовой станцией в ее сети. Для решения проблемы намного больших задержек, вводимых геостационарным спутником, отдельные обрабатывающие устройства обслуживают отдельное кольцо подзоны покрытия, или зону путем самоконфигурирования для диапазона разрешенных задержек распространения этого кольца/зоны. Связь между мобильной станцией и геостационарным спутником не может быть осуществлена без помощи дополнительных аппаратных средств оконечного устройства пользователя для управления мощностью, направленностью сигнала и частотой.

[0060] Таким образом, существует потребность в усовершенствованной системе для спутниковой связи с переносными или мобильными устройствами.

РАСКРЫТИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[0061] Предложен приемопередатчик множественного доступа для связи с мобильными станциями в средах управляемых условий, которые превышают расчетные условия мобильной станции, без необходимых требующихся модификаций мобильных станций, которые могут работать на околоземной орбите. Приемопередатчик множественного доступа выполнен с возможностью осуществления связи с мобильными станциями без превышения расчетных условий мобильной станции, таких как увеличенное расстояние, увеличенное относительное перемещение и/или другие условия, обычно присутствующие там, где функциональные средства наземного приемопередатчика должны выполняться орбитальным приемопередатчиком.

Орбитальный приемопередатчик может содержать: анализатор данных, который выполняет синтаксический анализ структуры данных фрейма; блок синхронизации сигналов, корректирующий синхронизацию на основании нахождения на орбите для соответствия наземным задержкам распространения; преобразователи частоты; и программируемое радиооборудование, выполненное с возможностью связи с околоземной орбиты с использованием протокола множественного доступа таким образом, что связь является совместимой со связью между наземной сотовой базовой станцией и наземной мобильной станцией или выглядит как связь между наземной сотовой базовой станцией и наземной мобильной станцией.

[0062] Приемопередатчик множественного доступа может поддерживать наземные мобильные станции, которые являются трубками сотовой телефонии, смартфонами и/или подключенными устройствами. Блок синхронизации сигналов может быть выполнен с возможностью корректировки частоты сигналов, передаваемых с орбиты, для учета наземных доплеровских смещений. Алгоритм распределения сигналов может распределять пропускную способность приемопередатчика множественного доступа среди множества наземных мобильных станций, включая наземную мобильную станцию, которой назначены множество временных слотов, множество несущих частот, множество ортогональных поднесущих и/или множество кодовых последовательностей. Приемопередатчик множественного доступа может содержать вычислитель расстояния, который для каждой наземной мобильной станции определяет расстояние от приемопередатчика множественного доступа до наземной мобильной станции, и блок синхронизации сигналов, который определяет синхронизацию передаваемых сигналов относительно фреймовой структуры, причем фреймовая структура содержит множество

слотов, каждый из которых имеет нулевое или ненулевое смещение синхронизации временного слота, обеспечивающее изменяемые задержки при передаче сигналов, вызванные расстоянием от приемопередатчика множественного доступа до наземной мобильной станции, и распределитель входного сигнала, который назначает отслеживающий временной слот во фреймовой структуре для отслеживания сигнала от наземной мобильной станции, причем отслеживающий временной слот синхронизирован на основании расстояния от приемопередатчика множественного доступа до наземной мобильной станции, и отслеживающий временной слот является одним из множества временных слотов, которые непостоянно задерживаются во фреймовой структуре для учета приемопередатчика множественного доступа, поддерживающего связь с множеством наземных мобильных станций, расположенных на различных расстояниях от приемопередатчика множественного доступа.

[0063] Приемопередатчик множественного доступа может иметь множество временных слотов, непостоянно задерживаемых во фреймовой структуре для учета поддержки связи приемопередатчика множественного доступа с множеством наземных мобильных станций, расположенных на различных расстояниях от приемопередатчика множественного доступа, путем назначения каждому из множества различных диапазонов расстояний каждой из множества групп каналов. Различные диапазоны расстояний все вместе могут охватывать наклонную дальность от расстояния зенита до минимального расстояния возвышения, причем расстоянием зенита является расстояние между позицией зенита спутника, содержащего приемопередатчик множественного доступа и наземной мобильной станцией, и минимальным расстоянием возвышения является расстояние между позицией спутника, когда наземная мобильная станция входит в

расчетную зону покрытия спутника. Каждый из различных диапазонов расстояний может охватывать примерно 34-35 км с разностью между расстоянием зенита и минимальным расстоянием возвышения между 210 км и 250 км. Расчетная зона покрытия спутника может иметь форму круга, эллипса, прямоугольника и/или может быть независимой от антенны и/или формы луча антенны и может не являться их функцией, но во множестве случаев применения она приближается к форме круга.

[0064] Приемопередатчик множественного доступа может быть выполнен с возможностью работы на околоземной орбите, сконфигурирован для связи с наземными мобильными станциями и содержать: анализатор данных, который выполняет синтаксический анализ данных, принятых приемопередатчиком множественного доступа, согласно фреймовой структуре, причем фреймовая структура определяет, какие временные слоты распределяются тем или иным наземным мобильным станциям; вычислитель расстояния, который определяет для каждой наземной мобильной станции расстояния от приемопередатчика множественного доступа до наземной мобильной станции; блок назначения каналов, который назначает множество наземных мобильных станций множеству групп каналов, причем группа каналов имеет наземную частоту и орбитальное смещение частоты; блок синхронизации сигналов, который определяет синхронизацию передаваемых сигналов относительно фреймовой структуры; и модулятор сигналов, который модулирует сигналы для соответствия наземной мобильной станции на наземной частоте с орбитальным смещением частоты, причем орбитальное смещение частоты по меньшей мере примерно соответствует ожидаемому доплеровскому смещению сигналов, передаваемых наземной мобильной станцией, вызванному относительным перемещением приемопередатчика множественного доступа

и наземной мобильной станции, так что наземная мобильная станция принимает сигнал на наземной частоте. Множество групп каналов могут распределяться на основании относительных позиций спутника, содержащего приемопередатчик множественного доступа, и наземной мобильной станции, причем орбитальное смещение частоты изменяется с небольшими приращениями, такими как приращения 5 кГц.

[0065] Согласно конкретному варианту реализации базовая станция множественного доступа с одним или более приемопередатчиками поддерживает связь с множеством наземных мобильных станций, причем наземная мобильная станция выполнена с возможностью ожидания связи базовой станции с наземной сотовой базовой станцией, которая находится в пределах ограниченного расстояния от наземной мобильной станции и/или перемещается со скоростью, которая меньше, чем ограниченная скорость, относительно наземной мобильной станции. Базовая станция множественного доступа содержит: анализатор данных, который выполняет синтаксический анализ данных, принятых базовой станцией множественного доступа, согласно фреймовой структуре, причем фреймовая структура определяет, какие временные слоты распределяются той или иной из множества наземных мобильных станций, при этом фреймовая структура содержит множество слотов, каждый из которых имеет нулевое или ненулевое смещение синхронизации временного слота, которое обеспечивает изменяемые задержки при передаче сигналов, вызванные расстоянием от базовой станции множественного доступа до множества наземных мобильных станций; блок синхронизации сигналов, который определяет регулировку сигналов синхронизации относительно фреймовой структуры для сигнала, передаваемого к наземной мобильной станции, на основании расстояния между базовой станцией множественного доступа и

наземной мобильной станцией, причем расстояние между базовой станцией и мобильной станцией превышает ограниченное расстояние; и программируемое радиооборудование, выполненное с возможностью осуществления связи между базовой станцией множественного доступа и наземной мобильной станцией с использованием протокола множественного доступа и с учетом регулировки сигналов синхронизации, так что связь является совместимой со связью между наземной сотовой базовой станцией и наземной мобильной станцией или выглядит как связь между наземной сотовой базовой станцией и наземной мобильной станцией, несмотря на то, что расстояние между базовой станцией и мобильной станцией превышает ограниченное расстояние.

[0066] Базовая станция множественного доступа может быть выполнена с возможностью связи с множеством наземных мобильных станций, причем множество наземных мобильных станций включает трубки сотовых телефонов, смартфоны и/или подключенные устройства. Ограниченное расстояние может составлять примерно 100 км, 120 км или некоторое другое расстояние с расстоянием между базовой станцией и мобильной станцией, превышающим это ограниченное расстояние. Протокол множественного доступа может быть одним из протокола на основе CDMA, протокола стандарта LTE, протокола GSM, протокола на основе OFDMA, протокола на основе FDMA, протокола на основе TDMA, протокола EGPRS или протокола EDGE. Базовая станция множественного доступа может быть орбитальной базовой станцией, которая предназначена для работы на околоземной орбите, причем ограниченное расстояние составляет 120 км, и расстояния между базовой станцией и наземными мобильными станциями из множества наземных мобильных станций составляют от примерно 500 км до примерно 750 км. Согласно еще одному варианту реализации базовой станцией

множественного доступа является базовая станция, действующая в земной атмосфере, включая станции, устанавливаемые на одном или в одном или более из самолета, БПЛА и/или воздушного шара, причем ограниченное расстояние составляет 120 километров, и расстояние между базовой станцией и мобильной станцией превышает 120 километров.

[0067] Базовая станция множественного доступа может содержать алгоритм распределения сигналов для распределения пропускной способности базовой станции множественного доступа среди множества наземных мобильных станций, включая наземную мобильную станцию, рассредоточенной по множеству временных слотов, множеству несущих частот, множеству ортогональных поднесущих и/или множеству кодовых последовательностей. Программируемое радиооборудование может быть выполнено с возможностью отслеживания сигнала от наземной мобильной станции с использованием протокола множественного доступа и может содержать: вычислитель расстояния, который определяет для каждой наземной мобильной станции из множества наземных мобильных станций ее расстояние между базовой станцией и мобильной станцией от базовой станции множественного доступа до наземной мобильной станции; приемный блок синхронизации, который определяет синхронизацию принимаемых сигналов от наземной мобильной станции относительно фреймовой структуры на основании расстояния между базовой станцией и наземной мобильной станцией; и распределитель входного сигнала, который назначает отслеживающий временной слот во фреймовой структуре для отслеживания сигнала от наземной мобильной станции, причем отслеживающий временной слот синхронизирован на основании расстояния между базовой станцией и наземной мобильной станцией, и отслеживающий временной слот является одним из множества временных слотов, которые непостоянно

задерживаются во фреймовой структуре для учета базовой станции множественного доступа, поддерживающей связь с множеством наземных мобильных станций, имеющих множество расстояний между базовой станцией и мобильной станцией.

[0068] Множество временных слотов могут непостоянно задерживаться во фреймовой структуре для учета множества наземных мобильных станций, имеющих множество расстояний между базовой станцией и мобильной станцией, путем назначения каждого из множества различных диапазонов расстояний между базовой станцией и мобильной станцией каждой из множества групп каналов. Базовая станция множественного доступа может быть орбитальной базовой станцией, которая предназначена для работы на околоземной орбите, причем множество различных диапазонов расстояний между базовой станцией и мобильной станцией все вместе охватывают наклонную дальность от расстояния зенита до минимального расстояния возвышения, причем расстоянием зенита является расстояние между позицией зенита спутника, содержащего базовую станцию множественного доступа, относительно наземной мобильной станции, и при этом минимальным расстоянием возвышения является расстояние между позицией спутника, когда наземная мобильная станция входит в расчетную зону покрытия спутника.

[0069] Каждый из различных диапазонов расстояний между базовой станцией и мобильной станцией может охватывать примерно 34-35 км с разностью между расстоянием зенита и минимальным расстоянием возвышения между 210 км и 250 км.

[0070] Расчетная зона покрытия спутника может иметь форму круга, эллипса, прямоугольника и т.п. и может быть независимой от антенны и/или формы луча антенны и может не являться их функцией.

[0071] Согласно некоторым вариантам реализации базовая станция множественного доступа, имеющая один или более приемопередатчиков, поддерживает связь с множеством наземных мобильных станций, выполненных с возможностью ожидания связи базовой станции с наземной сотовой базовой станцией, которая находится в пределах ограниченного расстояния от наземной мобильной станции и/или перемещается со скоростью, которая меньше, чем ограниченная скорость, относительно наземной мобильной станции. Базовая станция множественного доступа содержит: анализатор данных, который выполняет синтаксический анализ данных, принятых базовой станцией множественного доступа, согласно фреймовой структуре, определяющей, какие временные слоты распределяются той или иной из множества наземных мобильных станций, и согласно протоколу множественного доступа, согласно которому наземная мобильная станция ожидает приема сигналов на указанной частоте и передачи сигналов на указанной частоте; вычислитель доплеровского смещения, определяющий для каждой наземной мобильной станции из множества наземных мобильных станций ее доплеровское смещение, вызванное скоростью ее перемещения относительно базовой станции множественного доступа; блок назначения канала, который назначает каждую из множества наземных мобильных станций группам каналов в множестве групп каналов, каждая из которых имеет наземную частоту и доплеровское смещение частоты; модулятор сигнала, модулирующий сигналы для наземной мобильной станции на частоте наземной станции с доплеровским смещением частоты, которое по

меньшей мере примерно соответствует ожидаемому доплеровскому смещению в сигналах, передаваемых наземной мобильной станции, вызванному относительным перемещением базовой станции множественного доступа и наземной мобильной станции, так что наземная мобильная станция принимает сигнал на наземной частоте; и программируемое радиооборудование, выполненное с возможностью приема связи от наземной мобильной станции с использованием протокола множественного доступа и с учетом доплеровского смещения частоты наземной мобильной станции, так что связь является совместимой со связью между наземной сотовой базовой станцией и наземной мобильной станцией или выглядит как связь между наземной сотовой базовой станцией и наземной мобильной станцией, несмотря на то, что скорость наземной мобильной станции относительно базовой станции множественного доступа превышает ограниченную скорость.

[0072] Скорость наземной мобильной станции относительно базовой станции множественного доступа может быть результатом нахождения базовой станции множественного доступа на орбите Земли, и причем доплеровское смещение частоты может изменяться с приращениями по 5 кГц.

[0073] Базовая станция множественного доступа может содержать алгоритм распределения сигнала для распределения пропускной способности базовой станции множественного доступа среди множества наземных мобильных станций, включая наземную мобильную станцию, рассредоточенной по множеству временных слотов, множеству несущих частот, множеству ортогональных поднесущих и/или множеству кодовых последовательностей.

[0074] Базовая станция множественного доступа может обеспечивать для каждой из множества групп каналов подканал восходящего канала и подканал нисходящего канала со смежным спектром для подканалов восходящего канала и смежным спектром для подканалов нисходящего канала. Группы каналов могут быть назначены таким образом, что смежные группы каналов назначаются смежным доплеровским смещениям частоты.

[0075] Согласно конкретному варианту реализации базовая станция множественного доступа имеет один или более приемопередатчиков, которые осуществляют связь с множеством наземных мобильных станций, причем наземная мобильная станция выполнена с возможностью ожидания связи базовой станции с наземной сотовой базовой станцией, которая находится в пределах ограниченного расстояния от наземной мобильной станции и/или перемещается со скоростью, которая меньше, чем ограниченная скорость, относительно наземной мобильной станции, при этом базовая станция множественного доступа может содержать: анализатор данных, который выполняет синтаксический анализ данных, принятых базовой станцией множественного доступа, согласно фреймовой структуре, причем фреймовая структура определяет, какие временные слоты распределяются той или иной из множества наземных мобильных станций, при этом фреймовая структура содержит множество слотов, каждый из которых имеет нулевое или ненулевое смещение синхронизации временного слота, которое обеспечивает изменяемые задержки при передаче сигналов, вызванные расстоянием от базовой станции множественного доступа до множества наземных мобильных станций, и также согласно протоколу множественного доступа,

согласно которому наземная мобильная станция передает и ожидает приема сигналов на указанной частоте, передает сигналы на наземной частоте и принимает сигналы с доплеровским смещением частоты, и причем протокол множественного доступа указывает группы каналов в множестве групп каналов, причем каждая группа каналов имеет назначенную наземную частоту и назначенный временной слот; блок синхронизации сигналов, который определяет регулировку сигналов синхронизации относительно фреймовой структуры для сигнала, передаваемого наземной мобильной станции, на основании расстояния между базовой станцией множественного доступа и наземной мобильной станцией, причем расстояние между базовой станцией и мобильной станцией превышает ограниченное расстояние, при этом каждой группе каналов назначают предусмотренное регулирование синхронизации сигналов; вычислитель доплеровского смещения, определяющий для каждой наземной мобильной станции из множества наземных мобильных станций ее доплеровское смещение, вызванное скоростью ее перемещения относительно базовой станции множественного доступа, причем каждой группе каналов назначено предусмотренное доплеровское смещение частоты; динамический распределитель каналов, который распределяет каждую из множества наземных мобильных станций предусмотренной группе каналов в множестве групп каналов на основании ее предусмотренного регулирования синхронизации сигналов и ее предусмотренного доплеровского смещения частоты, причем количество каналов в предусмотренной группе каналов соответствует количеству множества наземных мобильных станций, которые имеют или ожидаемо будут иметь предусмотренное регулирование синхронизации сигналов и предусмотренное доплеровское смещение частоты; модулятор сигналов, который модулирует сигналы для наземной мобильной станции на наземной частоте с доплеровским смещением частоты, причем доплеровское

смещение частоты по меньшей мере примерно соответствует ожидаемому доплеровскому смещению в сигналах, передаваемых наземной мобильной станции, вызываемому перемещением базовой станции множественного доступа относительно наземной мобильной станции, так что наземная мобильная станция принимает сигнал на наземной частоте; и программируемое радиооборудование, выполненное с возможностью приема связи между базовой станцией множественного доступа и наземной мобильной станцией с использованием протокола множественного доступа и с учетом доплеровского смещения частоты наземной мобильной станции, так что связь является совместимой со связью между наземной сотовой базовой станцией и наземной мобильной станцией или выглядит как связь между наземной сотовой базовой станцией и наземной мобильной станцией, несмотря на то, что расстояние между базовой станцией и мобильной станцией превышает ограниченное расстояние, и несмотря на то, что скорость наземной мобильной станции относительно базовой станции множественного доступа превышает ограниченную скорость.

[0076] Описанное ниже осуществление настоящего изобретения вместе с сопроводительными чертежами обеспечивает наилучшее понимание принципа и преимуществ настоящего изобретения.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

[0077] Различные варианты реализации в соответствии с настоящим изобретением описаны ниже со ссылкой на сопроводительные чертежи, на которых:

[0078] На ФИГ. 1 изображена ситуация, в которой может быть использовано настоящее изобретение;

[0079] На ФИГ. 2 изображены дополнительные примеры ситуации, показанной на ФИГ. 1;

[0080] На ФИГ. 3 изображен пример основанного на фрейме протокола, используемого при связи между базовой приемопередающей станцией и мобильной станцией;

[0081] На ФИГ. 4 изображен пример влияния задержки распространения и использования опережения синхронизации, когда используют протокол с временным разделением каналов;

[0082] На ФИГ. 5 изображен пример использования способа увеличенной дальности для протокола с временным разделением каналов;

[0083] На ФИГ. 6 изображен пример использования способов увеличенной дальности и опережения синхронизации для протокола с временным разделением каналов;

[0084] На ФИГ. 7 изображен пример множества мобильных станций MS на различных расстояниях от базовой приемопередающей станции BTS, где указанные расстояния определены по меньшей мере приблизительно;

[0085] На ФИГ. 8 изображено, как различным мобильным станциям MS, расположенным на различных расстояниях, как показано на ФИГ. 7, назначают временные слоты на основании их определенных расстояний для обеспечения связи способом сортированной увеличенной дальности;

[0086] На ФИГ. 9 изображена зона покрытия для кольцевого способа с использованием смещения синхронизации;

[0087] На ФИГ. 10 изображено, как корректируют синхронизацию для кольцевого способа;

[0088] На ФИГ. 11 изображен пример зоны покрытия спутника и результирующие диапазоны расстояний в пределах этой зоны покрытия спутника;

[0089] На ФИГ. 12 изображен пример того, как различным мобильным станциям могут назначать различные временные слоты на основании их наземного местоположения для осуществления кольцевого способа и способа сортированной увеличенной дальности связи с использованием протокола TDMA;

[0090] На ФИГ. 13 изображено, как различным мобильным станциям могут назначать различные несущие частоты на основании расстояний их наземных местоположений, так что кольцевой способ может использоваться с переменными кольцевыми диаметрами для различных несущих частот;

[0091] На ФИГ. 14 изображена зона покрытия спутника, которая может быть разделена на полосы доплеровского смещения;

[0092] На ФИГ. 15 изображена блок-схема процесса измерения для определения псевдорасстояния и доплеровского смещения сигналов от мобильной станции MS;

[0093] На ФИГ. 16 изображено, как зона покрытия спутника может быть разделена на кольца дальностей, полосы доплеровского смещения и одновременно на кольца дальностей и полосы доплеровского смещения;

[0094] На ФИГ. 17 изображены примеры сот колец дальностей/полос доплеровского смещения в зоне покрытия спутника;

[0095] На ФИГ. 18 изображен пример назначения сот колец дальностей/полос доплеровского смещения, показанных на ФИГ. 17, конкретным группам несущих частот и доплеровского смещения;

[0096] На ФИГ. 19 изображено, как частотные спектры могут быть распределены различным группам доплеровского смещения для канала в зависимости от доплеровских смещений во время связи между базовой приемопередающей станцией BTS и мобильными станциями MS;

[0097] На ФИГ. 20 изображено приведенное в качестве примера назначение сот в зоне покрытия спутника на основании ожидаемой плотности мобильных станций MS на соту;

[0098] На ФИГ. 21 изображено приведенное в качестве примера распределение каналов, которое может быть использовано для распределения и преобразования, показанных на ФИГ. 20;

[0099] На ФИГ. 22 изображена блок-схема процесса установки и определения расстояния;

[00100] На ФИГ. 23 изображена приведенная в качестве примера схема приемопередатчика и соответствующих компонентов.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

[00101] Ниже приведено описание различных вариантов реализации настоящего изобретения. В целях объяснения конкретные конфигурации и подробности сформулированы для обеспечения полного понимания различных вариантов реализации. Однако специалисту также понятно, что эти варианты реализации могут быть осуществлены без конкретных подробностей. Кроме того, известные признаки могут быть опущены или упрощены, чтобы не затенять описываемый вариант реализации.

[00102] Способы, описанные и предложенные в настоящей заявке, включают проектные решения для установленной на спутнике базовой приемопередающей станции BTS, которая является спутником или частью спутника, выполненного с возможностью работы на орбите, и которая содержит приемопередатчики для передачи и приема сигналов между наземными устройствами, такими как мобильные станции MS, которые являются мобильными станциями, предназначенными для использования с наземными базовыми приемопередающими станциями BTS. Во многих случаях мобильные станции MS могут использоваться без необходимости любых физических модернизаций или даже любых модернизаций программного обеспечения, и в этих случаях мобильная станция MS может связываться с приемопередатчиком и базовой приемопередающей станцией BTS независимо от того, что базовая приемопередающая станция BTS не является наземной базовой приемопередающей станцией BTS, или, в более широком смысле, независимо от того, что базовая приемопередающая станция BTS работает за пределами расчетной среды, предполагаемой для мобильных станций MS, например, на относительных расстояниях, которые больше предполагаемых расчетных расстояний, при относительных скоростях, которые намного больше, чем относительная скорость, для которой разработана мобильная станция MS, и а также независимо от других расчетных условий.

[00103] С использованием орбитальных приемопередатчиков и наземных мобильных станций MS базовая приемопередающая станция BTS может находиться вне пределов расчетных условий эксплуатации мобильной станции MS, которые предполагают максимальное расстояние от базовой приемопередающей станции BTS до мобильной станции MS, например, 35 км, и вне пределов расчетных условий

эксплуатации мобильной станции MS, которые предполагают, что относительные перемещения, такие как производная по времени расстояния между мобильной станцией MS и базовой приемопередающей станцией BTS во время связи, могут быть проигнорированы или являются намного меньшими, чем 7,2-7,8 км/с, обычные для орбитального приемопередатчика. Другие расчетные условия также могут играть свою роль. Например, орбитальный приемопередатчик имеет ограниченное временное окно для связи, поскольку спутник поднимается выше минимального возвышения относительно мобильной станции MS, пока не оказывается ниже минимального возвышения для противоположного горизонта.

[00104] Несмотря на то, что большая часть примеров и подробностей в данном случае относятся к орбитальному приемопередатчику, который является адаптируемым, конфигурируемым, программируемым и т.п. для надежной связи с мобильными станциями MS, которые работают почти как в своих расчетных условиях, эти способы могут использоваться не только в орбитальных вариантах применения. Например, они могут использоваться для базовых приемопередающих станций BTS, которые расположены достаточно высоко, так что настильный угол составляет больше чем 120 км. Например, если базовая приемопередающая станция BTS расположена на высоте 1130 метров, это является достаточным для обеспечения расстояния вдоль линии прямой видимости (наклонной дальности) мобильной станции MS 120 км или больше. Платформы, такие как самолеты, БПЛА, большевысотные беспилотные летательные аппараты, тепловые аэростаты, высотные аэростаты, суборбитальные летательные аппараты, космопланы, горы или даже некоторые очень высокие башни могут обеспечивать условия, в которых некоторые или все из вышеуказанных способов могут

найти применение. Также следует отметить, что вышеописанные способы могут быть применены даже в наземной приемопередающей станции BTS, но с антенной, выполненной с возможностью ее использования с мобильными станциями MS, работающими на платформах, которые обеспечивают большие расстояния связи (такие как более 120 км) и/или условия для значительного доплеровского смещения, такие как скорость перемещения более чем примерно 200 км/ч). Сюда могут быть включены условия, в которых мобильная станция MS работает на земле, в атмосфере или в космическом пространстве, а базовая приемопередающая станция BTS находится на земле и в любом мобильном устройстве (например, установлена на некотором транспортном средстве) или остается неподвижной.

[00105] Эти способы также могут найти применение в случаях, когда мобильная станция MS расположена на орбите и должна работать как в своих собственных расчетных условиях, а базовая приемопередающая станция BTS является наземной и может работать в условиях, не являющихся ее расчетными условиями, с корректировкой, учитывающей размещение указанных мобильных станций MS. Например, мобильная станция MS может использоваться в перемещающемся самолете или может быть расположена в космической станции. Опора базовой станции на земле с достаточно большой антенной может выполнять операции, обеспечивающие надежную связь с мобильной станцией MS с одновременной компенсацией подобных нарушений расчетных условий, таких как большие расстояния и значительные доплеровские смещения.

[00106] Функциональные средства контроллера базовых станций (BSC) и контроллера мобильных станций (MSC) (включая реестр исходного положения, или HLR,

и список абонентов) также могут находиться в спутнике, или некоторые из функциональных средств, не являющихся необходимыми на орбите, в могут частности, осуществляться на Земле. Функциональные средства базовой приемопередающей станции BTS, контроллера базовых станций (BSC) и/или контроллера мобильных станций (MSC) могут быть реализованы с использованием традиционных стандартных снабженных программным обеспечением радиосредств или аппаратных средств/программного обеспечения коммерческой (или проприетарной) категории в той степени, в которой они могут быть запрограммированы, сконфигурированы или адаптированы для выполнения необходимых функций.

[00107] Базовая приемопередающая станция BTS может выполнять свои функции несмотря на увеличенное расстояние между базовой приемопередающей станцией BTS и мобильной станцией MS, которое приводит к снижению мощности сигнала из-за расстояния и увеличению времени задержек распространения сигнала из-за расстояния, а также несмотря на влияния увеличенного относительного перемещения между базовой приемопередающей станцией BTS и мобильной станцией MS, которое превышает типичные наземные относительные перемещения мобильной станции MS относительно базовой приемопередающей станции BTS. Последнее обстоятельство вызывает доплеровские смещения, и традиционная мобильная станция MS, такая как сотовый телефон, может оказаться не в состоянии справиться со столь большим доплеровским смещением, как смещение, вызванное спутником, перемещающимся относительно мобильной станции MS с возможной скоростью 7,6 км/сек на низкой околоземной орбите (LEO). Указанные доплеровские смещения могут быть изменяющимися в зависимости от местоположения мобильной станции MS в пределах зоны покрытия спутника. В

местоположениях позади спутника будет наблюдаться отрицательное доплеровское смещение, в то время как перед спутником будет наблюдаться положительное доплеровское смещение.

[00108] Следует рассмотреть уровни мощности. Например, описание GSM предписывает мобильным телефонам пиковую мощность передачи до 1 или 2 Вт (в зависимости от частоты) в случае необходимости. Мобильный телефон, естественно, обеспечивает эту мощность в канале произвольного доступа (RACH), и после назначения канала базовая приемопередающая станция BTS может дать распоряжение снизить мощность, это нет необходимости передавать такой сильный сигнал. С соответствующей эффективностью антенны базовой приемопередающей станции BTS два ватта могут быть достаточной мощностью для осуществления связи для целесообразного угла места и высоты 500 км с использованием антенн с форм-фактором в пределах 50 см, причем скорости передачи в случае необходимости корректируются. Например, согласно одному варианту реализации могут быть использованы скорости 2G и узкополосный обмен сообщениями с короткими пакетами данных, вместо попыток поддерживать скорости передачи данных, такие как 4G согласно стандарту LTE, несмотря на то, что этот стандарт также может быть использован. Таким образом, пониженные уровни мощности и повышенные скорости передачи данных технически все еще могут поддерживаться базовой станцией космического базирования с достаточно эффективной антенной технологией. Однако более низкие уровни мощности наземных устройств и более высокие скорости передачи данных обуславливают тенденцию к повышению требований к мощности и весу оборудования спутникового сегмента.

[00109] Используемый в данном случае термин "зона покрытия" относится к участку земной поверхности, находящейся что в пределах досягаемости канала связи с базовой приемопередающей станцией BTS, расположенной на спутнике. В примерах, представленных в настоящей заявке, используются круглые зоны покрытия, но следует понимать, что зоны покрытия могут быть не только круглыми и могут зависеть от факторов затенения, формы поверхности Земли, атмосферных условий и т.п. В некоторых случаях зоной покрытия является "расчетная зона покрытия", которая отличается от фактической зоны покрытия. Например, спутник фактически может связываться с мобильным устройством, которое находится на некотором расстоянии от спутника и, таким образом, в пределах фактической зоны покрытия спутника, но из-за селективности, эффективности или в силу других причин система, которая использует этот спутник, была разработана для иной зоны покрытия, например, более малой зоны покрытия, чем фактическая зона покрытия, являющейся расчетной зоной покрытия. Граница расчетной зоны покрытия может быть кругом или эллипсом, проецируемым на земную поверхность спутником, с центром в точке поверхности непосредственно под спутником и предполагаемым радиусом покрытия согласно проектной документации, определенным, например, наклонной дальностью.

[00110] Используемый в настоящей заявке термин "земля" означает местоположение мобильной станции MS, но следует понимать, что "земля" не ограничивается земной поверхностью. Когда мобильная станция MS описывается как наземная или расположенная на земле, она может находиться в руках человека, расположенного на поверхности Земли, на поверхности водного пространства, отчасти ниже поверхности Земли или отчасти ниже поверхности водного пространства, на

верхнем этаже здания, в конструкции, которая не находится точно на уровне земли, в самолете или на достигнутой иным образом большой высоте, но в атмосфере, или подобных местоположениях. Однако в целях ясности понимания мобильная станция MS может быть описана как расположенная на земле для отличения от элементов, расположенных на орбите. Нельзя сказать, что системы, описанные в настоящей заявке, не могут быть пригодными для мобильной станции MS, которая находится на орбите. В случае необходимости, если не указано противное, мобильные станции MS, расположенные на орбитах, также могут поддерживаться настоящей системой связи, предполагая, что устройства электрически, механически и иным образом являются достаточно прочными для орбитального использования, даже если они не модифицированы специально для связи с базовой приемопередающей станцией BTS, расположенной на орбите.

[00111] Используемый в настоящей заявке термин "расположенный на орбите" относится к нахождению в местоположении инерциальной системы координат и перемещению со скоростью относительно инерциальной системы координат, которая является неподвижной (более или менее) относительно центра тяготения Земли и испытывает достаточно малое атмосферное торможение в этом местоположении, так что орбита может легко поддерживаться. В некоторых примерах, представленных в настоящей заявке, дается орбитальное расстояние, которое приблизительно соответствует типичному расстоянию от средней или обыкновенной точки на поверхности Земли, традиционно используемому для описания орбит. В некоторых примерах используется термин "низкая околоземная орбита (LEO)", и следует понимать, что примеры могут быть применены к орбитам, которые могут находиться отчасти снаружи

того, что традиционно определяется как низкая околоземная орбита (LEO), но все же относится к орбитам. Если не указано иное, нахождение на орбите также может быть описано в отношении орбит вокруг других астрономических тел, таких Марс, Луна, других планетарных лун, или даже интересующих точек, таких как L1 или L2. В большей части примеров в настоящей заявке базовая приемопередающая станция BTS находится на околоземной орбите, и мобильная станция MS является наземной. Описания в настоящей заявке других ситуаций, в которых базовая приемопередающая станция BTS и мобильная станция MS меняются местами, или в которых вместо нахождения на околоземной орбите базовая приемопередающая станция BTS находится в самолете, неуправляемом непилотируемом транспортном средстве, аэростате и т.п., где сталкиваются с подобными трудностями, или, в более широком смысле, где существуют условия, в которых трудности, такие как расстояния, задержки распространения и/или доплеровские смещения, превышают то, для выдерживания или проверки чего обычно разрабатывают мобильную станцию MS, например, расчетные условия, которые входят в конструирование и/или программирование мобильной станции MS.

[00112] В классической системе связи TDMA существуют аспекты синхронизации и мощности сигнала для осуществления линии связи, т.е. создания условий, в которых мощность принимаемого сигнала в достаточной степени превышает мощность шума/взаимных помех, так что данные могут распространяться в канале с необходимой скорость передачи и интенсивностью битовых ошибок в соответствии с предполагаемыми протоколами таким образом, что связь устройств не нарушается в любом конце. Как описано в настоящей заявке, установленная на спутнике базовая приемопередающая станция BTS может связываться с наземной мобильной станцией MS, разработанной для

использования с наземными базовыми приемопередающими станциями BTS. Установленная на спутнике базовая приемопередающая станция BTS модифицирует связь TDMA с мобильными станциями MS способом, который обеспечивает связь на некотором расстоянии, определенном разностно-дальномерным способом, с учетом изменяющихся задержек распространения, и который в то же время остается прозрачным для мобильных станций MS. Расположенное на низкой околоземной орбите (LEO), группа спутников может обеспечивать непрерывное соединение с орбиты на высоте 400-500 км над поверхностью Земли с приемлемой экономической стоимостью развертывания и целесообразным сроком службы с мобильными станциями MS, которые используют традиционные наземные технологию и протоколы связи. Базовая приемопередающая станция BTS обеспечивает подходящую синхронизацию для фреймовых структур TDMA, которая обеспечивает возможность орбитальной связи и распределение каналов, или поддержку схем назначения необходимых диапазонов псевдорасстояний и подавление доплеровского смещения, а также решает проблемы, связанные с взаимными помехами сигналов и рассогласованием из-за доплеровского смещения, вызванного орбитальными скоростями. В результате базовая приемопередающая станция BTS, как описано в настоящей заявке, может обеспечивать связь между космическим летательным аппаратом и наземными телекоммуникационными устройствами, а также связь, в которой используются средства и оборудование наземных телекоммуникационных устройств, которые обычно используются для наземной связи. Это может расширить диапазон радиопокрытия в системе связи с обеспечением связи между космическим летательным аппаратом на орбите и мобильными телефонами или другими средствами связи/беспроводными устройствами. Базовая приемопередающая станция BTS может использоваться в системах связи, которые повышают эффективность способов

множественного доступа в частотной и/или временной области (т.е. TDMA, FDMA, OFDMA и т.п.), используемых с традиционными мобильными телефонами, для связи с космическим летательным аппаратом на орбите посредством протоколов сотовой связи GSM или подобных протоколов наземной связи.

[00113] Базовая приемопередающая станция BTS может быть реализована с использованием способов связи, а именно способа множественного доступа во временной и/или частотной области, такого как TDMA, FDMA, CDMA, OFDMA и т.п., когда базовая приемопередающая станция BTS обрабатывает радиочастотный сигнал, смещающийся как во временной, так и в частотной областях, в результате чего приходится иметь дело с фигурирующими в процессе заданными расстояниями и относительными скоростями. В целом, если не указано иное, к описаниям в настоящей заявке могут быть применены один или более из этих приведенных в качестве примера способов множественного доступа и систем, согласно которым множество мобильных станций связываются или пытаются связаться с базовой приемопередающей станцией BTS и стремятся избежать взаимных помех, а также используемых протоколов, которые предусматривают множественный доступ для мобильных станций MS, каждая из которых использует различные временные слоты, несущие частоты и/или кодовые последовательности. Таким образом, несмотря на то, что множество примеров описаны со ссылкой на протоколы TDMA/FDMA, эти примеры могут распространяться и на другие протоколы.

[00114] В данном случае расстояния могут быть выражены не только в километрах, и в таких случаях предполагаются определенные преобразования. Например, скорость

света в вакууме может быть коэффициентом пересчета в случаях, когда расстояния представлены в секундах, а также микросекундах и миллисекундах. Задержка распространения в конкретной ситуации может быть определена скоростью света в вакууме или может быть более длительной, но из контекста специалисту понятно, как определять в секундах задержку распространения, обусловленную расстоянием.

[00115] Аналогично, расстояния и/или времена могут быть представлены в единицах битов, и в таких случаях предполагается определенная скорость передачи данных. Например, для битовой скорости 270,833 кбит/сек, период времени, выраженный как "156,25 битов", может относиться к периоду времени 576,92 мкс, и расстояние, выраженное как 10 бит, может соответствовать расстоянию 5,538 км, поскольку передача 10 битов займет 36,92 мкс, и в течение этих 36,92 мкс сигнал может распространяться на 5,538 км (туда и обратно) со скоростью света в вакууме. Разности между скоростью света в вакууме и фактической скоростью распространения могут различаться, и это следует учитывать, но для иллюстративных целей такие подробности могут быть опущены, чтобы не усложнять описание.

ОПИСАНИЕ ПРИВЕДЕННОЙ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРА БАЗОВОЙ ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩЕЙ СТАНЦИИ BTS И ЕЕ РАБОТЫ

[00116] Ниже настоящее изобретение подробно описано со ссылкой на конкретные, но не обязательно предпочтительные варианты реализации настоящего изобретения. Эти конкретные варианты реализации приведены в качестве примера, и специалисту в области систем связи множественного доступа и орбитальной механики

после ознакомления с настоящим описанием будет понятно, что возможны другие варианты реализации, и настоящее описание может относиться к различным типам систем связи множественного доступа между мобильными станциями MS, расположенными на поверхности планетарного тела, и установленными на космическом летательном аппарате станциями BTS, работающими на множестве орбит вокруг этого тела.

[00117] В множестве примеров в настоящей заявке орбита для спутника, содержащего базовую приемопередающую станцию BTS, представлена как круглая орбита с высотой 500 км, но следует понимать, что приведенные в настоящей заявке описания применяются к другим орбитам с соответствующей корректировкой. В некоторых примерах базовая приемопередающая станция BTS работает как базовая приемопередающая станция в системе GSM или моделирует работу базовой приемопередающей станции в системе GSM, или выполняет достаточное количество функций для связи с наземной мобильной станцией MS, которая расположена вблизи поверхности Земли, т.е. не на орбите.

[00118] В некоторых примерах, приведенных в настоящей заявке, зона покрытия спутника указана как набор точек на поверхности Земли или вблизи поверхности Земли, для которых спутник расположен с минимальным углом места или больше, если наблюдать от мобильной станции MS. Как указано в настоящей заявке, когда спутник находится непосредственно над мобильной станцией MS, мобильная станция MS "видит" спутник под углом места 90° (и, таким образом, мобильная станция MS расположена в направлении надира относительно спутника). В примерах, приведенных в настоящей

заявке, угол наклонной дальности составляет от 90° до 40°, но также могут быть использованы другие углы наклонной дальности, которые больше чем или меньше чем указанные значения. Специалисту после прочтения настоящего описания будет понятно, как изменить соответствующие вычисления в настоящей заявке.

[00119] При радиусе Земли, составляющем 6370 км и с допущением круглой орбиты высотой 500 км мобильная станция MS, находящаяся в зоне покрытия, расположена на расстоянии 500 км от базовой приемопередающей станции BTS, когда угол места составляет 90°. Используя основы геометрии, можно определить, что из точки на поверхности Земли спутник на 500-километровой круглой орбите будет виден с углом места, составляющим примерно 40° относительно горизонта для этой точки, когда расстояние от спутника до этой точки составляет примерно 741 км. Задержка распространения сигналов между мобильной станцией MS и спутниковой базовой приемопередающей станцией BTS является функцией расстояния, и расстояние до спутника на орбите является функцией радиуса орбиты и угла места, который является углом между вектором позиции спутника и вектором позиции мобильной станции MS. Когда угол места составляет 90°, т.е. спутник находится непосредственно над мобильной станцией MS, и мобильная станция MS расположена в точке земной поверхности в направлении надира спутника, это расстояние может быть принято как разность между орбитальным радиусом и радиусом Земли, или примерно так. Когда угол места меньше чем 90°, расстояние необходимо вычислять. Для некоторого минимального угла места, при котором будет осуществлено предполагаемое соединение, в целом можно считать, что угол соответствует самому далекому поддерживаемому расстоянию для таких соединений. С минимальным углом места, составляющим 40°, время взаимодействия

между мобильной станцией MS и спутниковой базовой приемопередающей станцией BTS может быть вычислено базовой приемопередающей станцией BTS и/или мобильной станцией MS следующим образом. Для угла места 40° и круглой орбиты высотой 500 км центральный угол Земли составляет:

arccos(R_earth*cos(min_elev)/(R_earth+h))-min_elev=4,74°,

где:

R_earth = 6370 км (радиус Земли);

min_elev – минимальный угол места (40° в этом примере); и

h – высота спутника (500 км в этом примере).

Время перемещения мобильной станции MS от минимального угла места 40° относительно спутника на одном горизонте до минимального угла места 40° относительно спутника на другом горизонте может быть вычислено как время, которое требуется для пересечения спутником угла 2*4,74=9,47° поверхности Земли. Как описано в настоящей заявке, спутник на круглой орбите высотой 500 км перемещается со скоростью 7,11 км/сек относительно поверхности Земли. Таким образом, время в секундах, которое требуется спутнику для пересечения 9,47° поверхности Земли с этой скоростью, составляет примерно: 9,47°*pi/180*(R_earth+h)/7,11 км/сек = 159,86 секунд. Разумеется, могут быть использованы другие минимальные углы места, и вычисления следует корректировать соответствующим образом. Предполагается, что мобильная станция MS перемещается непосредственно через центр зоны покрытия спутника, когда он проходит над мобильной станцией MS. В различных состояниях для базовой приемопередающей станции BTS и/или мобильной станции MS это значение 159,86 сек может быть принято в расчет при планировании и координировании связи и диспетчеризации.

[00120] Фактические расстояния могут быть различными в зависимости от атмосферных явлений и других физических эффектов. В этом примере базовая приемопередающая станция BTS выполнена с возможностью поддержки связи с устройствами, расположенными на расстоянии примерно от 500 км до 741 км между базовой приемопередающей станцией BTS и мобильной станцией MS, без необходимости поддержки связи с мобильными станциями MS, если эти мобильные станции MS видят базовую приемопередающую станцию BTS под углом места меньше 40° относительно местного горизонта. Согласно некоторым вариантам реализации нижний конец понижается в зависимости от орбитального расстояния для обеспечения связи с мобильными станциями MS, которые значительно подняты над землей. Например, если мобильная станция MS расположена в самолете, который летит на высоте 15000 метров, но спутник предполагает минимальное расстояние 485 км, возможна поддержка этой мобильной станции MS. В другом примере спутник на геосинхронной околоземной орбите (GEO) может обеспечивать базовую приемопередающую станцию BTS, когда минимальное расстояние составляет примерно 35786 км.

[00121] На ФИГ. 1 изображена ситуация, в которой может быть использовано настоящее изобретение. Как изображено на чертеже, на поверхности 102 Земли (или другого планетарного или астрономического тела, кстати говоря) имеются несколько мобильных станций MS 104, которые могут быть мобильным, или которые могут быть переносным или неподвижными, но функционируют как мобильные станции MS. Эти мобильные станции MS 104 связываются с орбитальными базовыми приемопередающими станциями BTS 106 посредством линий 108 связи BTS-MS. Как

изображено на чертеже, каждая из базовых приемопередающих станций BTS 106 имеет орбитальную скорость относительно поверхности 102, а также некоторый территориальный разнос.

[00122] На ФИГ. 2 изображены дополнительные примеры ситуации, показанной на ФИГ. 1, в которой люди 202 имеют различные устройства 204, которые содержат элементы, представляющие собой мобильную станцию, такую как смартфон 204 (1), ноутбук 204 (2), и планшет 204 (N), каждый из которых сконфигурирован и/или адаптирован для связи с наземной базовой приемопередающей станцией BTS, и людьми 202, которые желают связываться или получать доступ к сети Интернет 208 и/или связанным с сетью Интернет ресурсам 210, могут достичь этого посредством базовой приемопередающей станции BTS 206. Другими примерами устройств могут быть пользовательские безинтерфейсные устройства, такие как промышленное или домашнее оборудование, взаимодействующее посредством сети (например, устройства типа "Интернет физических объектов").

[00123] На ФИГ. 3 изображен пример протокола, основанного на фреймовом представлении (фреймового протокола), используемого между базовой приемопередающей станцией BTS 306 и мобильной станцией MS 304 для связи 308 типа "земля-орбита" с использованием протокола, такого как TDMA или другого протокола, который также может быть использован для наземной связи.

[00124] Как описано ниже в примерах в настоящей заявке, базовая приемопередающая станция BTS использует различные способы, обеспечивающие

возможность прозрачной поддержки станцией BTS мобильных станций MS, которые просто выполнены с возможностью использования для наземной сотовой связи. Ниже описаны несколько примеров, но сначала будут описаны некоторые способы расширения диапазона в системе TDMA.

[00125] На ФИГ. 4 изображено, как может быть использован механизм опережения синхронизации. Следует понимать, что изображенные на чертежах временные диаграммы предполагают наличие соответствующих блоков, логическая структура которых следует временной диаграмме. На ФИГ. 4 также изображены влияния задержки распространения и использование опережения синхронизации, когда используется протокол с временным разделением.

[00126] На ФИГ. 4 изображены восемь временных слотов фрейма TDMA. Они могут быть частью большей структуры данных, которая опущена для ясности объяснения. Если мобильная станция MS или базовая приемопередающая станция BTS имеют назначенный временной слот для связи MS-BTS, каждое из устройств программируют для использования их локальной копии системного таймера с целью определения, когда начинать передачу, когда останавливать передачу, когда начинать отслеживать, и когда прекращать отслеживание, в соответствии с назначенным этим устройствам временным слотом.

[00127] На ФИГ. 4, верхняя строка изображает передачу 402 от мобильной станции MS. В данном случае сокращение "Tx" обозначает передаваемые данные, передатчик, передачу как процесс в зависимости от необходимого контекста. Подобным образом

сокращение "Rx" обозначает принимаемые данные, приемник, прием как процесс в зависимости от необходимого контекста. Используемый в настоящей заявке термин "передаваемые данные" обозначает то, что передают в качестве части связи или сигнала от передатчика, и термин "принимаемые данные" обозначает то, что принимают. Передача и соответствующий ей прием не происходят в одно и то же системное время в случаях, когда передатчик и приемник имеют одно и то же системное время и имеется измеримая задержка распространения. С точки зрения мобильной станции MS, процесс отправки передаваемых данных 402 происходит полностью в пределах временного слота 1, и в данном случае предполагается, что мобильной станции MS назначен временной слот 1. Если передаваемые данные 402 занимают большую часть выделенного временного слота, когда они принимаются в базовой приемопередающей станции BTS как BTS Rx после задержки распространения, они будут приняты как принимаемые данные 404, которые принимаются частично во временном слоте 2. Это является нежелательным. При использовании опережения синхронизации мобильная станция MS отправляет передаваемые данные 412 перед началом временного слота 1 (из таймера синхронизации мобильной станции MS), и когда передаваемые данные 412 принимаются в базовой приемопередающей станции BTS после задержки распространения в качестве принимаемых данных 414, они полностью вмещаются во временной слот 1 в базовой приемопередающей станции BTS.

[00128] На ФИГ. 5 изображен пример использования признака увеличенной дальности протокола с временным разделением каналов. Длительность временного слота в этом примере составляет примерно 0,28 мс, представляя расстояние 85 км, так что мобильная станция MS может связываться с базовой приемопередающей станцией

BTS без любого опережения синхронизации, поскольку передаваемые данные могут быть задержаны в базовой приемопередающей станции BTS на длительность одного временного слота. Добавочный временной слот служит дополнительным защитным интервалом.

[00129] Как изображено на ФИГ. 5, в мобильной станции MS имеются восемь временных слотов, но используются только первый (слот 0), третий (слот 2), пятый (слот 4) и седьмой (слот 6). Как изображено на чертеже, MS1 отправляет передаваемые данные 502(0) во временном слоте 0, MS2 отправляет передаваемые данные 502(2) во временном слоте 2, MS3 отправляет передаваемые данные 502(4) во временном слоте 4, и MS4 отправляет передаваемые данные 502(6) во временном слоте 6. Базовая приемопередающая станция BTS принимает принимаемые данные в форме этих передаваемых данных, принимая принимаемые данные 504(0), начинающиеся в любое время после начала временного слота 0 и завершающиеся в любое время перед концом временного слота 1 (обозначенного как (0) на чертеже). Подобным образом базовая приемопередающая станция BTS принимает принимаемые данные 504(2) после начала временного слота 2 и заканчивает в любое время перед концом временного слота 3 ("(2)"), и аналогично для принимаемых данных 504(4) и 504(6).

[00130] На ФИГ. 6 показан пример использования признака увеличенной дальности и опережения синхронизации с протоколом для временного разделения каналов. Как изображено на чертеже, мобильная станция MS оправляет передаваемые данные 602 в соответствующих им временных слотах, и базовая приемопередающая станция BTS принимает указанные передаваемые данные в качестве принимаемых данных 604 в

соответствующее время. С использованием сочетания механизма опережения синхронизации и механизма увеличенной дальности максимальная допустимая дальность взаимодействия между MS и BTS может составлять 35 км + 85 км = 120 км, как изображено на ФИГ. 6. Базовая приемопередающая станция BTS может управлять использованием только одного механизма опережения синхронизации, только одного механизма увеличенной дальности, или того и другого вместе. Мобильная станция MS даже может не иметь информации о том, используется ли механизм увеличенной дальности, поскольку базовая приемопередающая станция BTS может просто не назначать каждый другой временной слот. Например, если базовая приемопередающая станция BTS определяет, что мобильная станция MS находится на расстоянии 60 км, базовая приемопередающая станция BTS может указать мобильной станции MS использовать 0-битовое опережение синхронизации (т.е. не использовать опережение синхронизации) и не назначать следующий временной слот любой мобильной станции MS. Если базовая приемопередающая станция BTS определяет, что мобильная станция MS находится на расстоянии 95 км, базовая приемопередающая станция BTS может указать мобильной станции MS использовать 18-битовое опережение синхронизации и не назначать следующий временной слот любой мобильной станции MS.

[00131] На ФИГ. 7 изображен пример множества мобильных станций MS, расположенных на различных расстояниях от базовой приемопередающей станции BTS, причем эти расстояния определены по меньшей мере приблизительно. В этом примере имеются семь мобильных станций MS, обозначенных как A-G с соответствующими псевдорасстояниями d_A-d_G. На чертеже изображено, как мобильные станции MS могут быть отсортированы по расстоянию.

[00132] На ФИГ. 8 изображено, как различным мобильным станциям MS, расположенным на различных расстояниях, показанных на ФИГ. 7, назначают временные слоты на основании их определенных расстояний для обеспечения отсортированной связи увеличенной дальности. Как изображено на ФИГ. 8, временной слот 0 назначают пользователю G, который на ФИГ. 7 является ближайшим к базовой приемопередающей станции BTS, и временной слот 6 назначают пользователю E, который на ФИГ. 7 является самым дальним от базовой приемопередающей станции BTS. Назначены только семь временных слотов. Учитывая диапазон задержек распространения, передаваемые данные 802 от различных мобильных станций MS принимаются как принимаемые данные 804 таким образом, что ни одни передаваемые данные 802 не перекрываются с другими передаваемыми данными 802, и все принимаемые данные 804 принимаются в пределах фрейма TDMA. Как изображено на ФИГ. 8, сигнальные пакеты все более и более задерживаются по временным слотам, что позволяет устранить конфликты и взаимные помехи.

[00133] Способ сортированной увеличенной дальности обеспечивает более высокую производительность, чем механизм увеличенной дальности, но тем не менее может обеспечить диапазон расстояний MS-BTS до 120 км и 7/8-ых полной пропускной способности фрейма (для не более чем 85-километрового разделительного промежутка между двумя сортированными мобильными станциями MS). В некоторых случаях, более чем один временной слот может быть назначен для разделения на разделительные промежутки, и, таким образом, если назначены N временных слотов, где N составляет от 1 до 7, пропускная способность может составлять 1-(N/8) от полной пропускной

способности фрейма. Если временной слот составляет 156,25 бита, промежутки могут быть назначены как множество битов, распределенных между временными слотами. Поскольку этот алгоритм выполняется базовой приемопередающей станцией BTS, осуществление механизма сортированной увеличенной дальности не требует какой-либо модификации логики или функций мобильной станции MS, поскольку базовая приемопередающая станция BTS сама организует назначения расчетных временных интервалов.

[00134] На ФИГ. 9 изображен диапазон расстояний базовой приемопередающей станции BTS, которая использует кольцевой механизм увеличенной дальности и зону покрытия для кольцевого способа, используя смещение синхронизации. Заштрихованная область является областью, которую поддерживает базовая приемопередающая станция BTS. Мобильная станция MS, которая находится ближе, чем минимальное расстояние d^* связи, не поддерживается, поскольку базовая приемопередающая станция BTS предполагает, что все мобильные станции MS находятся по меньшей мере на расстоянии d^* от нее. Диапазон расстояний 35 км, полученный с использованием механизма опережения синхронизации, может использоваться для поддержки диапазона расстояний между MS и BTS в пределах от d^* до d^*+35 км без необходимости какой-либо модификации мобильной станции MS. Согласно одному варианту реализации d^*=85 км, но может быть использовано другое минимальное расстояние связи. В этом примере базовая приемопередающая станция BTS может поддерживать связь с мобильной станцией MS, которая расположена на расстоянии между 85 км и 120 км от базовой приемопередающей станции BTS.

[00135] На ФИГ. 10 изображена синхронизация передаваемых данных и принимаемых данных, а также показано, как корректируют синхронизацию для кольцевого способа. Минимальное расстояние d* связи масштабируют непосредственно со смещением синхронизации временного слота, выбранным для использования базовой приемопередающей станцией BTS на подканалах восходящего канала. Мобильная станция MS отправляет передаваемые данные 1002 в слоте, который она воспринимает как временной слот 0. Базовая приемопередающая станция BTS получает принимаемые данные 404 после задержки распространения, которая составляет по меньшей мере расстояние d*, умноженное на скорость света. Поскольку значение (d* · скорость света) является известным, базовая приемопередающая станция BTS может просто сдвинуть синхронизацию ее временных слотов на величину смещения, составляющую: T_offset=2·d*/(скорость света), где "2" учитывает расстояние двойного пробега между MS и BTS, и базовая приемопередающая станция BTS получает принимаемые данные 1004 в пределах своего временного слота 0.

[00136] На ФИГ. 11 изображены приведенные в качестве примера зона покрытия спутника, кольца и результирующие диапазоны расстояний для колец этой зоны покрытия спутника. Спутник 1102 может иметь зону покрытия, которая на ФИГ. 11 изображена на виде сбоку как область 1104 и на виде сверху изображена как область 1106. Различная штриховка в зоне 1106 покрытия указывает различные диапазоны расстояний между земной поверхностью и базовой приемопередающей станцией BTS, образуемые кольцами. В этом примере показаны семь колец, но в случае необходимости могут быть использованы большее или меньшее количество колец. В этом примере отмечены кольца от r_0 до r_6, которые соответствуют диапазонам расстояний от мобильной станции MS до

базовой приемопередающей станции BTS (которые могут быть псевдодиапазонами расстояний): {500-534,4; 534,4-568,9; 568,9-603,3; 603,3-637,7; 637,7-672,1; 672,1-706,6; 706,6-741} (все расстояния указаны в км). Каждый из этих диапазонов произвольно выбран именно меньше чем 35 км, что является удобным расчетным выбором, как описано ниже. В других случаях применения могут быть использованы различные расчетные выборы. При первоначальном квитировании вызова (handshake), таком как процесс канала произвольного доступа RACH, определяют расстояние от мобильной станции MS до базовой приемопередающей станции BTS, и на основании этого расстояния мобильная станция MS может быть назначена одному из колец в зоне покрытия спутника.

[00137] Как описано ниже, все мобильные станции MS, назначенные конкретному кольцу, могут быть назначены одной несущей частоте или группе несущих частот, на которых передают фрейм TDMA/FDMA, или могут быть использованы другие подходы. Согласно некоторым вариантам реализации кольца могут перекрываться таким образом, что мобильная станция MS может занимать больше чем одно кольцо. Например, первые два кольца могут составлять 490-540 км и 530-580 км, так что мобильная станция MS, расположенная на расстоянии 535 км от базовой приемопередающей станции BTS, может находиться в любом из этих колец.

[00138] В зависимости от желательного применения орбитальная базовая приемопередающая станция BTS может корректировать свои протоколы и операции согласно: (1) способу опережения синхронизации; (2) способу увеличенной дальности (с использованием менее чем всех временных слотов, которые являются доступными, и

использованием неиспользуемых временных слотов в качестве защитных битов); (3) способу сортированной увеличенной дальности (с использованием меньше, чем всех временных слотов, которые являются доступными, и использованием неиспользуемых временных слотов в качестве защитных битов, распределенных между временными слотами в случаях, когда временные слоты назначаются на основании ожидаемых изменяющихся задержек); (4) кольцевому способу увеличенной дальности (со сдвигом синхронизации таким образом, что зона покрытия является кольцом с внутренним кругом, который не поддерживается); (5) многокольцевому способу увеличенной дальности (который подобен способу (4) с множеством колец для одновременного покрытия различных диапазонов расстояний и мобильных станций MS, назначенных кольцу на основании его расстояния между мобильной станцией MS и базовой приемопередающей станцией BTS); и (6) способу сортированного кольцевого распределения каналов (который подобен способу (5) с различными кольцами, ассоциированными с различными несущими частотами, и который в отношении несущей частоты подобен способу (3), используемому для мобильных станций MS, расположенных в пределах диапазона расстояний данного кольца, для распределения временных слотов); или сочетанию одного или более из пунктов (1), (2), (3), (4), (5) и (6).

ОПЕРЕЖЕНИЕ СИНХРОНИЗАЦИИ, КОЛЬЦЕВОЙ СПОСОБ УВЕЛИЧЕННОЙ ДАЛЬНОСТИ И СПОСОБ СОРТИРОВАННОЙ УВЕЛИЧЕННОЙ ДАЛЬНОСТИ

[00139] На ФИГ. 12 изображен первый пример базовой приемопередающей станции BTS, использующей способ опережения синхронизации, кольцевой способ увеличенной дальности и способ сортированной увеличенной дальности. Таким образом,

различным мобильным станциям могут быть назначены различные временные слоты на основании наземного местоположения указанных мобильных станций для осуществления способа сортированной увеличенной дальности для связи по протоколу TDMA, и кольцевой способ используется для представления дальности в качестве наземной.

[00140] В этом примере спутник 1202 находится на орбите на высоте d*, и предполагается, что спутник, 1202 не обязан поддерживать мобильную станцию MS, которая находится ближе чем расстояние d*, и не обязан поддерживать мобильную станцию MS, которая находится дальше некоторого максимального расстояния d_{max} от базовой приемопередающей станции BTS. В этом примере имеются пять мобильных станций MS1-MS5, обозначенные расстоянием от базовой приемопередающей станции BTS, составляющим от d* до d_{max}. Мобильным станциям MS1-MS5 назначены временные слоты от 4 до 0 соответственно, причем временные слоты 5, 6 и 7 остаются нераспределенными, так что способ сортированной увеличенной дальности может использоваться с тремя временными слотами в качестве защитного интервала. Это соответствует примерно 486 битам и изображено во фрейме 1204 мобильной станции MS. По причине наличия расстояний между мобильной станцией MS и базовой приемопередающей станцией BTS сигнальные пакеты от MS1 к MS5 принимаются как указано во фрейме 1206 базовой приемопередающей станции BTS, показанном на чертеже.

[00141] В этом примере опережение синхронизации составляет 22 бита (необходимые для дальности 12 км), и смещение синхронизации для указанного кольца составляет 875 битов, что соответствует расстоянию примерно 488 км, так что d*

составляет примерно 488+12=500 км. Защитный интервал увеличенной дальности занимает до трех временных слотов, но это предусматривает полный диапазон расстояний между MS и BTS (т.е. d_{max}-d*) примерно 295 км. Предполагая дальность до 35 км для опережения синхронизации, которое может составлять от 0 до 63 битов, дальность способа сортированной увеличенной дальности может достигать примерно от 35 км до примерно 640 км в зависимости от того, сколько временных слотов назначено защитному интервалу, как показано в Таблице 1. В Таблице 1 в отношении дальности предполагается, что доступен полный диапазон опережения синхронизации от 0 до 63 битов.

ТАБЛИЦА 1.

Номера расширенных защитных временных слотов	Дальность (т.е. d_{max}-d*) (в км)
0	~ 35
1	121,34
2	207,82
3	294,29
4	380,76
5	467,24
6	553,72
7	640,19

[00142] Эта фреймовая структура TDMA обеспечивает спутниковую сотовую зону покрытия большой географической области. Даже с таким подходом все еще имеются проблемы и трудности практического характера, которые требуют решения. Во-первых, каждый фрейм обеспечивает немногим больше половины потенциальной пропускной способности типичного фрейма GSM. Во-вторых, в этой конфигурации каждый фрейм

подвержен действию изменяющегося доплеровского смещения в пределах плюс или минус ~35 кГц (которое изменяется от решения до решения в зависимости от выбора орбит, наклонной дальности, используемой частоты и т.п.). Однако проблема доплеровского смещения может быть минимизирована с использованием способов применения базовой приемопередающей станции BTS на орбите и устройства, описанных в настоящей заявке. Трудности, связанные с синхронизацией, могут быть решены следующим образом.

ОПЕРЕЖЕНИЕ СИНХРОНИЗАЦИИ И СПОСОБЫ СОРТИРОВАННОГО КОЛЬЦЕВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАНАЛОВ

[00143] На ФИГ. 13 изображено, как различным мобильным станциям могут быть назначены различные каналы на основании наземного расположения мобильных станций относительно базовой приемопередающей станции BTS, чтобы кольцевой способ мог использоваться с переменными диаметрами колец для различных каналов. Как показано на чертеже, способ, в котором используется опережение синхронизации (для дальности примерно от 0 до 35 км), и способ сортированного кольцевого распределения каналов могут обеспечить примерно еще 241 км дальности без расхода временных слотов. При использовании способа сортированного кольцевого распределения каналов зону покрытия спутника разделяют на кольца, как изображено на ФИГ. 11, и каждое кольцо связывают с различной несущей частотой. Каждое кольцо действует с различным смещением синхронизации.

[00144] Используемое в настоящей заявке понятие канала может включать в себя одно или более конкретных частотные подразделений в протоколе, таких как группа несущих частот. На ФИГ. 13 диапазон поддерживаемых псевдорасстояний между самой близкой и самой дальней потенциальной целью составляет 241 км и разделен на семь колец. В результате образованы области покрытия, составляющие примерно 34 км на одно кольцо, и смещения синхронизации могут быть различными для различных колец, назначенных группам каналов или наборам каналов. При наличии смещений от группы каналов до группы каналов меньше чем примерно 35 км может быть достигнута полная пропускная способность в каждом канале за счет устранения необходимости дополнительных слотовых защитных интервалов, в результате чего достаточным является только опережение синхронизации.

[00145] Пакеты запросов канала произвольного доступа (RACH) могут использоваться для определения дальности распространения из сигнала каждой мобильной станции MS. Базовая приемопередающая станция BTS может использовать широковещательный канал (BCCH) для непрерывного или периодического уведомления мобильных станций MS по каналу RACH относительно того, какие несущая частота и временной слот назначены данной мобильной станции MS базовой приемопередающей станцией BTS для использования при передаче по восходящему каналу. Базовая приемопередающая станция BTS может точно знать, когда мобильная станция MS будет передавать свой пакет по каналу (RACH), и может подсчитывать количество битов между этим моментом времени и временем фактического прибытия пакета. Путем деления этого количества битов на битовую скорость канала (270,83 кбит/с для сети GSM) базовая приемопередающая станция BTS может вычислять время задержки распространения

двойного пробега. Затем базовая приемопередающая станция BTS вычисляет дальность распространения или псевдорасстояние путем деления скорости света на время задержки распространения двойного пробега. В зависимости от расчетного псевдорасстояния каждая мобильная станция MS получает право назначения на канал в конкретной группе каналов. Например, в конфигурации, показанной на ФИГ. 13, каналы в группе b_0 каналов назначаются мобильным станциям MS, которые имеют расчетные псевдорасстояния примерно между 500 км и 534 км; каналы в группе b_1 каналов назначаются мобильным станциям MS, которые имеют псевдорасстояния, измеренные между примерно 534 км и примерно 568 км от базовой приемопередающей станции BTS, находящейся на орбите, и так же для других диапазонов, как изображено на ФИГ. 11 и 13.

[00146] Первая группа b_0 каналов содержит фреймы протокола TDMA восходящего канала, которые смещены относительно фреймов, передаваемых по восходящему каналу, на одно и то же количество, как изображено на ФИГ. 12. Следующая группа b_1 каналов содержит фреймы, которые смещены на дополнительные примерно 62 бита от фреймов группы b_0 каналов. Фрейм каждой группы каналов, таким образом, имеет примерно 62 бита в качестве дополнительного смещения по сравнению с предыдущей группой каналов (т.е. фрейм группы b_{i+1} каналов смещен на дополнительные примерно 62 бита от фрейма группы b_i каналов). Эта конфигурация, добавляющая 62 бита, создает различные кольца зоны покрытия, каждое из которых составляет примерно 34 км, поскольку каждый бит смещения фрейма соответствует примерно 555 м, и каждое кольцо/группа каналов расширяется примерно на 34 км дальше прежнего. При назначении различных смещений синхронизации каждая группа каналов обеспечивает зону покрытия различных колец в пространстве (и на поверхности Земли). Когда группам

каналов придают смещения синхронизации с приращениями 62 бита, и используется классический вариант реализации GSM, полная пропускная способность может быть достигнута в каждом канале, и может быть осуществлена чрезвычайно широкая зона покрытия. Это может быть выполнено без необходимости модификации мобильной станции MS сети GSM. На ФИГ. 11 показан вид сверху вниз колец дальностей. Группа каналов каждого кольца дальностей определяется отличительным "диапазоном расстояний", который предписан для данного конкретного варианта реализации в обозначениях в левой части чертежа на ФИГ. 11.

ОБРАБОТКА ДОПЛЕРОВСКОГО СМЕЩЕНИЯ

[00147] Несмотря на то, что представленные выше способы и варианты их реализации могут обеспечить максимальную пропускную способность для всего канализированного спектра, частоты передаваемых данных могут быть различными при передаче и приеме из-за относительного перемещения базовой приемопередающей станции BTS и мобильных станций MS. Решение проблемы доплеровского смещения может использоваться для учета в сценариях, в которых множество мобильных станций MS находятся в пределах подобных диапазонов псевдорасстояний от базовой приемопередающей станции BTS, расположенной на орбите, но испытывают широкую вариативность воспринимаемого сдвига несущей частоты. В качестве примера могут быть рассмотрены две мобильные станции MS, которые согласно вычислениям находятся в пределах одного и того же кольца/группы b_6 каналов, как показано на ФИГ. 11, на котором одна мобильная станция MS расположена, на вершине переднего конца

зоны покрытия спутника, в то время как другая мобильная станция MS расположена в нижнем конце зоны покрытия спутника.

[00148] Как показано на ФИГ. 11, спутник находится непосредственно над центром зоны покрытия, указанной для группы b_0 каналов (в начале стрелки), и перемещается в направлении стрелки "Скорость". Первая мобильная станция MS, находящаяся перед вектором скорости спутника, испытывает положительное доплеровское смещение частоты принимаемого сигнала, в то время как вторая мобильная станция MS, находящаяся позади вектора скорости спутника, испытывает отрицательное доплеровское смещение частоты принимаемого сигнала. Если этим мобильным станциям MS назначена одна и та же частота, спутник может принимать сигнальные пакеты от указанных мобильных станций MS на частотах, которые отстоят друг от друга на много килогерц (на 70 кГц в случае диапазона стандарта 1800/1900 для сети GSM). Кроме того, назначение соседних каналов мобильным станциям MS, которые испытывают широко различающиеся влияния доплеровского смещения, может приводить к взаимным помехам сигналов в спутнике.

[00149] На ФИГ. 14 изображено, как зона покрытия спутника могла бы быть подразделена на ленточные области доплеровского смещения для способов смягчения указанной проблемы. Как показано на чертеже, спутник 1402 предположительно перемещается с некоторой скоростью относительно поверхности 1404 Земли. Зона 1406 покрытия спутника представляет собой область на виде сверху от спутника, перемещающегося в направлении, указанном стрелкой "Скорость". Мобильная станция MS, находящаяся в области 1410 вектора зоны 1406 покрытия спутника, испытывает

положительное доплеровское смещение частоты сигналов, принимаемых от спутника 1402, тогда как мобильная станция MS, находящаяся в области 1412 вектора зоны 1406 покрытия спутника, испытывает отрицательное доплеровское смещение частоты сигналов, принимаемых от спутника 1402. Конкретное доплеровское смещение частоты принимаемого сигнала может быть определено с использованием простых геометрических вычислений, и для диапазонов доплеровских смещений зона 1406 покрытия спутника может быть разделена на полосы, ограниченные контурными линиями, которым назначены значения 1420 соответствующих им доплеровских смещений.

[00150] В трехмерном пространстве доплеровское смещение в любой точке зоны покрытия спутника может быть вычислено базовой приемопередающей станцией BTS или мобильной станцией MS при наличии достаточной информации. Один способ выполнения таких вычислений основан на том, что все векторы представлены в геоцентрической земной системе координат (ECEF). Эта система координат также известна как вращающаяся система координат Земли, поскольку она является системой координат, которая вращается в пространстве вместе с Землей вокруг ее оси вращения. Согласно данному способу каждый из векторов обрабатывают как векторные величины с тремя компонентными значениями, так что каждое компонентное значение в векторе представляет значение вдоль каждой оси системы координат, представленной вектором. Указанные значения могут храниться в памяти для последующей обработки процессором.

[00151] Если r_{BTS} представляет вектор положения спутника в координатах ECEF, и r_{MS} представляет вектор положения мобильной станции MS в координатах ECEF, тогда вектор положения мобильной станции MS относительно базовой приемопередающей

станции BTS может быть выражен как: $r_{MS/BTS} = r_{MS} - r_{BTS}$. Подобным образом, если v_{BTS} представляет вектор скорости спутника в координатах ECEF, и v_{MS} представляет вектор скорости мобильной станции MS в координатах ECEF, тогда вектор скорости базовой приемопередающей станции BTS относительно мобильной станции MS может быть выражен как: $v_{BTS/MS} = v_{BTS} - v_{MS}$. Для вычисления доплеровского смещения, значения компонента скорости $v_{BTS/MS}$ базовой приемопередающей станции BTS относительно мобильной станции MS в указанном направлении или единичного вектора позиции мобильной станции MS относительно базовой приемопередающей станции BTS ($r_{MS/BTS}/|r_{MS/BTS}|$) процессор вычисляет эту позицию и затем выполняет ее деление на длину назначенной волны, которая соответствует несущей частоте. Это может быть выполнено с использованием скалярного произведения этих двух интересующих векторов, т.е. $v_{BTS/MS}$ и $r_{MS/BTS}/|r_{MS/BTS}|$, и может быть записано в виде Равенства 1 и может быть осуществлено в программном коде.

$$D = \left[v_{BTS/MS} \bullet \frac{r_{MS/BTS}}{||r_{MS/BTS}||} \right] * \frac{1}{\lambda} \quad . \qquad \text{(Рав. 1)}$$

[00152] В Равенстве 1:

D – расчетное доплеровское смещение; и

λ – длина волны несущей частоты, которая может быть вычислена путем деления несущей частоты на скорость света.

[00153] Например, космический летательный аппарат находится на экваториальной орбите на высоте 500 км и в конкретный момент времени расположен непосредственно над нулевым меридианом (например, надир относительно спутника

находится непосредственно в точке пересечения экватора и нулевого меридиана). В тот же самый конкретный момент времени неподвижная мобильная станция MS 1430 расположена приблизительно на уровне моря под космическим летательным аппаратом, но находится на экваторе на 1° к востоку по долготе (например, местоположение по широте и долготе может быть описано как [0, 1]).

[00154] В этом сценарии координаты спутника в системе ECEF составляют примерно [6870 км; 0 км; 0 км]. Вектор скорости космического летательного аппарата, перемещающегося по круговой орбите на высоте 500 км, примерно перпендикулярен вектору положения и параллелен экватору (для экваториальной орбиты). Значение вектора скорости относительно поверхности Земли может быть вычислено как:

SQRT(mu_earth/(R_e + h)) – w_earth*(R_e+h) = 7,11 км/с,

где:

mu_earth – гравитационная постоянная Земли (mu_earth=398658,366 км^3/с^2);

R_e – радиус Земли на экваторе (R_e ~ 6370 км);

w_earth – угловая скорость вращения Земли (w_earth=7,27*10^{-5} радиан/сек); и

h – высота спутника (h=500 км в этом примере).

Вектор скорости космического летательного аппарата в системе ECEF, таким образом, составляет примерно [0 км/сек; 7,11 км/сек; 0 км/сек]. Позиция неподвижной мобильной станции MS в системе ECEF на широте 0° и на 1° к востоку по долготе составляет примерно: [R_earth*cos(1°); R_earth*sin(1°); 0]=[6369 км; 111 км; 0]. Позиция этой неподвижной мобильной станции MS в системе ECEF относительно космического летательного аппарата, таким образом, составляет [6369 км; 111 км; 0]-[6870 км; 0 км; 0 км]=[-501 км; 111 км; 0]. Доплеровское смещение сигнала с частотой 1900 МГц,

принимаемого этой мобильной станцией MS от космического летательного аппарата, таким образом, составляет, как показано в Равенствах 2, 3 и 4.

$$D = \left[\mathbf{V}_{\mathbf{BTS/MS}} \bullet \frac{\mathbf{r}_{\mathbf{MS/BTS}}}{||\mathbf{r}_{\mathbf{MS/BTS}}||}\right] * \frac{1}{\lambda} \; ; \qquad \text{(Рав. 2)}$$

$$D = \left[\left[\mathbf{0}; \mathbf{7.11}\,\frac{km}{s}; \mathbf{0}\right] \bullet \frac{[-501\,km\,; 111\,km; 0]}{513.149\,km}\right] * \frac{1}{0.158\,m} \; ; \qquad \text{(Рав. 3)}$$

$$D = \mathbf{9.734}\,\boldsymbol{kHz} \; . \qquad \text{(Рав. 4)}$$

[00155] Как описано выше, сигнал, принятый от мобильной станции MS по каналу произвольного доступа (RACH) в базовой приемопередающей станции BTS, может использоваться для вычисления псевдорасстояния. Он также может использоваться для аппроксимации доплеровского смещения относительно мобильной станции MS. Подобно тому, как базовая приемопередающая станция BTS распознает, какой временной слот передается по каналу произвольного доступа (RACH), также она распознает, какая несущая частота действует в настоящий момент. Таким образом, когда базовая приемопередающая станция BTS принимает пакет канала произвольного доступа (RACH), она может измерять центральную частоту пакета и вычислить ее смещение (разность) относительно ожидаемой центральной частоты в канале произвольного доступа (RACH). При таком подходе может требоваться или не требоваться, чтобы базовая приемопередающая станция BTS спутника отслеживала более широкий частотный диапазон в канале произвольного доступа (RACH) в зависимости от того, какое значение доплеровского смещения воспринимает система.

[00156] На ФИГ. 15 изображена блок-схема процесса измерения, в котором может быть использован канал произвольного доступа (RACH) для базовой приемопередающей станции BTS для определения псевдорасстояния и доплеровского смещения

относительно мобильной станции MS. Канал RACH может быть указан, когда мобильная станция MS готова инициировать сеанс связи (например, отправить текст SMS, выполнить телефонный вызов, передать данные). Значение доплеровского смещения не требует частого измерения/обновления. Изменения значения доплеровского смещения за время, которое требуется для запроса доступа к каналу и отправления полезной нагрузки данных, обычно являются не очень большими и не являются разрушительными для способности системы отправлять/принимать сигналы. В случаях, которые могли бы вызвать серьезную проблему, базовая приемопередающая станция BTS может выполнять прогностические изменения в предположении, что мобильная станция MS перемещается не очень быстро. Этот процесс может быть использован в расположенной на спутнике базовой приемопередающей станции BTS при управлении измерением псевдорасстояний и доплеровских смещений для координации назначения/выделения каналов.

[00157] Как изображено на блок-схеме на ФИГ. 15, в начале процесса на этапе 1501 расположенная на спутнике базовая приемопередающая станция BTS рассылает широковещательным способом информацию о синхронизации канала RACH по каналу BCCH, и затем на этапе 1502 мобильная станция MS получает сведения о том, какой временной слот переносится каналом RACH. Имея эти сведения, на этапе 1503 мобильная станция MS отправляет пакет во временном слоте канала RACH, который базовая приемопередающая станция BTS назначила мобильной станции MS для использования. На этапе 1504 указанный пакет достигает базовой приемопередающей станции BTS с задержкой и смещением по частоте. Затем процесс базовой приемопередающей станции BTS разделяется на два потока: один предназначен для

обработки задержки, и другой предназначен для обработки доплеровского смещения. В первом потоке на этапе 1505 базовая приемопередающая станция BTS подсчитывает количество битов, на которое был задержан пакет, на этапе 1506 выполняет деление количества подсчитанных битов на битовую скорость канала для вычисления задержки двойного пробега, включающей подтверждение приема, и затем на этапе 1507 выполняет деление задержки, включающей подтверждение приема, на двойную скорость света для вычисления псевдорасстояния. Во втором потоке на этапе 1508 базовая приемопередающая станция BTS измеряет центральную частоту пакета и на этапе 1509 вычитает указанную центральную частоту из центральной частоты канала RACH для вычисления доплеровского смещения. Затем оба потока объединяются, и на этапе 1510 базовая приемопередающая станция BTS проверяет матрицу конфигурации канала для назначения мобильной станции MS канала с конфигурацией, соответствующей ее псевдорасстоянию и ее доплеровскому смещению. Затем на этапе 1511 базовая приемопередающая станция проверяет, выполнена ли конфигурация канала. Если да, на этапе 1513 базовая приемопередающая станция BTS назначает мобильной станции MS указанный сконфигурированный канал, и если нет, на этапе 1512 базовая приемопередающая станция BTS конфигурирует канал с учетом обнаруженных псевдорасстояния и доплеровского смещения для указанной мобильной станции MS, и процесс завершается.

[00158] Поскольку базовая приемопередающая станция BTS может получать сведения о доплеровском смещении от каждой мобильной станции MS, она может назначать конкретные диапазоны доплеровского смещения конкретным каналам. При этом каждый индивидуальный канал может иметь свой собственный конкретный и

локально суженный диапазон потенциальных значений доплеровского смещения. Например, в некоторых каналах может всегда наблюдаться смещение несущей частоты только в диапазоне 0-5 кГц, в то время как в других каналах может всегда наблюдаться смещение несущей частоты только в диапазоне 25-30 кГц, поскольку каналы назначают мобильным станциям MS в конкретных полосах, как показано на ФИГ. 14. Поскольку диапазон доплеровского смещения точно определен и в значительной мере локализован для каждого канала, он может использоваться в качестве определителя для при распределении и назначении каналов. Этот способ намного упрощает обработку широкого разнообразия доплеровского смещения во всем множестве обслуживаемых мобильных станций MS, находящихся в зоне покрытия спутника.

[00159] На ФИГ. 14 изображено воспринимаемое доплеровское смещение в различных местоположениях в зоне покрытия спутниковой связи. В интуитивном представлении одна половина зоны покрытия спутника в направлении вектора скорости испытывает положительное доплеровское смещение, в то время как другая половина испытывает отрицательное доплеровское смещение. В менее интуитивном представлении геометрические вычисления кривизны земли позволяют создать карту доплеровского смещения в зоне покрытия спутника, которая описывается контурными линиями с нарастающей кривизной.

[00160] Один подход, как описано в настоящей заявке, состоит в распределении групп каналов в заданные группы доплеровского смещения, во многом подобные группам каналов, распределенным в заданные кольца диапазона псевдорасстояний, как описано выше. Если несущие частоты назначить конкретным диапазонам псевдорасстояний и

доплеровских смещений, фактическое доплеровское смещение, испытываемое в каждом канале, будет уникальным для частоты этого канала. Варианты реализации этого способа учитывают это. Согласно одному варианту реализации в контурной карте доплеровских смещений используют центральную частоту для рассматриваемого спектра, показанного на чертеже, системы GSM на частоте 1900 МГц для предполагаемого спутника, расположенного на высоте 500 км, с углом места 40°.

[00161] Как показано на ФИГ. 14, каждая штриховая линия определяет границу для полосы доплеровского смещения, используемую для ограничения потенциального доплеровского смещения для каждого канала, и, таким образом, минимизации взаимных помех. Кривизна контурных линий на карте является результатом геометрических параметров линии связи, а также частот связи.

[00162] На ФИГ. 16 изображено, как зона покрытия спутника могла бы быть разделена на кольца диапазонов, на полосы доплеровского смещения, а также на то и другое вместе. Как показано на чертеже, диапазоны псевдорасстояний образуют кольца, и контуры доплеровского смещения образуют полосы. Их наложение образует сетку (не обязательно ортогональную или линейную), которая делит зону 1602 покрытия спутника на ячейки, ограниченные первым значением расстояния, вторым значением расстояния, первым значением доплеровского смещения и вторым значением доплеровского смещения. Таким образом, каждая из ячеек этой сетки соответствует сочетанию диапазона псевдорасстояний и диапазона доплеровских смещений относительно базовой приемопередающей станции BTS, находящейся на орбите, и является определителем

для мобильной станции MS, которой должен быть назначен конкретный канал (или канал из набора конкретных каналов).

[00163] Следует отметить, что несмотря на то, что зона покрытия спутника, представленная в данном случае, является круглой по своей природе, это не является обязательным. Зона покрытия может иметь квадратную или эллиптическую форму, в зависимости от того, какие антенны используются на спутнике и как они сконфигурированы. Некруглая зона покрытия может обеспечивать преимущества, согласно которым она может увеличивать или уменьшать продолжительность задержек распространения и/или степень доплеровского смещения в зоне покрытия.

[00164] Эта сетка представляет сочетания диапазонов псевдорасстояний и диапазонов доплеровских смещений, которые соответствуют квалификационным параметрам групп каналов в отношении доплеровского смещения и псевдорасстояния. Предполагается, что ячейки сетки, описанные выше, являются симметричными относительно вектора скорости спутника. Это означает, что каждая ячейка сетки, которая не находится на средней линии зоны покрытия спутника, имеет "парную" ячейку, расположенную на противоположной стороне зоны покрытия спутника. Термин "парная" ячейка сетки используется по той причине, что указанные две ячейки сетки совместно образуют "корзину", которая логически связана с диапазоном псевдорасстояний и диапазоном доплеровских смещений (т.е. мобильная станция MS логически назначается корзине на основании того, находиться ли псевдорасстояние мобильной станции MS в пределах диапазона псевдорасстояний, назначенного этой корзине, и находиться ли доплеровское смещение мобильной станции MS в пределах диапазона доплеровских

смещений, назначенного этой корзине), поскольку мобильные станции MS в обеих из этих ячеек сетки работают в условиях подобных псевдорасстояний и доплеровских смещений.

ОБРАБОТКА ДОПЛЕРОВСКИХ СМЕЩЕНИЙ ОПРЕДЕЛЕННЫХ УСТРОЙСТВ МОБИЛЬНОЙ СТАНЦИИ MS

[00165] Некоторые протоколы могут быть более устойчивыми к влиянию доплеровских смещении при демодуляции сигнала нисходящего канала, в то время как другие протоколы могут быть менее устойчивыми в этом отношении. В некоторых устройствах или некоторых протоколах смещение 2,5 кГц может быть пороговым значением доплеровского смещения. Однако даже некоторые низкопроизводительные сотовые телефоны могут демодулировать сигнал канала BCCH со смещением до 20 кГц от того, что обычно является центральной несущей частотой канала. Это может относиться к обмену данными между базовой приемопередающей станцией BTS и мобильной станцией MS по каналу FCCH (каналу частотной коррекции), который является еще одним широковещательным каналом, который используется мобильной станцией MS для синхронизации ее локального таймера с базовой приемопередающей станцией BTS. Эта синхронизация в конечном счете представляет собой информацию, согласно которой телефон должен демодулировать канал BCCH и другие нисходящие каналы. Таким образом, могут быть использованы полосы доплеровского смещения, которые большие чем приведенные в качестве примера полосы 5 кГц, используемые в примере, описанном выше. Например, корзины ячеек могут быть откорректированы и расширены для размещения в них более широкие диапазоны доплеровских смещений, достигающие по меньшей мере 20 кГц в любом направлении. В действительности, это

может устранить потребность группировании доплеровских смещений в корзины, когда зона покрытия спутника является достаточно малой, так что предельный случай доплеровского смещения составляет меньше чем 20 кГц. Это может не относиться к другим протоколам, таким как протокол NB-IoT, в котором используют намного меньшие полосы пропускания сигнала. Протокол NB-IoT также имеет другие отличия, такие как ситуация, в которой протоколом множественного доступа является протокол NB-IoT стандарта LTE, и ограниченное расстояние составляет 40 км, которое может быть превышено расстоянием между базовой приемопередающей станцией и мобильным устройством.

НАЗНАЧЕНИЕ КАНАЛА

[00166] Как описано в настоящей заявке, базовая приемопередающая станция BTS может поддерживать множество приемопередатчиков, каждый из которых использует свою собственную несущую частоту, которая, в свою очередь, может поддерживать до восьми мобильных станций MS. Канал может быть связан с приемопередатчиком, поскольку приемопередатчик может быть настроен на использование одной из множества возможных несущих частот. В приведенном выше примере используются 123 доступных несущих частоты. Из них множество несущих частот при необходимости могут быть распределены мобильным станция MS, но некоторыми преимуществами могут пользоваться те из них, которые приписаны к ячейкам сетки, так что корзины подобным образом расположенных мобильных станций MS, имеющих подобные расстояния от базовой приемопередающей станции BTS и подобные доплеровские смещения, используют одну и ту же несущую частоту, и эти несущие частоты могут быть назначены

следуя определенной стратегии. Каналу (который логически может содержать восходящий подканал и нисходящий подканал, как описано выше) может быть назначен один из множества временных слотов и одна из множества несущих частот. Канал может быть идентифицирован исключительно в соответствии с назначенными ему характеристиками, такими как его несущая частота и его временной слот, но в некоторых ситуациях каждому каналу присваивают метку канала. В метке канала может быть закодирована несущая частота канала ее временной слот, а также ее опережение синхронизации и доплеровское смещение, но могут быть использованы и более простые метки, такие как последовательные номера, и базовая приемопередающая станция BTS и/или мобильная станция MS содержат сохраненное соответствие меток номера канала назначенным характеристикам (например, канал 1 использует несущую частоту f_1 и временной слот 0, канал 2 использует несущую частоту f_7 и временной слот 3, и т.п.).

[00167] На ФИГ. 17 изображен один пример ячеек диапазона колец/доплеровского смещения для зоны покрытия спутника. Пересечение колец псевдорасстояний и полос доплеровского смещения образует сетку зоны покрытия. Ячейкам сетки, т.е. ячейкам диапазона колец/доплеровского смещения, могут быть назначены каналы.

[00168] На ФИГ. 18 изображено приведенное в качестве примера назначение ячеек диапазона колец/доплеровских смещений, показанных на ФИГ. 17, конкретным группам несущих частот и доплеровских смещений. Группы логических каналов могут быть связаны с одной или более несущими частотами и/или временными слотами во фреймах TDMA, использующих эти несущие частоты. На ФИГ. 17 каналы показаны с произвольными метками канала от 1 до 70 в данном случае. Они произвольно

нумерованы снизу вверх, т.е. от максимального отрицательного доплеровского смещения до максимального положительного доплеровского смещения. Каналы 1-70 могут соответствовать каналам, назначенным каждому из восьми временных слотов во фреймах, которые используют восемь несущих частот, и каждому из шести временных слотов во фрейме для еще одной несущей частоты.

[00169] Схема на ФИГ. 17 показывает, как ячейкам сетки зоны покрытия спутника назначают номера каналов. На чертеже только левая сторона зоны покрытия показана пронумерованной, но следует понимать, что парным ячейкам в правой стороне зоны покрытия также назначены те же номера каналов. Таблица распределения каналов на ФИГ. 18 изображает схему распределения каналов, в которой каждый номер канала связан с выделенной или назначенной группой доплеровского смещения, соответствующей полосе доплеровского смещения (от D_0 до D_{13}), и группой каналов (от b_0 до b_6). Следует отметить, что согласно еще одним вариантам реализации количество каналов может изменяться в зависимости от того, как сгруппированы псевдорасстояния и доплеровские смещения для мобильных станций MS. Ячейке сетки могут быть назначены множество каналов. В примере на ФИГ. 17 и 18 для простоты изложения одной ячейке сетки назначен один номер канала. Назначениями канала заполнена только половина ячейки сетки, поскольку ячейки расположены симметрично относительно вектора скорости спутника. Ячейкам сетки, которые не заполнены, в фактическом варианте реализации назначают тот же номер канала, который указан в ячейке сетки на противоположной стороне контурной карты относительно данной ячейки. Это потому, что несмотря на то, что симметричные ячейки сетки существуют в различных физических местоположениях на контурной карте (и в реальности тоже), они представляют одни и те

же квалификационные параметры в отношении псевдорасстояния от базовой приемопередающей станции BTS, расположенной на орбите, и доплеровского смещения.

СУЖЕНИЕ И РАСШИРЕНИЕ

[00170] Функция базовой приемопередающей станции BTS, состоящая в "сужении и расширении", используется, когда подканалы восходящего канала присутствуют в смежном спектре, и подканалы нисходящего канала присутствуют в смежном спектре, и когда доплеровские смещения равны полосе пропускания сигнала или превышают ее, что не допустимо для осуществления следующего способа.

[00171] Таблица на ФИГ. 18 представляет матрицу назначения каналов, которую базовая приемопередающая станция BTS, расположенная на орбите, может использовать для определения того, как назначать каналы мобильной станции MS, и может назначать их способом, согласно которому смежные номера назначаются смежным несущим частотам. Когда сигнальный пакет принимают по каналу RACH, оценки расчетного доплеровского смещения и расчетных псевдорасстояний используют для определения, какой канал должен быть назначен данной мобильной станции MS, путем обнаружения соответствующей ячейки сетки и поиска номера канала для мобильной станции MS в указанной таблице. В этом примере, не каждая группа каналов (в колонках на ФИГ. 18) имеет одно и то же количество используемых или доступных фактических каналов, поскольку не каждая группа каналов соответствует псевдорасстояниям, на которых может наблюдаться полный диапазон доплеровского смещения. Базовая приемопередающая станция BTS хранит копию этой таблицы и может иметь различные

версии этой таблицы для использования при назначении номера канала на основании ячейки сетки.

[00172] Преимущества способа назначения каналов, согласно которому каналы назначают в порядке ячеек сетки, имеющих конкретные доплеровские смещения, показаны на ФИГ. 19. Поскольку космический летательный аппарат активно назначает каналы на основании ожидаемого доплеровского смещения, у него нет необходимости учитывать такой широкий диапазон сдвига на частоте приема. Вместо этого базовая приемопередающая станция BTS, расположенная на орбите, может приказать существующей инфраструктуре мобильной станции MS связываться на определенной несущей частоте, но будет отслеживать на немного сдвинутой несущей частоте, в зависимости от величины доплеровского смещения, ожидаемой на этом канале. Такой подход уменьшает взаимные помехи смежных несущих частот в сегменте, относящемся к космическому летательному аппарату.

[00173] Согласно данному конкретному варианту реализации контуры доплеровского смещения отделены друг от друга частотными промежутками, каждый из которых составляет 5 кГц, но может быть использовано другое разделение. Таким образом, базовая приемопередающая станция BTS спутника отслеживает каждый канал, назначенный мобильной станции MS, на несущей частоте, которая является средним значением максимальных и минимальных доплеровских смещений для несущей частоты этого канала, и проверяет наличие пакета данных во временном слоте, назначенном этому каналу. Например, предполагается, что канал 70 назначен мобильной станции MS и логически связан с частотой F_{70} и временным слотом TS_{70}. Базовая приемопередающая

станция BTS, расположенная на космическом летательном аппарате, может отслеживать сигнал восходящего канала от мобильной станции MS на несущей частоте TS_{70}+27,5 кГц. Таким образом, ни один сигнал не смещается больше чем на 2,5 кГц от частоты, отслеживаемой базовой приемопередающей станцией BTS. В свою очередь, базовая приемопередающая станция BTS, расположенная на орбите, может передавать сигнал по каналу 70 путем передачи своего пакета на частоте TS_{70}-27,5 кГц, так что сигнал принимается мобильной станцией MS в пределах целесообразного ограничения несущей частоты, на которой она выполняет отслеживание.

[00174] На ФИГ. 19 показана карта несущих частот восходящего канала и нисходящего канала, которые мобильная станция MS и базовая приемопередающая станция BTS используют для связи. В частности, на ФИГ. 19 показаны группы доплеровских смещений, указанные на ФИГ. 17 и 18, которые имеют ширины, масштабируемые на основании количества каналов, которые они содержат. Когда каналы назначают в зависимости от некоторого известного эффекта доплеровского смещения в порядке увеличения несущей частоты, сигналы восходящего канала "раздвигаются" дальше друг от друга и определяют каналы, которые базовая приемопередающая станция BTS выбирает для отслеживания. Такой подход позволяет минимизировать взаимные помехи в базовой приемопередающей станции BTS, расположенной на орбите. Нисходящий канал передает частоты, которые "сдвигаются" вместо "раздвижения", с обеспечением сигнала, который имеет соответствующую несущую частоту, когда достигает мобильной станции MS. Следует отметить, что группы доплеровских смещений указаны для обоих частот восходящего канала и нисходящего канала, что подразумевает,

что каждый канал имеет компонент восходящего канала и нисходящего канала. Возможны и другие варианты.

[00175] На ФИГ. 19 изображено, что базовая приемопередающая станция BTS, расположенная на орбите, отслеживает на немного раздвинутых частотах относительно частот, передаваемых мобильной станцией MS. Это является результатом новой схемы распределения каналов, которая позволяет уменьшить взаимные помехи и сложность доплеровского смещения при связи с мобильными станциями MS. В операциях нисходящего канала космический летательный аппарат передает на более "сдвинутых друг к другу" каналах, так что прибывающие в целевую мобильную станцию MS сигналы имеют правильную частоту. Группы каналов представлены группами доплеровских смещений, указанных на ФИГ. 17 и 18, и имеют ширины, которые масштабированы в зависимости от количества каналов, которые они содержат.

[00176] Следует отметить, что каналы также могут быть выделены группам доплеровских смещений в порядке убывания частоты сигнала. Этот способ может реверсировать поведение принимаемых и передаваемых сигналов с точки зрения базовой приемопередающей станции BTS. Целесообразно предполагать, что этот способ фактически позволяет улучшить обработку сигнала, принятого по восходящему каналу от мобильной станции MS. Это потому, что сигналы восходящего канала "сдвигаются вместе" вместо "раздвижения", как показано на ФИГ. 19. Поскольку величина "сдвижения" является относительно понятной, базовая приемопередающая станция BTS, расположенная на орбите, может усиливать этот эффект путем обоснованного сужения полосы пропускания, в которой она отслеживает каждый восходящий канал. Это

означает, что принятые сигналы восходящего канала разделены на менее чем 200 кГц (как это имеет место в системе GSM). В этом случае базовая приемопередающая станция BTS, расположенная на орбите, теоретически может отслеживать в более узких каналах с уменьшением шума.

[00177] Согласно некоторым вариантам реализации настоящего изобретения может быть предпочтительным осуществление "раздвижения" или "сдвижения" каналов в базовой приемопередающей станции BTS для обоих подканалов восходящего и нисходящего каналов. Для этого конструктор может назначать каналы, которые имеют увеличивающиеся частоты сигнала восходящего канала и уменьшающиеся частоты сигнала нисходящего канала. Это может привести к "раздвижению" каналов для функций приема восходящего канала и передачи нисходящего канала в базовой приемопередающей станции BTS. И наоборот, уменьшение частот сигнала восходящего канала и увеличение частот сигнала нисходящего канала может привести к "сдвижению" каналов для функций приема восходящего канала и передачи нисходящего канала в базовой приемопередающей станции BTS.

[00178] Несмотря на то, что на ФИГ. 19 каналы изображены в форме клеток, по одной на группу доплеровских смещений, следует понимать, что клетка, показанная на ФИГ. 19, которая раздвигается или сдвигается, может соответствовать одной или более несущим частотам и одному или более временным слотам. Например, в примере группы D_9 доплеровских смещений, как показано на ФИГ. 18, каналы 50-56 назначены ячейкам в полосе, охватываемой этой группой доплеровских смещений. Каналы 50-56 могут представлять семь временных слотов во фреймах одной несущей частоты, один

временной слот во фреймах семи различных несущих частот, или некоторую другую конфигурацию.

ОБНАРУЖЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ

[00179] В дополнение к передаче данных между базовой приемопередающей станцией BTS и мобильной станцией MS, базовая приемопередающая станция BTS может быть использована для обнаружения местоположения, т.е. определения географического положения мобильной станции MS по меньшей мере приблизительно или с достаточным разрешением для различных случаев применения (например, операций поддержки удаленного поиска и спасательных операций). Когда спутник проходит над мобильной станцией MS, базовая приемопередающая станция BTS этого спутника определяет (как описано выше) ячейку сетки для мобильной станции MS (фактически две парных ячейки сетки). Когда другой спутник проходит над той же мобильной станцией MS, базовая приемопередающая станция BTS этого второго спутника определяет пару ячеек сетки в зоне покрытия этого второго спутника. Если второй спутник находится на другой орбите, отличающейся от орбиты первого спутника, линии симметрии для его кольца диапазона псевдорасстояний и контурной полосы доплеровских смещений отчасти отличаются от линий симметрии первого спутника. Предполагая, что мобильная станция MS не перемещается относительно указанных базовых станций BTS или перемещается только в небольшой степени по шкале зон покрытия спутника, тогда место, где две пары ячеек сетки расположены таким образом, что одна ячейка сетки одного спутника перекрывается с одной ячейкой сетки другого спутника, а другие две соответствующие ячейки сетки не перекрываются, может быть

определено базовой приемопередающей станцией BTS как возможное местоположение мобильной станции MS.

[00180] Этот подход может использоваться индивидуально или в сочетании с другими определяющими местоположение системами.

ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ПРОГРАММНЫМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ РАДИОСРЕДСТВА; ДИНАМИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ПЛОТНОСТИ

[00181] Базовая приемопередающая станция BTS выполняет различные функции, как описано в настоящей заявке. Базовая приемопередающая станция BTS может быть осуществлена со стандартными, определенными программным обеспечением радиосредствами, запрограммированными или выполненными с конкретными функциями, обеспеченными в них. Обусловленное программным обеспечением радиооборудование может быть повторно запрограммировано на орбите для смещения относительно конфигурации канала в схеме распределения каналов базовой приемопередающей станции BTS. Это является предпочтительным при неравномерном распределении мобильных станций MS на земле. Например, если базовая приемопередающая станция BTS имеет преобразование соединенных мобильных станций MS или преобразование предполагаемых мобильных станций MS, как изображено на ФИГ. 20, или когда базовая приемопередающая станция BTS получает значительное большинство запросов от мобильных станций MS, которые содержат конкретные диапазоны доплеровского смещения и работают в пределах подобных псевдорасстояний, базовая приемопередающая станция BTS может предоставлять более переполненным ячейкам

сетки большее количество каналов. Таким образом, данные о доплеровских смещениях и псевдодиапазонах могут использоваться для пропорционального распределения каналов. В правой части ФИГ. 20 представлена схема, показывающая для каждой ячейки сетки, сколько каналов может быть распределено этой ячейке сетки. На чертеже показан только один полукруг, учитывая, что зона покрытия спутника является симметричной относительно вектора скорости спутника.

[00182] На ФИГ. 21 изображена приведенная в качестве примера таблица распределения каналов, которая может быть использована для распределения и преобразования, изображенных на ФИГ. 20, с выделением каналов, преобразованных в упорядоченные каналы в схеме назначения каналов. Для реконфигурации канала для обслуживания ячейки сетки приемопередатчик для канала реконфигурируют со смещением синхронизации временного слота, отличающимся от фреймов передачи TDMA, и приемопередатчик получает обновление своих конфигурационных смещений частот для приема и передачи на несущих восходящего канала и нисходящего канала соответственно. После реконфигурирования и повторного преобразования каналов в схему распределения каналов, они могут оставаться в порядке счета (увеличивающегося или уменьшающегося) от нижнего правого угла к верхнему левому углу таблицы распределения каналов, как изображено на чертеже. Таблица распределения каналов может храниться в машиночитаемом запоминающем устройстве, доступном для процессора, который управляет программно обусловленным радиооборудованием и который может задавать частоты и синхронизацию согласно таблице распределения каналов.

[00183] В дополнение к повторному преобразованию каналов в группы программно обусловленное радиооборудование, расположенное на орбите, также может реконфигурировать преобразование своей группы. Например, если мобильные станции MS были плотно упакованы, базовая приемопередающая станция BTS может реконфигурировать свою схему распределения каналов с более точными интервалами псевдорасстояния и доплеровского смещения для улучшения своего сервиса, в частности, увеличения пропускной способности для конкретных географических областей. Кроме того, базовая приемопередающая станция BTS, расположенная на орбите, могла задавать минимальное и максимальное смещения синхронизации временного слота и компенсацию доплеровского смещения для своих каналов на основании измерений минимального и максимального псевдорасстояния и доплеровского смещения соответственно. Это позволяет базовой приемопередающей станции BTS более четко определять ячейку сетки зоны покрытия своего спутника и более эффективно назначать каналы для обслуживания мобильных станций MS, расположенных с более высокой плотностью. Более точный интервал для групп доплеровских смещений также смягчает действие доплеровского смещения в каждом канале, в то время как более четкий интервал для колец диапазона псевдорасстояний повышает потенциальную пропускную способность в большей части конкретных кольцевых местоположений для обслуживания более тесно расположенных мобильных станций MS.

[00184] Обработка на орбите также позволяет использовать известную скорость спутника для прогнозирования перемещения зоны покрытия спутника и, таким образом, псевдорасстояние и контуры доплеровского смещения относительно мобильных станций MS, которые он обслуживает. Такой подход позволяет базовой приемопередающей

станции BTS спутника прогнозировать, для каких "корзин" псевдорасстояний и доплеровских смещений потребуется выделение каналов в ближайшем будущем и для каких не потребуется; прогнозируемость может обеспечивать более точное исполнение реконфигураций схемы выделения каналов. Поскольку имеется некоторое время выполнения, связанное с реконфигурацией каналов, прогнозируемость может быть эффективно использована для гарантированного ограничения потерь времени для реконфигурации каналов. Например, для учета этого времени выполнения реконфигурации каналов базовая приемопередающая станция BTS, расположенная на орбите, может использовать для ресурсного маневра или резервировать один или более каналов таким образом, что несущие частоты, обслуживающие мобильные станции MS, не потребуют внезапной остановки обслуживания для реконфигурирования. Поскольку каналы должны конфигурироваться в порядке увеличения или уменьшения частоты, реконфигурация иногда может создавать эффект "домино", когда требуется реконфигурация множества каналов для поддержки данного критичного упорядочения частот в схеме распределения каналов. Например, рассмотрим базовую приемопередающую станцию BTS системы GSM, расположенную на орбите и имеющую доступ к 80 каналам в спектре GSM. Предположим, каналы помечены как 1-124, причем каждый нечетный канал (т.е. 1, 3, 5, 7 и т.п.) может быть сконфигурирован для обслуживания мобильных станций MS, в то время как каждый четный канал (т.е. 2, 4, 6, 8, и т.п.) может быть использован для ресурсного маневра или зарезервирован. Когда возникает необходимость реконфигурации, базовая приемопередающая станция BTS, расположенная на орбите, может реконфигурировать используемый для ресурсного маневра канал без необходимости резкой остановки обслуживания в одном из ее остальных 62 уже сконфигурированных каналов. Когда сконфигурированный канал

больше не используется для обслуживания мобильных станций MS, он может циклически перейти в набор зарезервированных или используемых для ресурсного маневра каналов, и процесс повторяется с поддержкой непрерывного обслуживания и минимизацией времени простоя канала.

[00185] Базовая приемопередающая станция BTS, расположенная на орбите, может быть запрограммирована для использования измерений в режиме реального времени псевдорасстояний, доплеровского смещения и других данных (т.е. в системе GPS) относительно мобильных станций MS для дополнительного повышения качества обслуживания такой сети. Примеры включают перераспределение или сдвиг каналов на основании больших наборов данных, собранных в течение длительного времени и множества проходов спутника (при относительно статических местоположениях мобильных станций MS), и более динамичный сдвиг каналов в режиме реального времени на основании изменений в распределениях мобильных станций MS, которые распознаются космическим летательным аппаратом, проходящим над этим местоположением, непосредственно перед данным космическим летательным аппаратом или даже под ним.

[00186] Динамическое распределение каналов, описанное выше, также может быть осуществлено способом, который обеспечивает возможность назначения конкретного канала конкретной мобильной станции MS или географическому местоположению для более полного прохода спутника. Иными словами, конфигурация доплеровского смещения и псевдорасстояния определенного канала при нанесении на график в течение длительного времени может быть описана некоторой гладкой функцией, которая

соответствует влиянию доплеровского смещения и псевдорасстояния, испытываемому определенной мобильной станцией MS, или географическому местоположению в течение прохода спутника. Этот вариант реализации мог быть стратегически важным при условиях, когда определенная мобильная станция MS на земле должна поддерживать или выгодно использовать закрытую линию связи со спутником длительный период времени (например, минуты вместо секунд).

[00187] В качестве примера может быть рассмотрен случай, изображенный на ФИГ. 20, когда соединенные мобильные станции MS работают в изолированной группе, например, в удаленном населенном пункте. Следует помнить, что карта показывает только половину зоны покрытия спутника, поскольку "корзины" псевдорасстояний и доплеровских смещений симметричны ото вектора скорости спутника. Когда космический летательный аппарат собирает данные о псевдорасстояниях и доплеровском смещении от этих пользователей, стратегическую важность приобретает пропорциональное выделение каналов в схеме распределения каналов спутника и перепрограммирование его каналов для смещения конфигурации их обслуживания на основании этого пропорционального распределения. Подобный способ также может повысить эффективность прогностического программного обеспечения для анализа данных. Базовая приемопередающая станция BTS, расположенная на орбите, может объединить исторические данные мобильной станции MS с навигационными данными GPS для прогнозирования, где и когда спутник будет проходить над плотными группами клиентов в его зоне покрытия. Данные GPS от фактически обслуживаемых мобильных станций MS также могут использоваться для дальнейшего улучшения качества прогностического

анализа и распределения каналов, а также для случаев применения отслеживания. Это может способствовать повышению качества обслуживания данной сети.

[00188] На ФИГ. 22 изображена процедура определения параметров для мобильной станции MS в процессе канала RACH. Путем измерения задержек распространения пакетов восходящего канала от мобильной станции MS базовая приемопередающая станция BTS может вычислять необходимое опережение синхронизации для каждой мобильной станции MS для передачи пакетов в надлежащее время. Процесс работы канала RACH может состоять в том, что: (1) мобильная станция MS отслеживает канал BCCH, поскольку он находится в режиме ожидания при занятости базовой приемопередающей станции BTS; (2) пользователь мобильной станции MS набирает текстовое сообщение и нажимает "Отправить"; (3) мобильная станция MS, используя информацию, представленную каналом BCCH, запрашивает доступ к каналу путем отправки пакета по каналу произвольного доступа RACH; (4) базовая приемопередающая станция BTS просматривает таблицу назначений каналов и отвечает назначением канала, а также опережением синхронизации (в битах); и (5) мобильная станция MS использует опережение синхронизации для опережения своих пакетов относительно назначенного ей временного слота и использует назначенную ей несущую.

[00189] В более общем случае, изображенном на ФИГ. 22, мобильная станция MS запрашивает распределение выделенного канала сигнализации для выполнения настройки вызова и после распределения канала сигнализации запрос на установление исходящего мобильного вызова MOC, включающий идентификатор TMSI (IMSI) и последний идентификатор LAI, направляет регистру VLR. Регистр VLR запрашивает класс

доступа (AC) посредством регистра HLR для триплетов (аутентификационных сведений об абоненте) (в случае необходимости). Затем регистр VLR инициирует идентификацию, начало шифрования, проверку IMEI (в случае необходимости) и перераспределение TMSI (в случае необходимости). Если все это не вызывает ошибку, требующую прекращения процесса, мобильная станция MS отправляет информацию об установлении (номер запрошенного абонента и подробное описание сервиса) контроллеру мобильных станций (MSC), и контроллер MSC запрашивает у регистра VLR проверку (на основании данных абонента), могут ли быть обработаны запрошенные сервис и номер (или если имеются ограничения, которые не позволяют дальнейшее выполнение установления вызова).

[00190] Если регистр VLR указывает, что запрос должен быть обработан, контроллер MSC дает команду контроллеру BSC назначить трафик-канал мобильной станции MS, и контроллер BSC назначает трафик-канал TCH мобильной станцию MS. Затем контроллер MSC настраивает соединение на запрошенный номер (вызываемого абонента).

[00191] Согласно одному варианту реализации способы, описанные в настоящей заявке, осуществляются одной или обобщенными вычислительными системами, запрограммированными для выполнения способов в соответствии с программными командами в программируемом оборудовании, памяти, другом хранилище или сочетании вышеперечисленного. Могут быть использованы вычислительные устройства специального назначения, такие как настольные компьютерные системы, переносные компьютерные системы, переносные устройства, устройства подключения к сети или

любое другое устройство, которое включает аппаратно-реализованные и/или программные логические средства для осуществления способов.

[00192] Например, на ФИГ. 23 изображена блок-схема компьютерной системы 2300, посредством которой может быть осуществлен один вариант реализации настоящего изобретения. Компьютерная система 2300 содержит шину 2302 или другой механизм связи для обмена информацией, и процессор 2304 вместе с шиной 2302 для обработки информации. Процессор 2304 может быть, например, микропроцессором общего назначения.

[00193] Компьютерная система 2300 также содержит основное запоминающее устройство 2306, такое как оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) или другое динамическое накопительное устройство, соединенное с шиной 2302, для хранения информации и инструкций, которые должны исполняться процессором 2304. Основное запоминающее устройство 2306 также может быть использовано для хранения временных переменных или другой промежуточной информации во время исполнения инструкций, которые должны исполняться процессором 2304. Такие инструкции, хранящиеся в некратковременных носителях, доступных для процессора 2304, преобразуют компьютерную систему 2300 в машину специального назначения, которая индивидуализирована для выполнения операций, указанных в инструкциях.

[00194] Компьютерная система 2300 также содержит постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) 2308 или другое статическое накопительное устройство, соединенное с шиной 2302, для хранения статической информации и инструкций для процессора 2304.

Также имеется накопительное устройство 2310, такое как магнитный или оптический диск, соединенное с шиной 2302, для хранения информации и инструкций.

[00195] Компьютерная система 2300 может быть соединена посредством шины 2302 с дисплеем 2312, таким как компьютерный монитор, для показа информации пользователю компьютера. Устройство 2314 ввода, содержащее алфавитно-цифровые и другие клавиши, соединено с шиной 2302 для передачи информации и выбора команд для процессора 2304. Устройством пользовательского ввода другого типа является устройство 2316 управления курсором, такое как мышь, шаровой указатель или клавиши управления курсором, для ввода информации о направлении и выбора команд для процессора 2304, а также для управления перемещением курсора на дисплее 2312. Это устройство ввода обычно имеет две степени свободы по двум осям, первой оси (например, оси x) и второй оси (например, оси y), которое позволяет устройству указывать позиции на плоскости.

[00196] Компьютерная система 2300 может осуществлять способы, описанные в настоящей заявке, с использованием индивидуализированного аппаратно-реализованного алгоритма, одной или более прикладных специализированных интегральных схем (ASIC) или программируемых пользователем вентильных матриц, программируемого оборудования и/или алгоритма программы, который в сочетании с компьютерной системой преобразует или программирует компьютерную систему 2300 в машину специального назначения. Согласно одному варианту реализации способы, описанные в настоящей заявке, осуществляются компьютерной системой 2300 в ответ на исполнение процессором 2304 одной или более последовательностей одной или более

инструкций, содержащихся в основном запоминающем устройстве 2306. Такие инструкции могут быть считаны в основное запоминающее устройство 2306 из другого носителя, такого как накопительное устройство 2310. Исполнение последовательностей инструкций, содержащихся в основном запоминающем устройстве 2306, вызывает выполнение процессором 2304 этапов процесса, описанных в настоящей заявке. Согласно еще одним вариантам реализации аппаратно-реализованная схема может использоваться вместо инструкций программного обеспечения или в сочетании с ними.

[00197] Термин "носители", используемый в настоящей заявке, относится к любым некратковременным носителям, в которых хранятся данные и/или инструкции, принуждающие машину действовать конкретным способом. Такие носители могут включать в себя некратковременные носители и/или кратковременные носители. Некратковременные носители включают, например, оптические или магнитные диски, такие как накопительное устройство 2310. Кратковременные носители включают в себя динамическую память, такую как основное запоминающее устройство 2306. Общие формы носителей включают, например, дискету, гибкий диск, жесткий диск, твердотельный накопитель, магнитную ленту или любой другой магнитный носитель для хранения данных, CD-ROM, любое другое оптическое запоминающее устройство, любой физический носитель с шаблонами отверстий, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), программируемое постоянное запоминающее устройство (ППЗУ), стираемое программируемое постоянное запоминающее устройство (EPROM), стираемая флэш-память, NVRAM, любое другое запоминающее устройство в форме чипа или картриджа.

[00198] Носители отличаются от передающих сред, но могут использоваться в соединении с ними. Передающие среды участвуют в передаче информации между носителями. Например, передающие среды включают коаксиальные кабели, медную проводную линию и волоконную оптику, включая проводные линии, которые содержат шину 2302. Передающие среды также могут иметь форму акустических или световых волн, таких как генерируемые во время радиоволновой и инфракрасной передачи данных.

[00199] Носители различных формы могут быть включены в перенос одной или более последовательностей одной или более инструкций к процессору 2304 для исполнения. Например, инструкции первоначально могут переноситься магнитным диском или твердотельным накопителем удаленного компьютера. Удаленный компьютер может загружать инструкции в свою динамическую память и отправлять указанные инструкции посредством сетевого соединения. Модемный или сетевой интерфейс, расположенный в компьютерной системе 2300, может принимать данные. Шина 2302 передает данные в основное запоминающее устройство 2306, из которого процессор 2304 извлекает инструкции и исполняет их. Инструкции, принятые основным запоминающим устройством 2306, при необходимости могут быть сохранены в накопительном устройстве 2310 перед исполнением процессором 2304 или после него.

[00200] Компьютерная система 2300 также содержит интерфейс 2318 связи, соединенный с шиной 2302. Интерфейс 2318 связи обеспечивает реверсивное соединение для передачи данных сетевому каналу 2320, который соединен с локальной сетью 2322. Например, интерфейс 2318 связи может быть картой цифровой сети с

интеграцией служб (ISDN), кабельным модемом, спутниковым модемом или модемом, обеспечивающим соединение для передачи данных с телефонной линией соответствующего типа. Также могут быть использованы линии беспроводной связи. В любом таком варианте реализации интерфейс 2318 связи отправляет и принимает электрические, электромагнитные или оптические сигналы, которые переносят потоки цифровых данных, представляющие информацию различных типов.

[00201] Сетевой канал 2320 обычно обеспечивает передачу данных через одну или более сетей другим устройствам данных. Например, сетевой канал 2320 может обеспечивать соединение через локальную сеть 2322 с главным компьютером 2324 или аппаратурой передачи данных, управляемой провайдером услуг сети Интернет (ISP) 2326. Провайдер ISP 2326 в свою очередь оказывает услуги передачи данных посредством мировой сети пакетной передачи данных, в настоящее время обычно называемой сетью "Интернет" 2328. Локальная сеть 2322 и сеть Интернет 2328 обе используют электрические, электромагнитные или оптические сигналы, которые переносят потоки цифровых данных. Сигналы, проходящие через различные сети, и сигналы, проходящие через сетевой канал 2320 и интерфейс 2318 связи, которые переносят цифровые данные в компьютерную систему 2300 и из компьютерной системы 2300, являются примерами форм передающих сред.

[00202] Компьютерная система 2300 может отправлять сообщения и принимать данные, включая программный код, посредством сети (сетей), сетевого канала 2320 и интерфейса 2318 связи. В приведенной в качестве примера сети Интернет сервер 2330 может передавать запрошенный код для прикладной программы посредством сети

Интернет 2328, через провайдера ISP 2326, локальную сеть 2322 и интерфейс 2318 связи. Принятый код после его приема может исполняться процессором 2304 и/или храниться в накопительном устройстве 2310 или другом некратковременном хранилище для последующего исполнения.

[00203] Операции процессов, описанных в настоящей заявке, могут выполняться в любом подходящем порядке, если в настоящей заявке не указано иное или, напротив, явно противоречит контексту. Процессы, описанные в настоящей заявке, (или их вариации и/или сочетания) могут быть осуществлены под управлением одной или более компьютерных систем, выполненных с исполняемыми инструкциями, и могут быть реализованы в форме кодов (например, исполняемых инструкций одной или более компьютерных программ или одного или более приложений), которые исполняются все вместе одним или более процессорами, аппаратными средствами или сочетаниями вышеуказанного. Код может быть сохранен в компьютерочитаемом носителе, например, в форме компьютерной программы, содержащей множество инструкций, исполняемых одним или более процессорами. Компьютерочитаемый носитель может быть некратковременным.

[00204] Объединительное выражение, такое как фразы типа "по меньшей мере одно из A, B, и C" или "по меньшей мере одно из A, B и C", если, в частности, не установлено противное или в противном случае ясно противоречит контексту, понимается иначе, нежели в контексте, используется в целом для представления того, что пункт, термин и т.п. может быть либо A, либо B, либо C, или любым непустым поднабором набора A и B и C. Например, в приведенном в качестве примера наборе, имеющем три

элемента, объединительные выражения "по меньшей мере одно из A, B, и C" и "по меньшей мере одно из A, B и C" относятся к любому из следующих наборов: {B}, {C}, {A, B}, {A, C}, {B, C}, {A, B, C}. Таким образом, такое объединительное выражение, в целом, не предназначено для утверждения того, что определенные варианты реализации требуют присутствия каждого из по меньшей мере одного из A, по меньшей мере одного из B и по меньшей мере одного из C.

[00205] Использование любых и всех примеров, или примерного выражения (например, "такой как"), приведенных в настоящей заявке, предназначено просто для более ясного описания вариантов реализации настоящего изобретения и не налагает ограничения на объем охраны настоящего изобретения, если не требуется противное. Никакое выражение в описании не должно рассматриваться как указание любого необязательного элемента как необходимого для практической реализации настоящего изобретения.

[00206] Выше описаны варианты реализации настоящего изобретения со ссылкой на множество конкретных подробностей, которые могут изменяться от варианта реализации к варианту реализации. Описание и сопроводительные чертежи, соответственно, должны рассматриваться в иллюстративном, а не ограничительном смысле. Единственный и исключительный показатель объема охраны настоящего изобретения и то, что считается Заявителями настоящего изобретения объемом охраны настоящего изобретения, является буквальным и эквивалентным объемом охраны приложенной формулы, которая вытекает из настоящей заявки, в конкретной форме, в которой опубликована такая заявка, включая любое последующее исправление.

[00207] Другие варианты реализации могут быть очевидными для специалиста в данной области техники после прочтения настоящего описания. Согласно еще одним вариантам реализации предпочтительно могут быть выполнены сочетания или подсочетания раскрытого выше изобретения. Приведенные в качестве примера расположения компонентов показаны с иллюстративными целями, и следует понимать, что согласно дополнительным вариантам реализации настоящего изобретения предполагаются сочетания, добавления, перестановки и т.п. Таким образом, несмотря на то, что настоящее изобретение описано со ссылкой на приведенные в качестве примера варианты реализации, специалисту понятно, что возможны различные изменения.

[00208] Например, процессы, описанные в настоящей заявке, могут быть осуществлены с использованием аппаратных компонентов, компонентов программного обеспечения и/или любого сочетания вышеуказанного. Описание и чертежи, соответственно, должны рассматриваться в иллюстративном, а не ограничительном смысле, однако очевидно, что в них могут быть сделаны различные модификации и изменения без отступления от общего принципа и объема охраны настоящего изобретения, сформулированного в приложенной формуле, и это настоящее изобретение предназначено для охвата всех изменений и эквивалентов в пределах объема охраны приложенной формулы.

[00209] Все ссылки, включая публикации, патентные заявки и патенты, цитированные в настоящей заявке, настоящим включены в той же степени, в какой

каждая ссылка была выборочно и конкретно указана в качестве включенной ссылки и полностью была сформулирована в настоящей заявке.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Базовая станция множественного доступа, имеющая один или более приемопередатчиков, которые осуществляют связь с множеством наземных мобильных станций, причем наземная мобильная станция из множества наземных мобильных станций выполнена с возможностью ожидания связей базовой станции с наземной сотовой базовой станцией, которая: (1) находится в пределах ограниченного расстояния от наземной мобильной станции; и/или (2) перемещается со скоростью, меньшей, чем ограниченная скорость, относительно наземной мобильной станции, содержащая:

анализатор данных, который выполняет синтаксический анализ данных, принятых базовой станцией множественного доступа согласно фреймовой структуре, определяющей, какие временные слоты распределены какой из множества наземных мобильных станций, и содержащей множество слотов, каждый из которых имеет нулевое или ненулевое смещение синхронизации временного слота, которое обеспечивает изменяемые задержки передачи, вызванные расстоянием от базовой станции множественного доступа до множества наземных мобильных станций;

блок синхронизации сигналов, определяющий регулировку синхронизации сигнала относительно фреймовой структуры для сигнала, передаваемого наземной мобильной станции, на основании расстояния между базовой станцией множественного доступа и наземной мобильной станцией, которое превышает ограниченное расстояние; и

программируемое радиооборудование, выполненное с возможностью установления связи между базовой станцией множественного доступа и наземной мобильной станцией с использованием протокола множественного доступа и с учетом регулировки синхронизации сигнала, так что связь является совместимой со связью

между наземной сотовой базовой станцией и наземной мобильной станцией или выглядит как связь между наземной сотовой базовой станцией и наземной мобильной станцией, несмотря на то, что расстояние между базовой станцией и мобильной станцией превышает ограниченное расстояние.

2. Базовая станция множественного доступа по п. 1, также выполненная с возможностью связи с множеством наземных мобильных станций, включающим сотовые телефоны, смартфоны, подключенные устройства.

3. Базовая станция множественного доступа по п. 1, в которой ограниченное расстояние составляет 120 километров, и расстояние между базовой станцией и мобильной станцией превышает 120 километров.

4. Базовая станция множественного доступа по п. 1, в которой протоколом множественного доступа является протокол стандарта LTE, ограниченное расстояние составляет 100 километров, и расстояние между базовой станцией и мобильной станцией превышает 100 километров.

5. Базовая станция множественного доступа по п. 1, в которой протоколом множественного доступа является протокол стандарта LTE-IoT, ограниченное расстояние составляет 40 километров, и расстояние между базовой станцией и мобильной станцией превышает 40 километров.

6. Базовая станция множественного доступа по п. 1, в которой протоколом множественного доступа является один из протокола на основе CDMA, протокола стандарта LTE, протокола GSM, протокола на основе OFDMA, протокола на основе FDMA, протокола на основе TDMA, протокола EGPRS или протокола EDGE.

7. Базовая станция множественного доступа по п. 1, являющаяся орбитальной базовой станцией для работы на орбите Земли.

8. Базовая станция множественного доступа по п. 7, в которой ограниченное расстояние составляет 120 километров, и расстояния между базовой станцией и наземными мобильными станциями из множества наземных мобильных станций составляет от примерно 500 километров до примерно 750 километров.

9. Базовая станция множественного доступа по п. 1, являющаяся базовой станцией, действующей в земной атмосфере, включая станцию, устанавливаемую на одном или в одном или более из самолета, БПЛА и/или воздушного шара.

10. Базовая станция множественного доступа по п. 9, в которой ограниченное расстояние составляет 120 километров, и расстояние между базовой станцией и мобильной станцией превышает 120 километров.

11. Базовая станция множественного доступа по п. 1, также содержащая алгоритм распределения сигнала для распределения пропускной способности базовой станции множественного доступа для множества наземных мобильных станций, включая

наземную мобильную станцию, распределенную среди множества временных слотов, множества несущих частот, множества ортогональных поднесущих и/или множества кодовых последовательностей.

12. Базовая станция множественного доступа по п. 1, в которой программируемое радиооборудование также выполнено с возможностью отслеживания попыток связи со стороны наземной мобильной станции с использованием протокола множественного доступа, также содержащая:

вычислитель расстояния, определяющий для каждой наземной мобильной станции из множества наземных мобильных станций ее расстояние до базовой станции, которое является расстоянием от базовой станции множественного доступа до наземной мобильной станции;

приемный блок синхронизации, который определяет синхронизацию сигналов, принимаемых от наземной мобильной станции, относительно фреймовой структуры на основании расстояния между базовой станцией и наземной мобильной станцией; и

распределитель входного сигнала, который назначает отслеживающий временной слот во фреймовой структуре для отслеживания попытки связи от наземной мобильной станции, причем отслеживающий временной слот синхронизирован на основании расстояния между базовой станцией и наземной мобильной станцией, и отслеживающим временным слотом является один из множества временных слотов, которые непостоянно задерживаются во фреймовой структуре для учета базовой станции множественного доступа, поддерживающей связь с множеством наземных мобильных станций, имеющих множество расстояний между базовой станцией и мобильной станцией.

13. Базовая станция множественного доступа по п. 12, в которой множество временных слотов непостоянно задерживаются во фреймовой структуре для учета множества наземных мобильных станций, имеющих множество расстояний между базовой станцией и мобильной станцией, путем назначения каждого из множества различных диапазонов расстояний между базовой станцией и мобильной станцией каждой из множества групп каналов.

14. Базовая станция множественного доступа по п. 13, являющаяся орбитальной базовой станцией, предназначенной для работы на орбите Земли, причем множество различных диапазонов расстояний между базовой станцией и мобильной станцией все вместе охватывают наклонную дальность от расстояния зенита до минимального расстояния возвышения, при этом расстоянием зенита является расстояние между позицией зенита спутника, содержащего базовую станцию множественного доступа, и наземной мобильной станцией, и минимальным расстоянием возвышения является расстояние между позицией спутника, когда наземная мобильная станция входит в расчетную зону покрытия спутника.

15. Базовая станция множественного доступа по п. 14, в которой каждый из различных диапазонов расстояний между базовой станцией и мобильной станцией перекрывает примерно 34-35 километров, и разность между расстоянием зенита и минимальным расстоянием возвышения составляет между 210 и 250 километрами.

16. Базовая станция множественного доступа по п. 14, в которой расчетная зона покрытия спутника имеет форму круга, эллипса, прямоугольника и не зависит от антенны и/или формы луча антенны и не является их функцией.

17. Базовая станция множественного доступа, имеющая один или более приемопередатчиков, которые осуществляют связь с множеством наземных мобильных станций, выполненных с возможностью ожидания попыток связи базовой станции с наземной сотовой базовой станцией, которая: (1) находится в пределах ограниченного расстояния от наземной мобильной станции; и/или (2) перемещается со скоростью, меньшей, чем ограниченная скорость, относительно наземной мобильной станции, содержащая:

анализатор данных, который выполняет синтаксический анализ данных, принятых базовой станцией множественного доступа согласно фреймовой структуре, определяющей, какие временные слоты распределены какой из множества наземных мобильных станций, и согласно протоколу множественного доступа, в котором наземная мобильная станция ожидает приема сигналов на указанной частоте и передачи сигналов на указанной частоте;

вычислитель доплеровского смещения, определяющий для каждой наземной мобильной станции из множества наземных мобильных станций ее доплеровское смещение, вызванное скоростью ее перемещения относительно базовой станции множественного доступа;

блок назначения канала, который назначает каждую из множества наземных мобильных станций группам каналов в множестве групп каналов, каждая из которых имеет наземную частоту и доплеровское смещение частоты;

модулятор сигнала, модулирующий сигналы для наземной мобильной станции на частоте наземной станции с доплеровским смещением частоты, которое по меньшей мере примерно соответствует ожидаемому доплеровскому смещению в сигналах, передаваемых наземной мобильной станции, вызванному перемещением базовой станции множественного доступа относительно наземной мобильной станции, так что наземная мобильная станция принимает сигнал на наземной частоте; и

программируемое радиооборудование, выполненное с возможностью приема связи от наземной мобильной станции с использованием протокола множественного доступа и с учетом доплеровского смещения частоты наземной мобильной станции, так что связь является совместимой со связью между наземной сотовой базовой станцией и наземной мобильной станцией или выглядит как связь между наземной сотовой базовой станцией и наземной мобильной станцией, несмотря на то, что скорость наземной мобильной станции относительно базовой станции множественного доступа превышает ограниченную скорость.

18. Базовая станция множественного доступа по п. 17, в которой скорость наземной мобильной станции относительно базовой станции множественного доступа является результатом нахождения базовой станции множественного доступа на орбите Земли, и причем доплеровское смещение частоты изменяется с приращениями по 5 килогерц.

19. Базовая станция множественного доступа по п. 17, также выполненная с возможностью связи с множеством наземных мобильных станций, включающим сотовые телефоны, смартфоны, подключенные устройства.

20. Базовая станция множественного доступа по п. 17, являющаяся орбитальной базовой станцией для работы на орбите Земли.

21. Базовая станция множественного доступа по п. 17, являющаяся базовой станцией, действующей в земной атмосфере, включая станцию, устанавливаемую на одном или в одном или более из самолета, БПЛА и/или воздушного шара.

22. Базовая станция множественного доступа по п. 17, также содержащая алгоритм распределения сигнала для распределения пропускной способности базовой станции множественного доступа среди множества наземных мобильных станций, включая наземную мобильную станцию, рассредоточенной по множеству временных слотов, множеству несущих частот, множеству ортогональных поднесущих и/или множеству кодовых последовательностей.

23. Базовая станция множественного доступа по п. 17, в которой каждая из множества групп каналов имеет подканал восходящего канала и подканал нисходящего канала со смежным спектром для подканалов восходящего канала и смежным спектром для подканалов нисходящего канала, и группы каналов назначаются таким образом, что смежные группы каналов назначаются смежным доплеровским смещениям частоты.

24. Базовая станция множественного доступа, имеющая один или более приемопередатчиков, которые осуществляют связь с множеством наземных мобильных станций, причем наземная мобильная станция выполнена с возможностью ожидания

связей базовой станции с наземной сотовой базовой станцией, которая: (1) находится в пределах ограниченного расстояния от наземной мобильной станции; и/или (2) перемещается со скоростью, меньшей, чем ограниченная скорость, относительно наземной мобильной станции, содержащая:

анализатор данных, который выполняет синтаксический анализ данных, принятых базовой станцией множественного доступа согласно фреймовой структуре, определяющей, какие временные слоты распределены какой из множества наземных мобильных станций, и содержащей множество слотов, каждый из которых имеет нулевое или ненулевое смещение синхронизации временного слота, которое обеспечивает изменяемые задержки передачи, вызванные расстоянием от базовой станции множественного доступа до множества наземных мобильных станций и также согласно протоколу множественного доступа, в котором наземная мобильная станция передает и ожидает приема сигналов на указанной частоте, передает сигналы на наземной частоте и принимает сигналы с доплеровским смещением частоты, и причем протокол множественного доступа указывает группы каналов в множестве групп каналов, при этом каждая группа каналов имеет назначенную наземную частоту и назначенный временной слот;

блок синхронизации сигналов, определяющий регулировку синхронизации сигнала относительно фреймовой структуры для сигнала, передаваемого наземной мобильной станции, на основании расстояния между базовой станцией множественного доступа и наземной мобильной станцией, которое превышает ограниченное расстояние, причем каждой группе каналов назначено предусмотренное регулирование синхронизации сигнала;

вычислитель доплеровского смещения, определяющий для каждой наземной мобильной станции из множества наземных мобильных станций ее доплеровское смещение, вызванное скоростью ее перемещения относительно базовой станции множественного доступа, причем каждой группе каналов назначено предусмотренное доплеровское смещение частоты;

динамический распределитель каналов, который распределяет каждую из множества наземных мобильных станций назначенной группе каналов в множестве групп каналов на основании ее предусмотренного регулирования синхронизации сигнала и ее предусмотренного доплеровского смещения частоты, причем количество каналов в назначенной группе каналов соответствует количеству множества наземных мобильных станций, которые имеют или ожидаемо будут иметь предусмотренное регулирование синхронизации сигнала и предусмотренное доплеровское смещение частоты;

модулятор сигналов, модулирующий сигналы для наземной мобильной станции на наземной частоте с доплеровским смещением частоты, причем доплеровское смещение частоты по меньшей мере приблизительно соответствует ожидаемому доплеровскому смещению в сигналах, передаваемых наземной мобильной станции, из-за относительного перемещения базовой станции множественного доступа и наземной мобильной станции, так что наземная мобильная станция принимает сигнал на наземной частоте; и

программируемое радиооборудование, выполненное с возможностью приема связи от наземной мобильной станции с использованием протокола множественного доступа и с учетом доплеровского смещения частоты наземной мобильной станции, так что связь является совместимой со связью между наземной сотовой базовой станцией и наземной мобильной станцией или выглядит как связь между наземной сотовой базовой станцией и наземной мобильной станцией, несмотря на то, что расстояние между

базовой станцией и мобильной станцией превышает ограниченное расстояние, и несмотря на то, что скорость наземной мобильной станции относительно базовой станции множественного доступа превышает ограниченную скорость.

25. Базовая станция множественного доступа по п. 24, в которой скорость наземной мобильной станции относительно базовой станции множественного доступа является результатом нахождения базовой станции множественного доступа на орбите Земли, и причем доплеровское смещение частоты изменяется с приращениями по 5 килогерц.

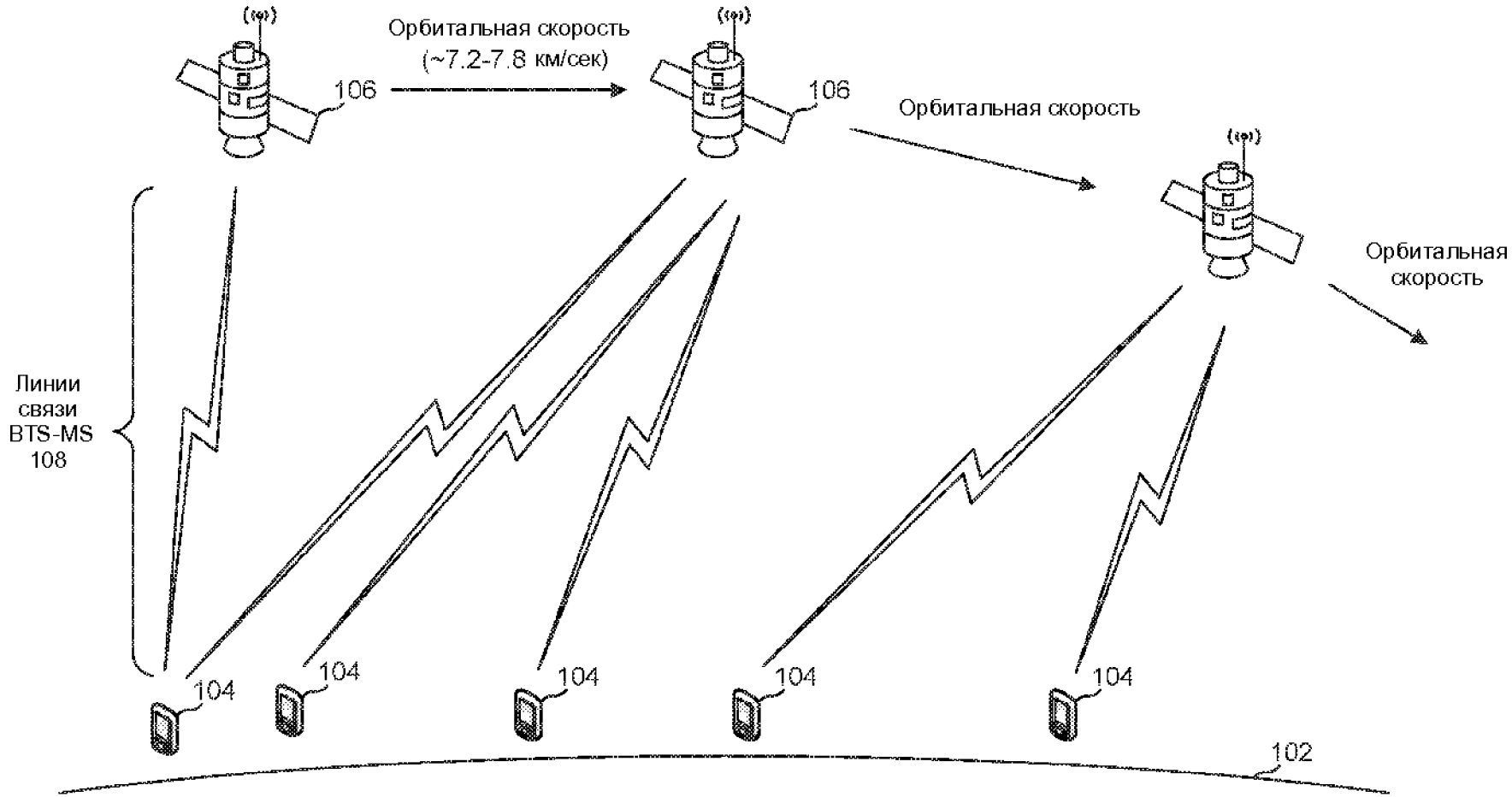
26. Базовая станция множественного доступа по п. 24, также выполненная с возможностью связи с множеством наземных мобильных станций, включающим сотовые телефоны, смартфоны, подключенные устройства.

27. Базовая станция множественного доступа по п. 24, являющаяся орбитальной базовой станцией для работы на орбите Земли.

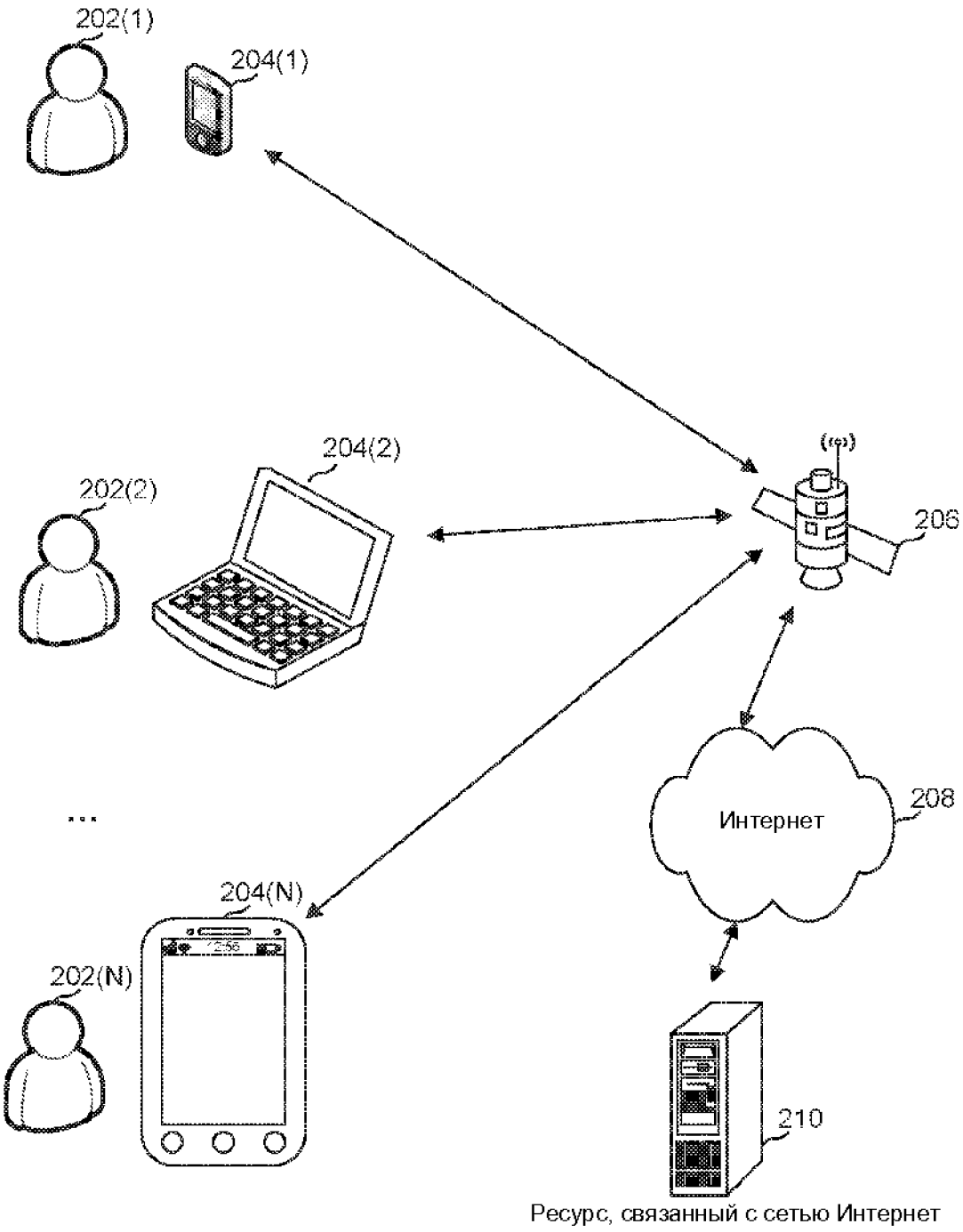
28. Базовая станция множественного доступа по п. 24, являющаяся базовой станцией, действующей в земной атмосфере, включая станцию, устанавливаемую на одном или в одном или более из самолета, БПЛА и/или воздушного шара.

29. Базовая станция множественного доступа по п. 24, также содержащая алгоритм распределения сигнала для распределения пропускной способности базовой станции множественного доступа для множества наземных мобильных станций, включая

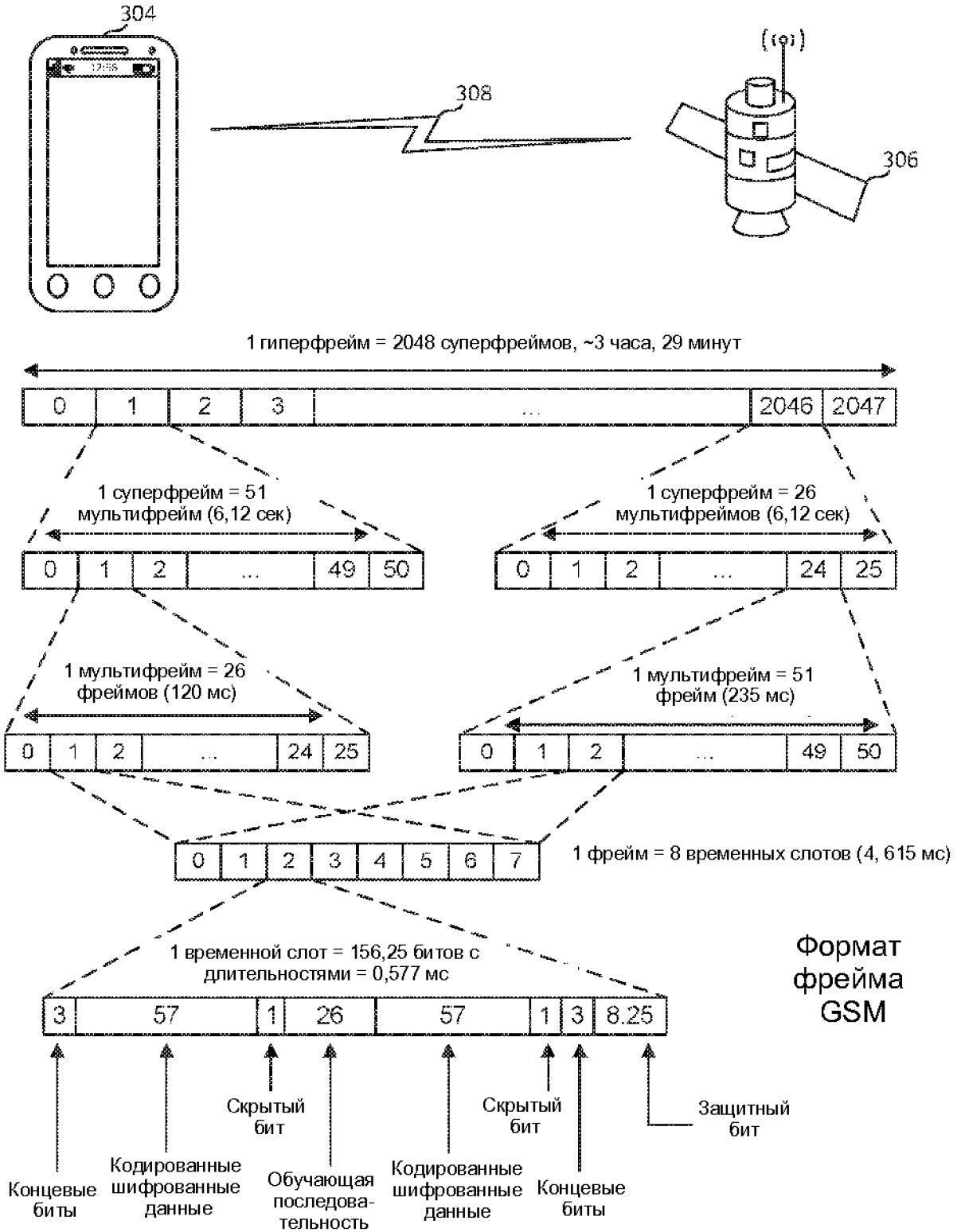
наземную мобильную станцию, рассредоточенной по множеству временных слотов, множеству несущих частот, множеству ортогональных поднесущих и/или множеству кодовых последовательностей.


Орбитальная скорость
(~7.2-7.8 км/сек)
106
106
Орбитальная скорость
Орбитальная
скорость
Линии
связи
BTS-MS
108
104
104
104
104
104
102

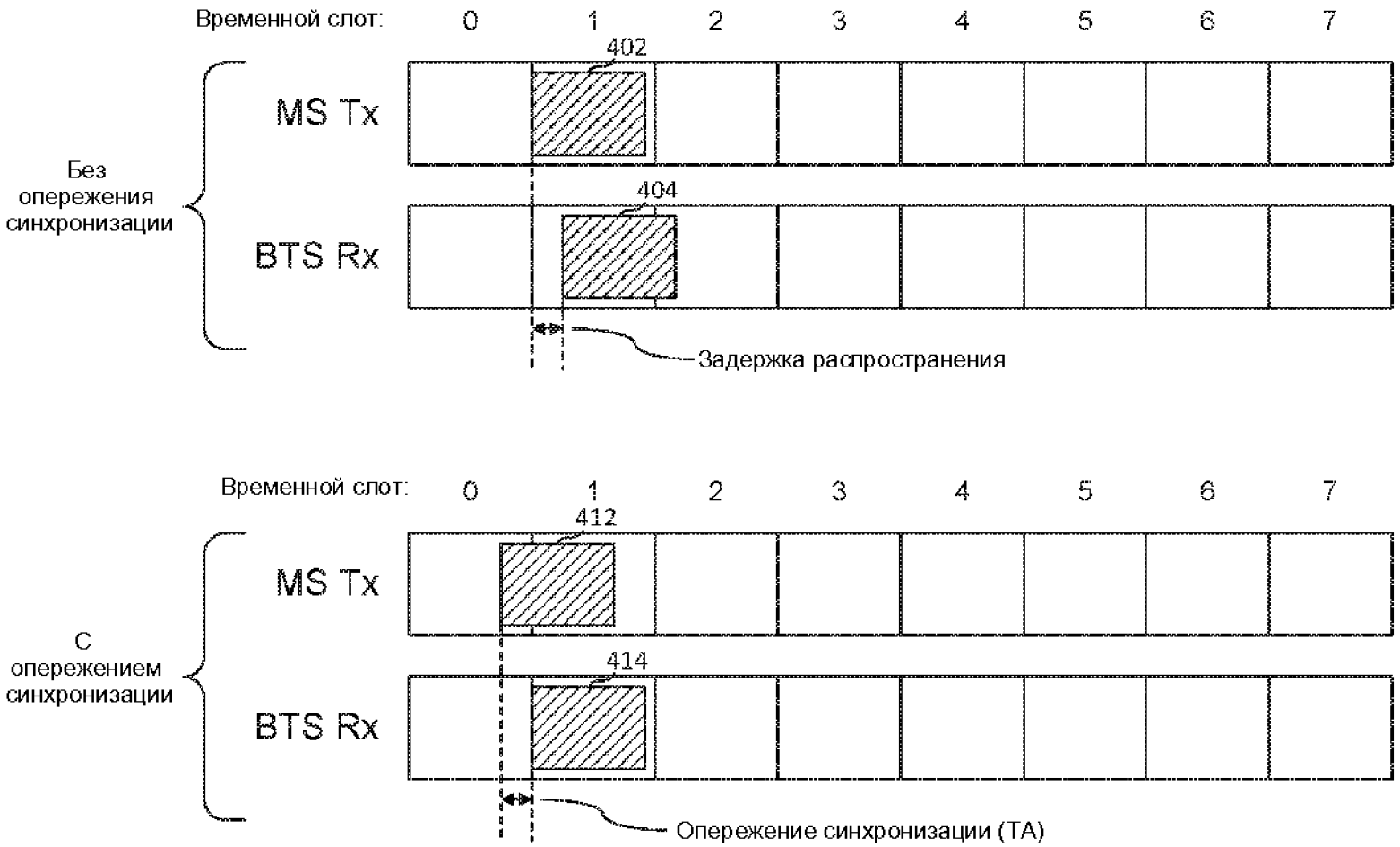
ФИГ. 1


202(1)
204(1)
204(2)
202(2)
206
...
Интернет
208
204(N)
202(N)
210
Ресурс, связанный с сетью Интернет

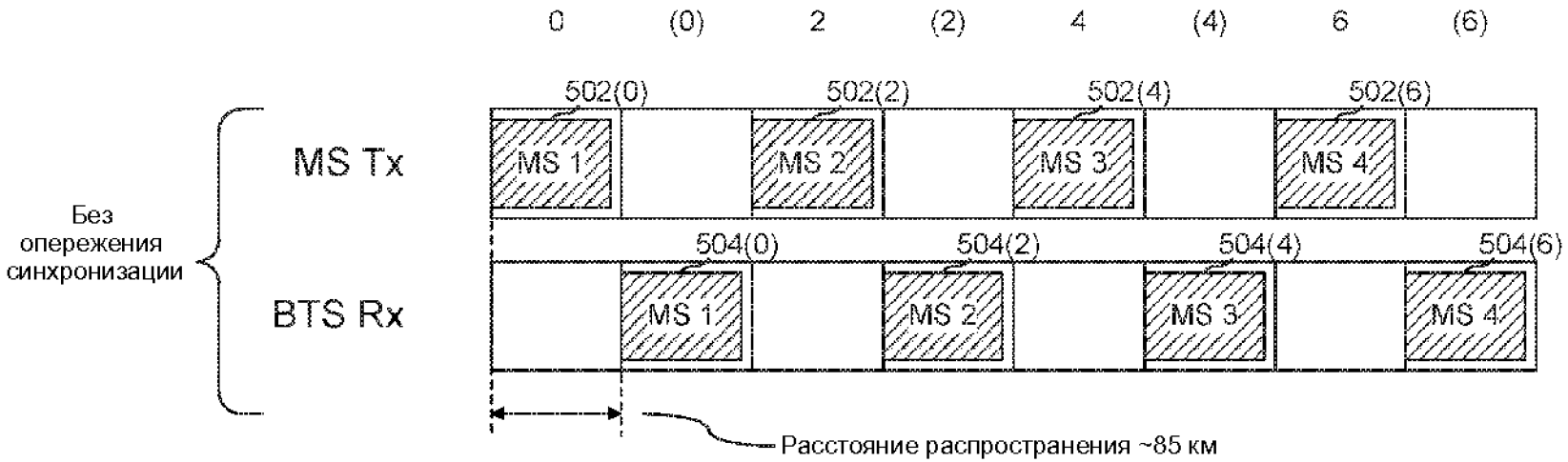
ФИГ. 2


304
308
306
1 гиперфрейм = 2048 суперфреймов, ~3 часа, 29 минут
0 1 2 3 ... 2046 2047
1 суперфрейм = 51 мультифрейм (6,12 сек)
0 1 2 ... 49 50
1 суперфрейм = 26 мультифреймов (6,12 сек)
0 1 2 ... 24 25
1 мультифрейм = 26 фреймов (120 мс)
0 1 2 ... 24 25
1 мультифрейм = 51 фрейм (235 мс)
0 1 2 ... 49 50
0 1 2 3 4 5 6 7
1 фрейм = 8 временных слотов (4, 615 мс)
1 временной слот = 156,25 битов с длительностями = 0,577 мс
3 57 1 26 57 1 3 8.25
Концевые биты
Кодированные шифрованные данные
Скрытый бит
Обучающая последова-тельность
Кодированные шифрованные данные
Скрытый бит
Концевые биты
Защитный бит
Формат фрейма GSM

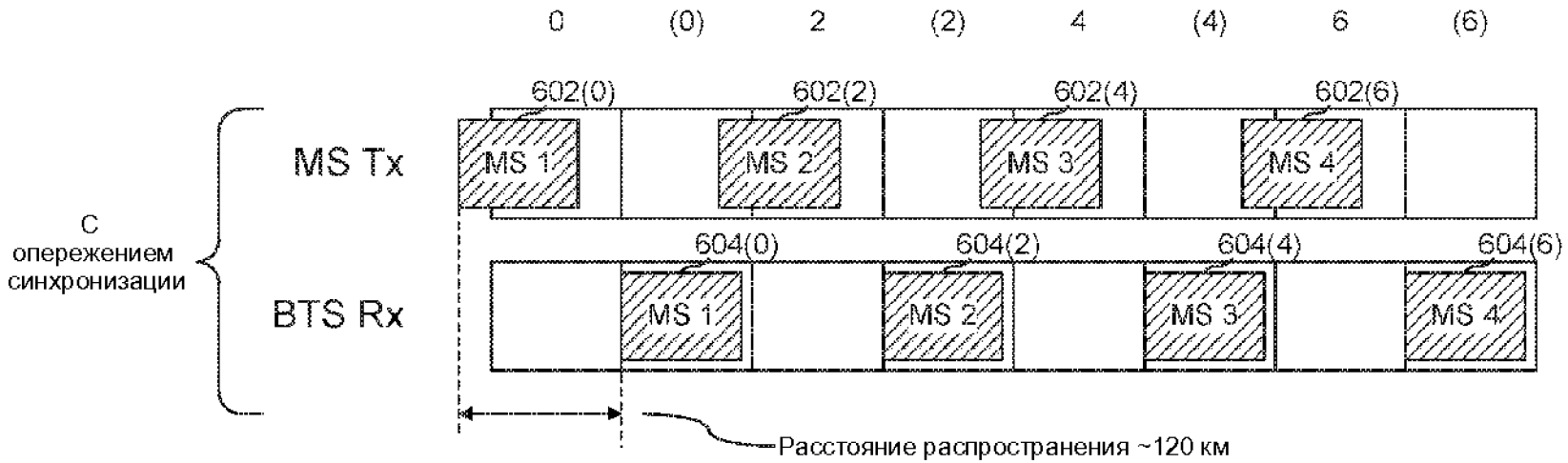
ФИГ. 3


Временной слот:
0
1
2
3
4
5
6
7
402
MS Tx
Без опережения синхронизации
404
BTS Rx
Задержка распространения
Временной слот:
0
1
2
3
4
5
6
7
412
MS Tx
С опережением синхронизации
414
BTS Rx
Опережение синхронизации (TA)

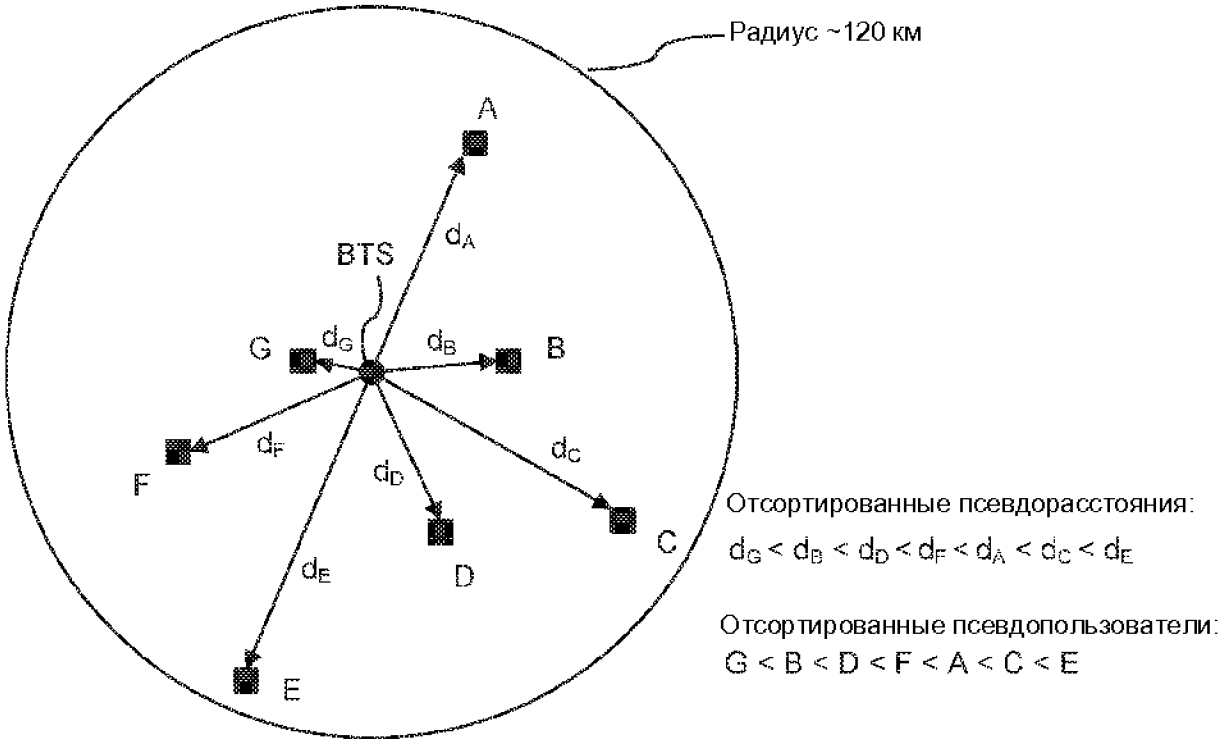
ФИГ. 4


0
(0)
2
(2)
4
(4)
6
(6)
502(0)
502(2)
502(4)
502(6)
MS 1
MS 2
MS 3
MS 4
MS Tx
Без опережения синхронизации
504(0)
504(2)
504(4)
504(6)
MS 1
MS 2
MS 3
MS 4
BTS Rx
Расстояние распространения ~85 км

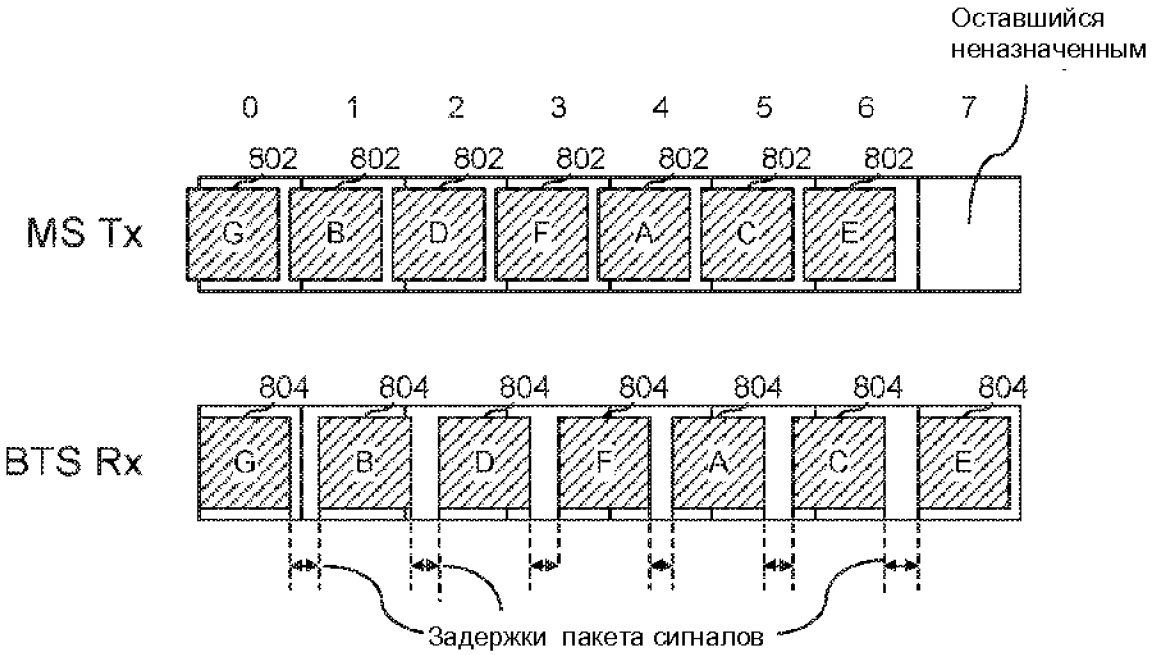
ФИГ. 5


0
(0)
2
(2)
4
(4)
6
(6)
602(0)
602(2)
602(4)
602(6)
MS Tx
MS 1
MS 2
MS 3
MS 4
С опережением синхронизации
604(0)
604(2)
604(4)
604(6)
BTS Rx
MS 1
MS 2
MS 3
MS 4
Расстояние распространения ~120 км

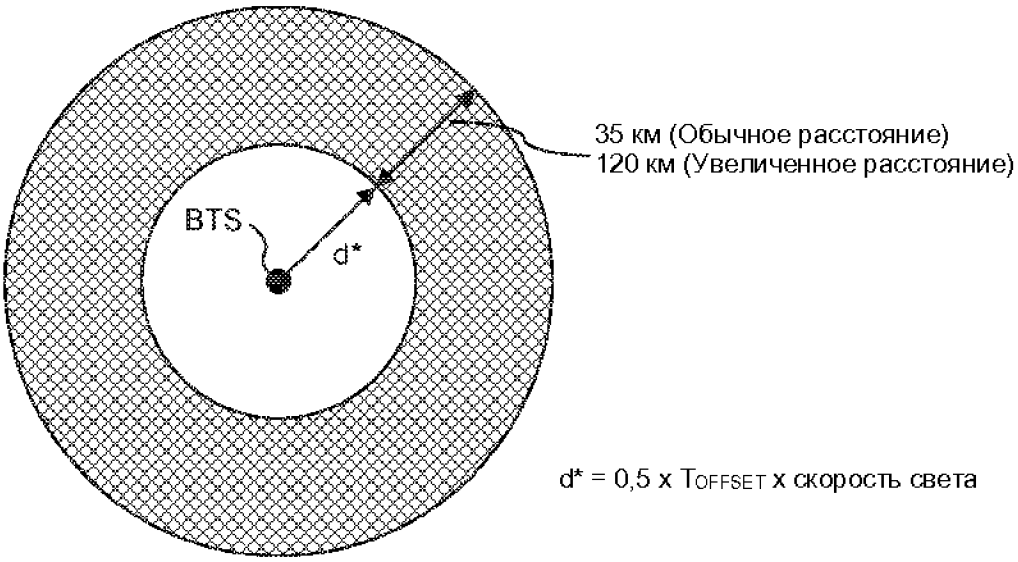
ФИГ. 6


Радиус ~120 км
A
BTS
d_A
G
d_G
d_B
B
F
d_F
d_D
d_C
C
D
d_E
E
Отсортированные псевдорасстояния:
$d_G < d_B < d_D < d_F < d_A < d_C < d_E$
Отсортированные псевдопользователи:
G < B < D < F < A < C < E

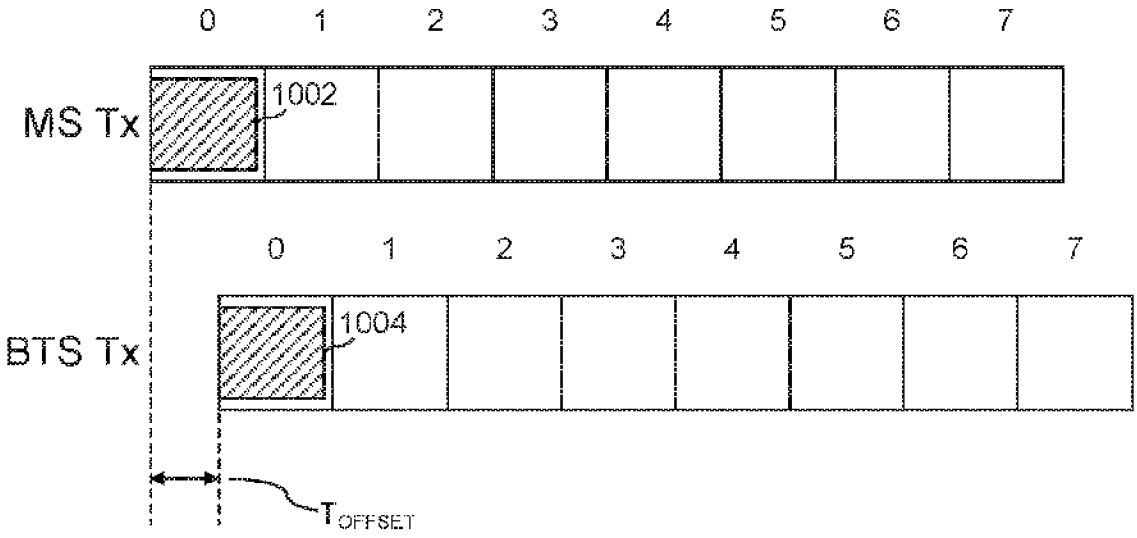
ФИГ. 7


Оставшийся неназначенным
0 1 2 3 4 5 6 7
802 802 802 802 802 802 802
MS Tx
G B D F A C E
804 804 804 804 804 804 804
BTS Rx
G B D F A C E
Задержки пакета сигналов

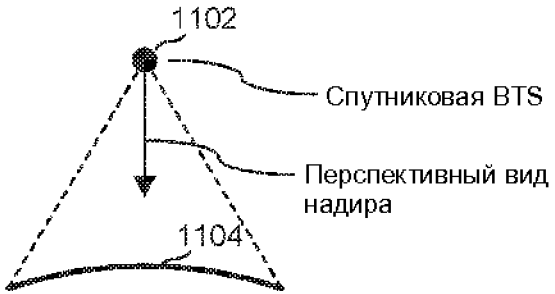
ФИГ. 8


35 км (Обычное расстояние)
120 км (Увеличенное расстояние)
BTS
d*
d* = 0,5 x TOFFSET x скорость света

ФИГ. 9


0
1
2
3
4
5
6
7
MS Tx
1002
0
1
2
3
4
5
6
7
BTS Tx
1004
TOFFSET

ФИГ. 10



Пояснительная надпись: кольца дальностей для псевдорасстояний

r_0: d^*_0 к d^*_1 (500.0 к 534.4 км)

r_1: d^*_1 к d^*_2 (534.4 к 568.9 км)

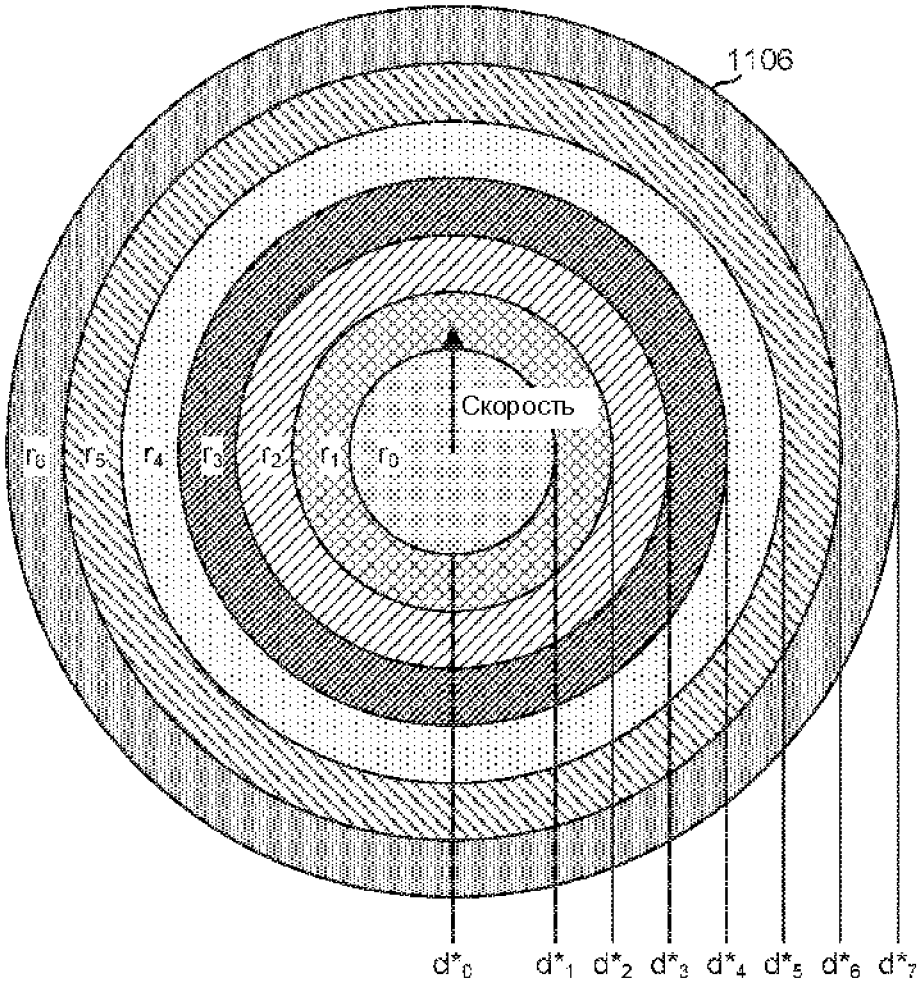
r_2: d^*_2 к d^*_3 (568.9 к 603.3 км)

r_3: d^*_3 к d^*_4 (603.3 к 637.7 км)

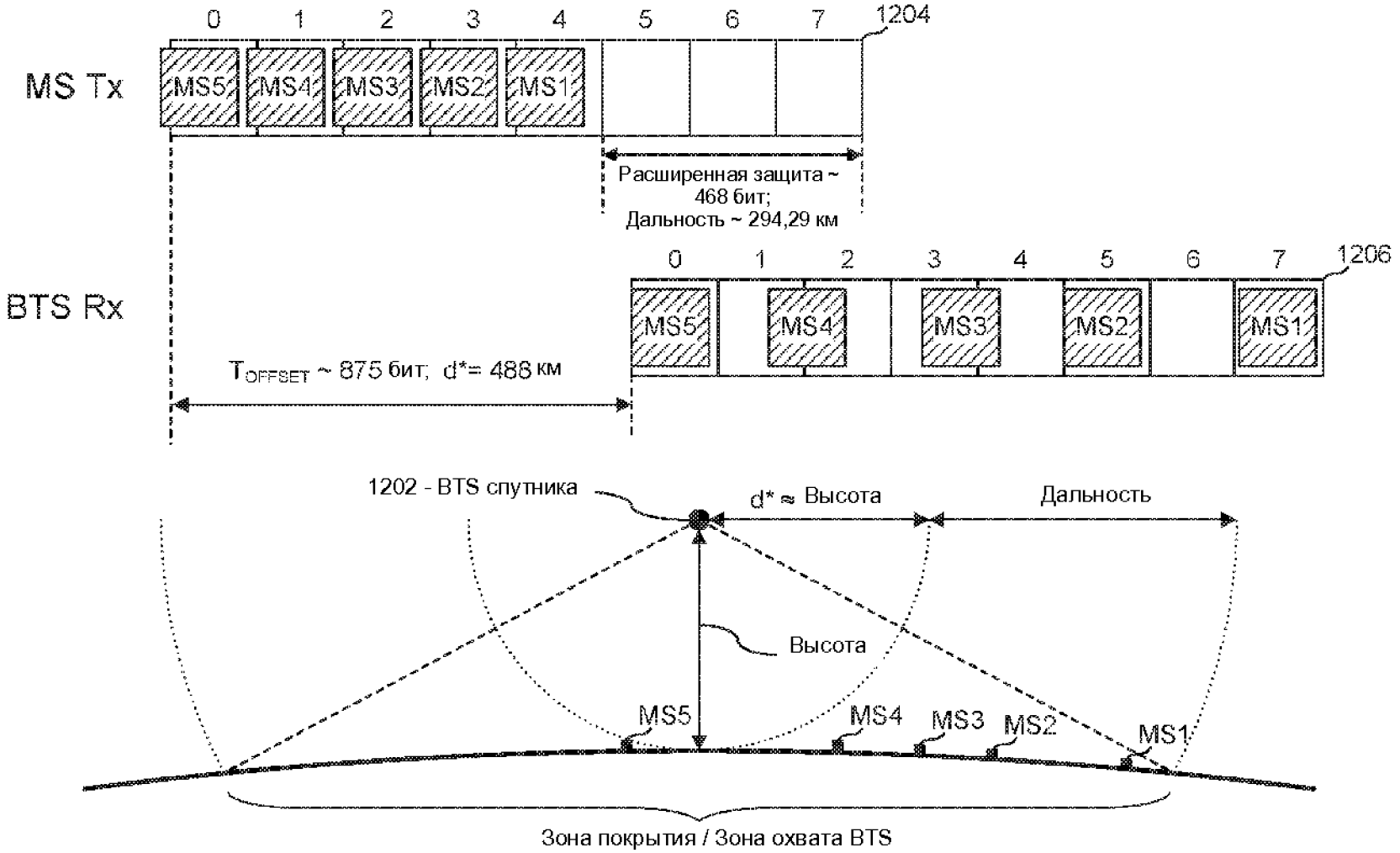
r_4: d^*_4 к d^*_5 (637.7 к 672.1 км)

r_5: d^*_5 к d^*_6 (672.1 к 706.6 км)

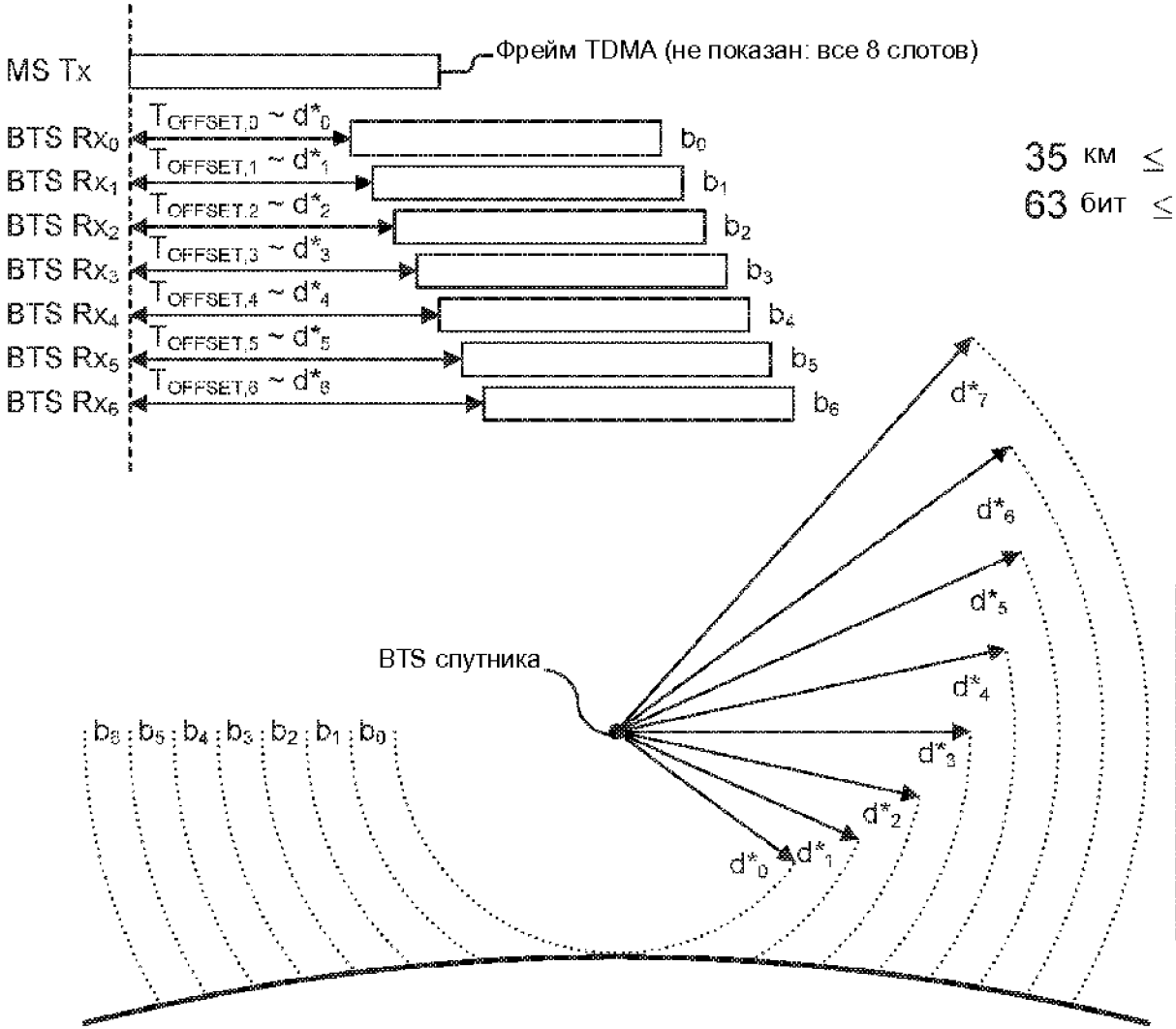
r_6: d^*_6 к d^*_7 (706.6 к 741.0 км)



ФИГ. 11


MS Tx
0 1 2 3 4 5 6 7
1204
MS5
MS4
MS3
MS2
MS1
Расширенная защита ~ 468 бит;
Дальность ~ 294,29 км
BTS Rx
0 1 2 3 4 5 6 7
1206
MS5
MS4
MS3
MS2
MS1
T OFFSET ~ 875 бит; d*= 488 км
1202 - BTS спутника
d* ≈ Высота
Дальность
Высота
MS5
MS4
MS3
MS2
MS1
Зона покрытия / Зона охвата BTS

ФИГ. 12

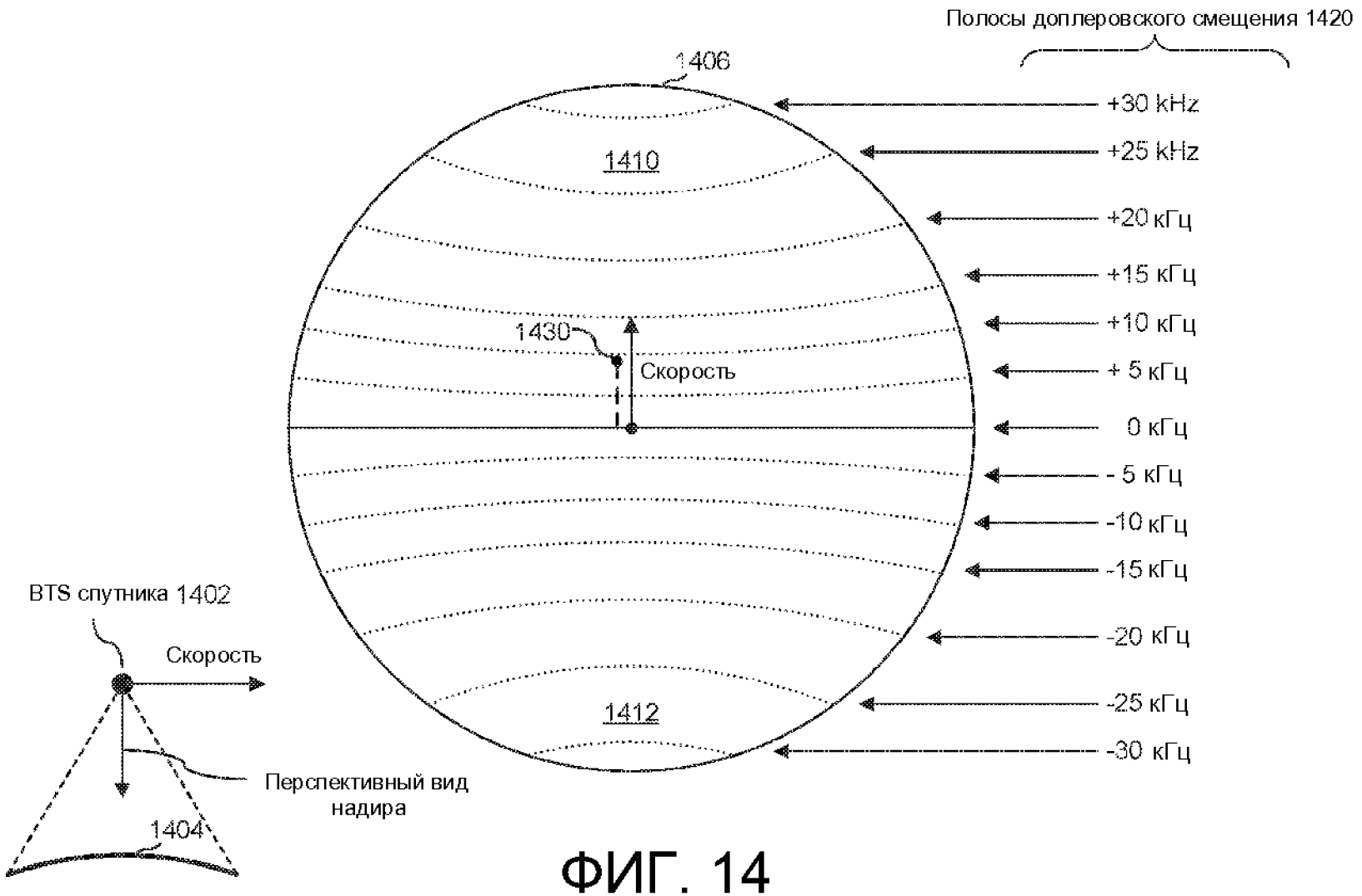


35 км $\leq d^*_{i+1} - d^*_i$

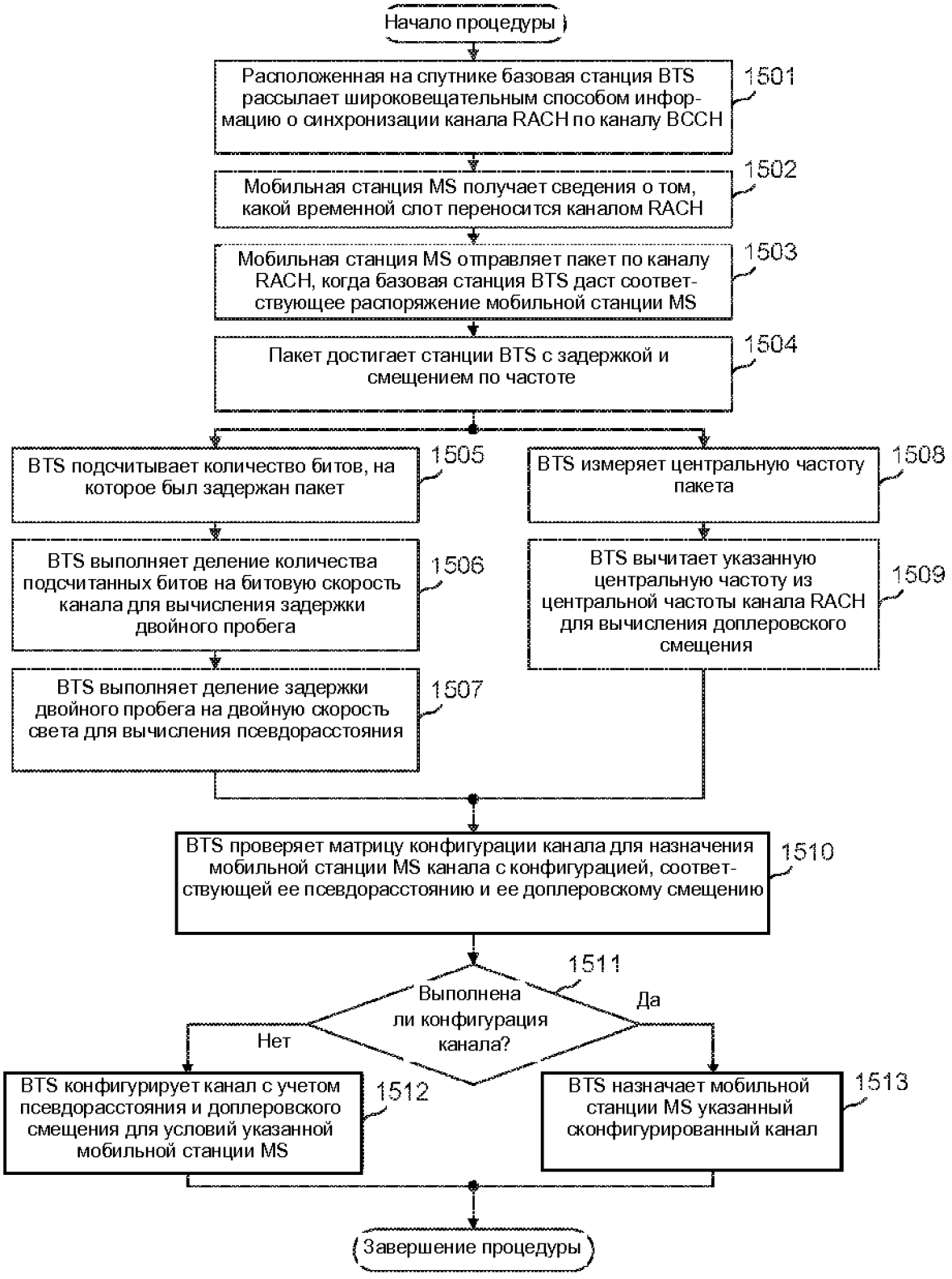
63 бит $\leq T_{OFFSET,i+1} - T_{OFFSET,i}$

Группа каналов	Кольцо дальностей (от d^*_i до d^*_{i+1})
b_0	500 км – 534.4 км
b_1	534.4 км – 568.9 км
b_2	568.9 км – 603.3 км
b_3	603.3 км – 637.7 км
b_4	637.7 км – 672.1 км
b_5	672.1 км – 706.6 км
b_6	706.6 км – 741 км

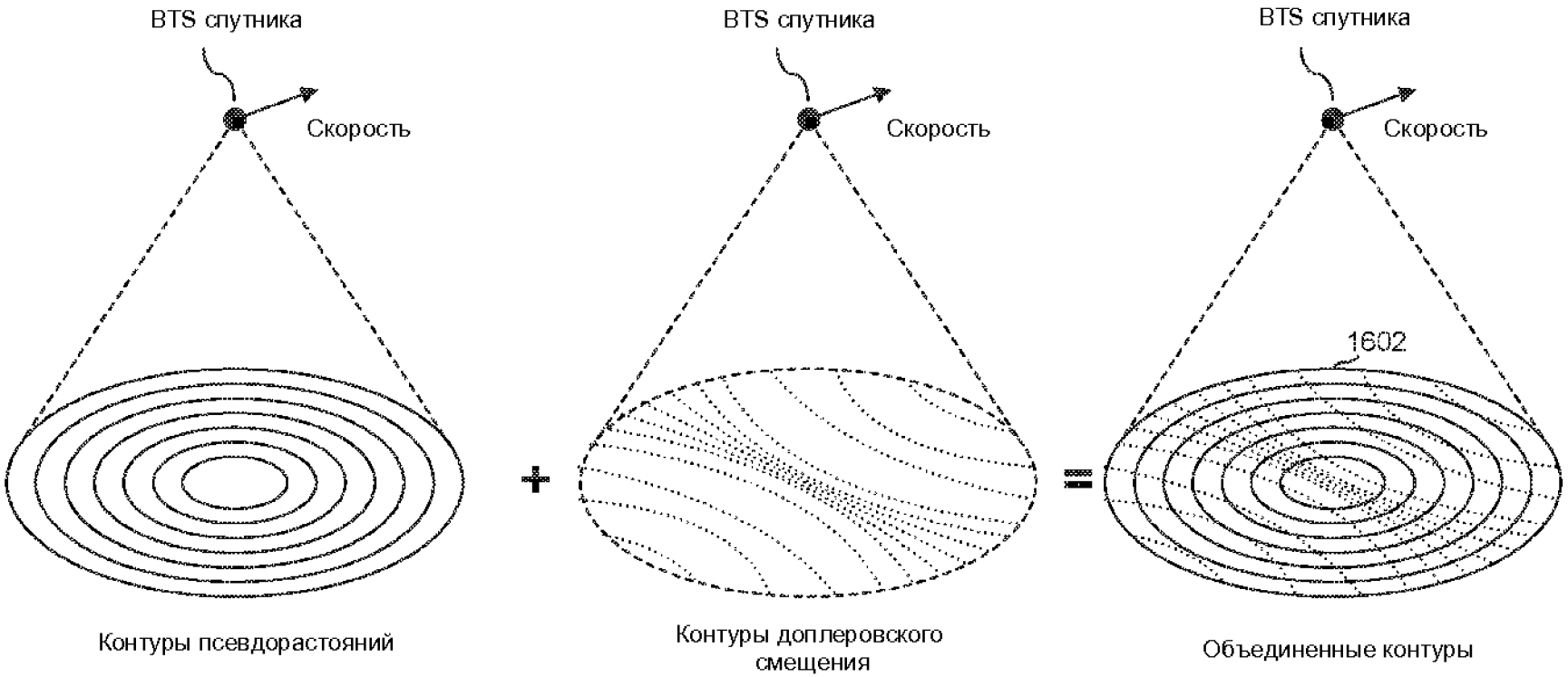
ФИГ. 13


Полосы доплеровского смещения 1420
1406
+30 kHz
+25 kHz
1410
+20 кГц
+15 кГц
+10 кГц
1430
Скорость
+ 5 кГц
0 кГц
- 5 кГц
-10 кГц
-15 кГц
-20 кГц
1412
-25 кГц
-30 кГц
BTS спутника 1402
Скорость
Перспективный вид надира
1404

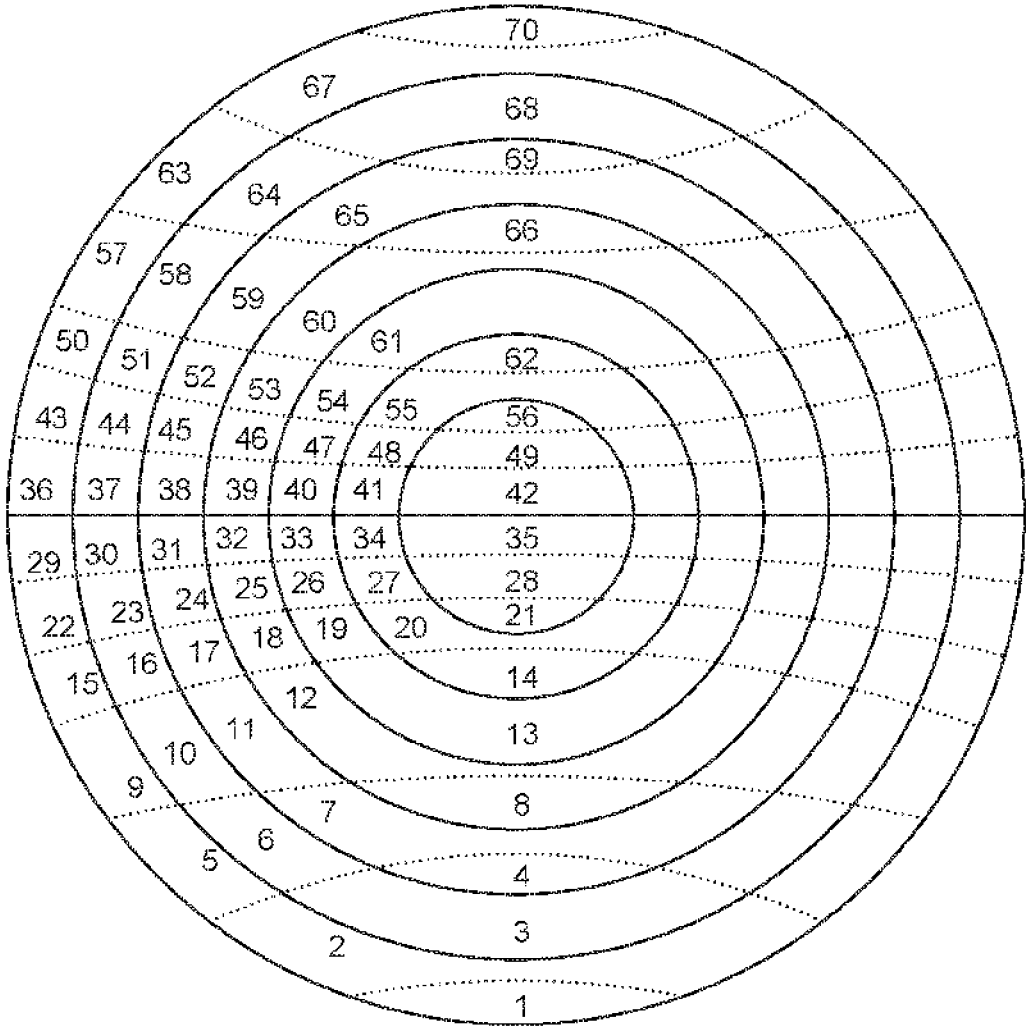
ФИГ. 14


Начало процедуры
Расположенная на спутнике базовая станция BTS рассылает широковещательным способом информацию о синхронизации канала RACH по каналу BCCH
1501
Мобильная станция MS получает сведения о том, какой временной слот переносится каналом RACH
1502
Мобильная станция MS отправляет пакет по каналу RACH, когда базовая станция BTS даст соответствующее распоряжение мобильной станции MS
1503
Пакет достигает станции BTS с задержкой и смещением по частоте
1504
BTS подсчитывает количество битов, на которое был задержан пакет
1505
BTS выполняет деление количества подсчитанных битов на битовую скорость канала для вычисления задержки двойного пробега
1506
BTS выполняет деление задержки двойного пробега на двойную скорость света для вычисления псевдорасстояния
1507
BTS измеряет центральную частоту пакета
1508
BTS вычитает указанную центральную частоту из центральной частоты канала RACH для вычисления доплеровского смещения
1509
BTS проверяет матрицу конфигурации канала для назначения мобильной станции MS канала с конфигурацией, соответствующей ее псевдорасстоянию и ее доплеровскому смещению
1510
Выполнена ли конфигурация канала?
1511
Да
Нет
BTS конфигурирует канал с учетом псевдорасстояния и доплеровского смещения для условий указанной мобильной станции MS
1512
BTS назначает мобильной станции MS указанный сконфигурированный канал
1513
Завершение процедуры

ФИГ. 15


BTS спутника
Скорость
BTS спутника
Скорость
BTS спутника
Скорость
1602
Контуры псевдорастояний
Контуры доплеровского смещения
Объединенные контуры

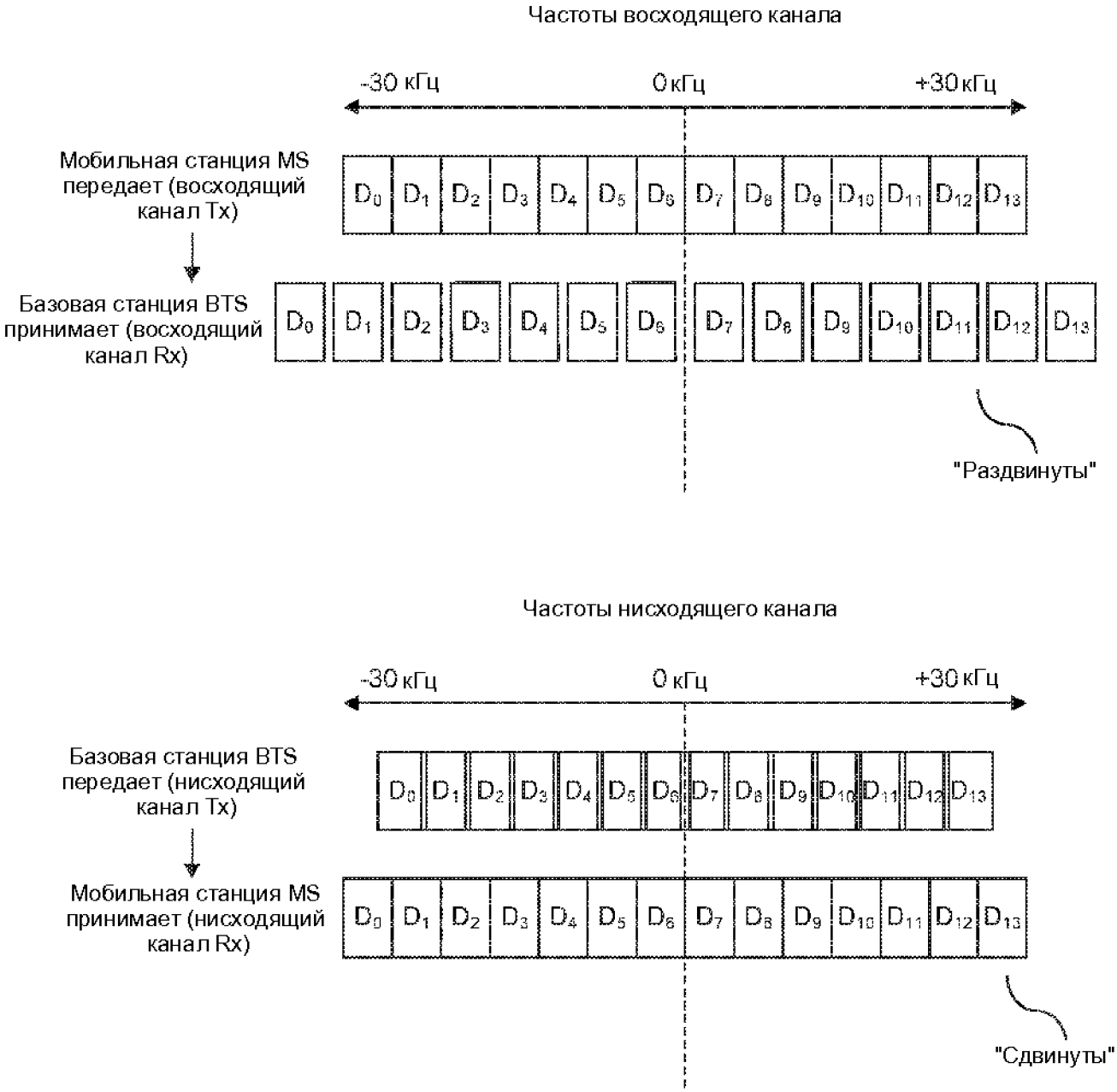
ФИГ. 16


70
67
68
63
64
69
65
66
57
58
59
60
61
62
50
51
52
53
54
55
56
43
44
45
46
47
48
49
36
37
38
39
40
41
42
29
30
31
32
33
34
35
22
23
24
25
26
27
28
15
16
17
18
19
20
21
14
12
13
11
10
9
8
7
6
5
4
2
3
1

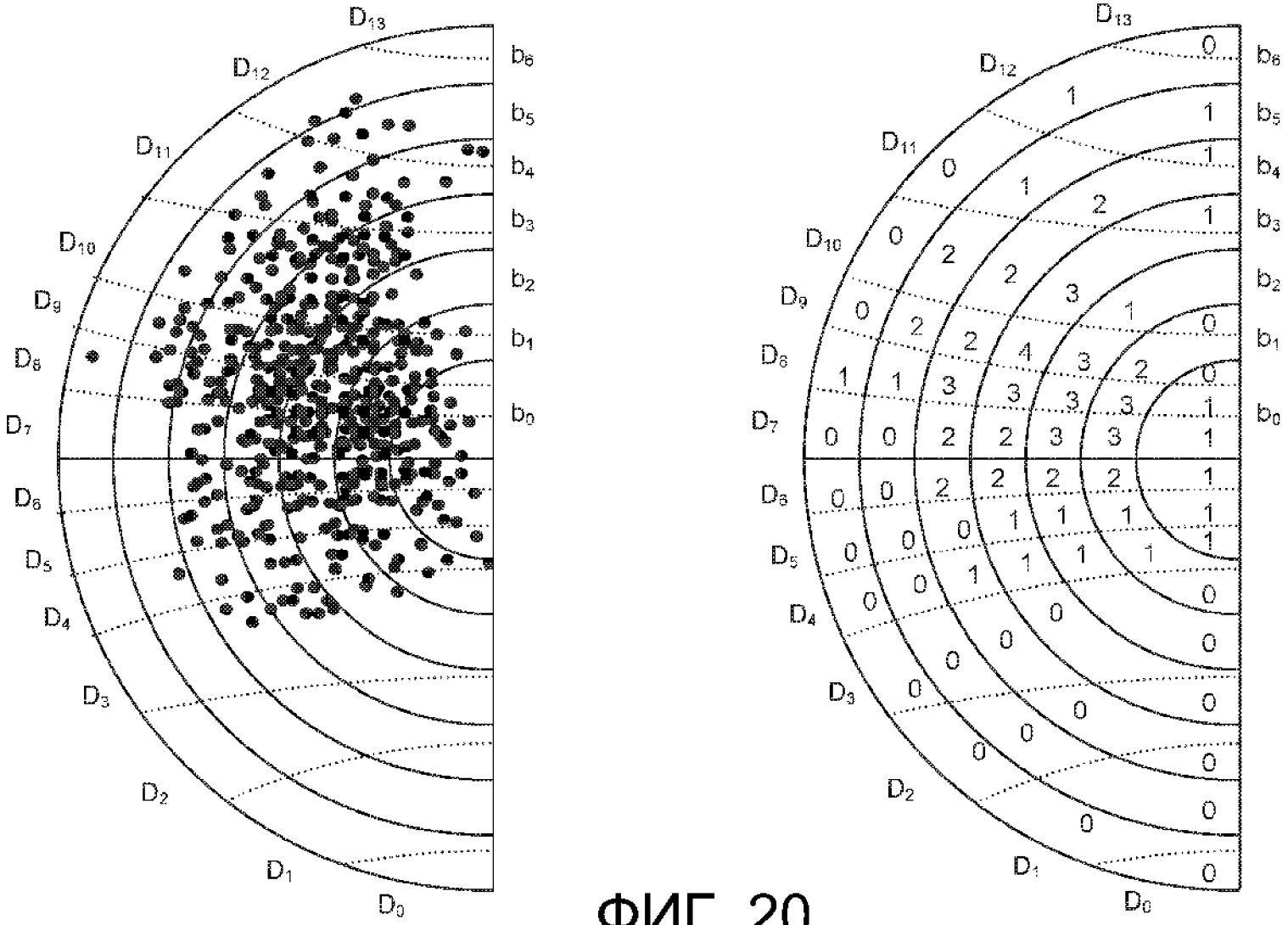
ФИГ. 17

Группа доплеровских смещений	Полоса доплеровских смещений	Группы каналов и диапазоны псевдорастояний						
		b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6
		r_0 (< 534 км)	r_1 (534 к 569 км)	r_2 (569 к 603 км)	r_3 (603 к 638 км)	r_4 (638 к 672 км)	r_5 (672 к 707 км)	r_6 (> 707 км)
D_{13}	> 30 кГц							70
D_{12}	25 к 30 кГц					69	68	67
D_{11}	20 к 25 кГц				66	65	64	63
D_{10}	15 к 20 кГц		62	61	60	59	58	57
D_9	10 к 15 кГц	56	55	54	53	52	51	50
D_8	5 к 10 кГц	49	48	47	46	45	44	43
D_7	0 к 5 кГц	42	41	40	39	38	37	36
D_6	-5 к 0 кГц	35	34	33	32	31	30	29
D_5	-10 к -5 кГц	28	27	26	25	24	23	22
D_4	-15 к -10 кГц	21	20	19	18	17	16	15
D_3	-20 к -15 кГц		14	13	12	11	10	9
D_2	-25 к -20 кГц				8	7	6	5
D_1	-30 к −25 кГц					4	3	2
D_0	< -30 кГц							1

ФИГ. 18


Частоты восходящего канала
-30 кГц
0 кГц
+30 кГц
Мобильная станция MS передает (восходящий канал Tx)
D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7 D8 D9 D10 D11 D12 D13
Базовая станция BTS принимает (восходящий канал Rx)
D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7 D8 D9 D10 D11 D12 D13
"Раздвинуты"
Частоты нисходящего канала
-30 кГц
0 кГц
+30 кГц
Базовая станция BTS передает (нисходящий канал Tx)
D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7 D8 D9 D10 D11 D12 D13
Мобильная станция MS принимает (нисходящий канал Rx)
D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7 D8 D9 D10 D11 D12 D13
"Сдвинуты"

ФИГ. 19

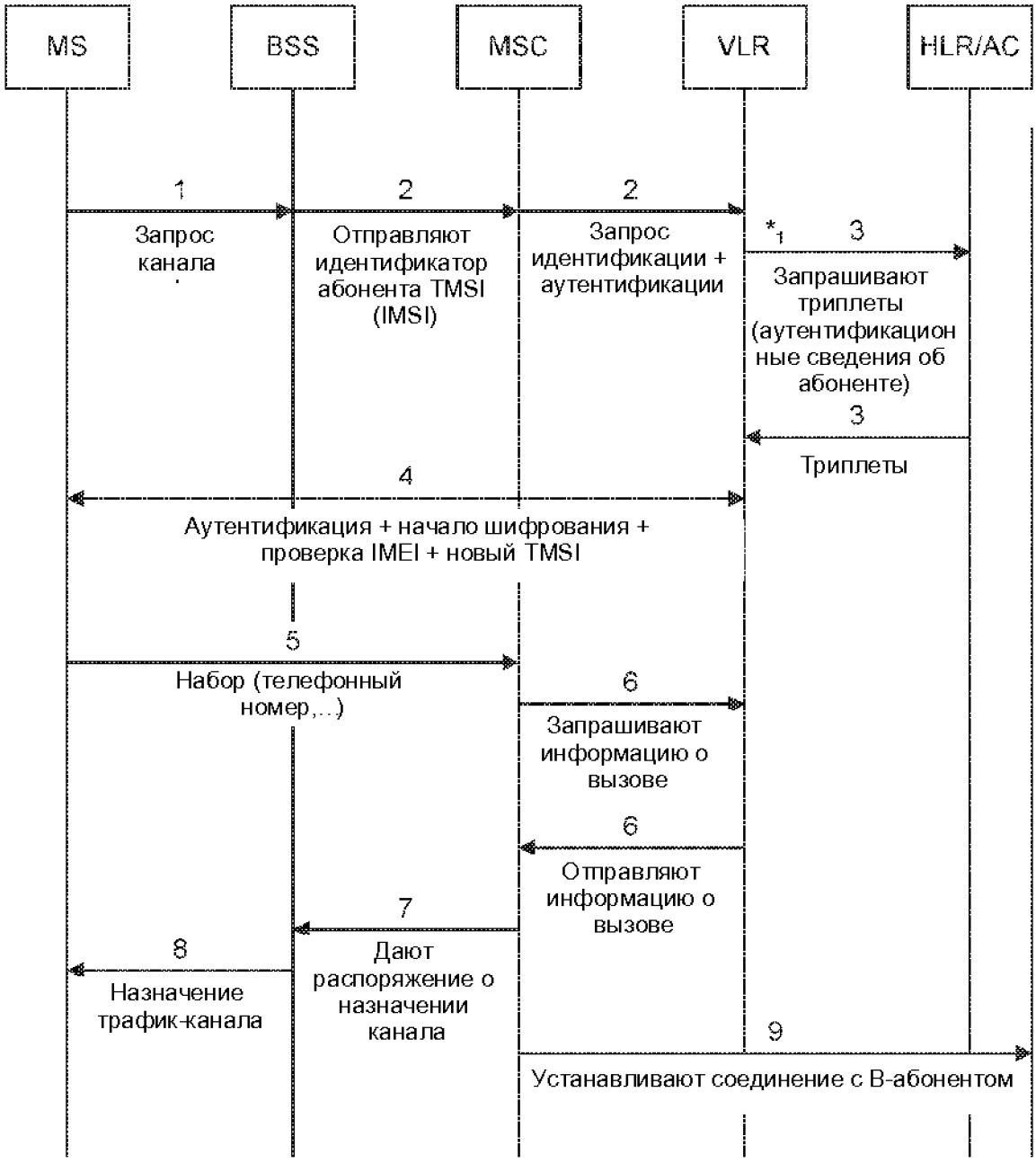


ФИГ. 20

Группа доплеровских смещений	Полоса доплеровских смещений	Группы каналов и диапазоны псевдорастояний						
		b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6
		r_0 (< 534 км)	r_1 (534 к 569 км)	r_2 (569 к 603 км)	r_3 (603 к 638 км)	r_4 (638 к 672 км)	r_5 (672 к 707 км)	r_6 (> 707 км)
D_{13}	> 30 кГц							
D_{12}	25 к 30 кГц					70	69	68
D_{11}	20 к 25 кГц				67	65-66	64	
D_{10}	15 к 20 кГц			63	61-62	59-60	57-58	
D_9	10 к 15 кГц		55-56	52-54	48-51	46-47	44-45	
D_8	5 к 10 кГц	43	40-42	37-39	34-36	31-33	30	29
D_7	0 к 5 кГц	28	25-27	22-24	20-21	19-20		
D_6	-5 к 0 кГц	18	16-17	14-15	12-13	10-11		
D_5	-10 к -5 кГц	9	8	7	6			
D_4	-15 к -10 кГц	5	4	3	2	1		
D_3	-20 к -15 кГц							
D_2	-25 к -20 кГц							
D_1	-30 к – 25 кГц							
D_0	< -30 кГц							

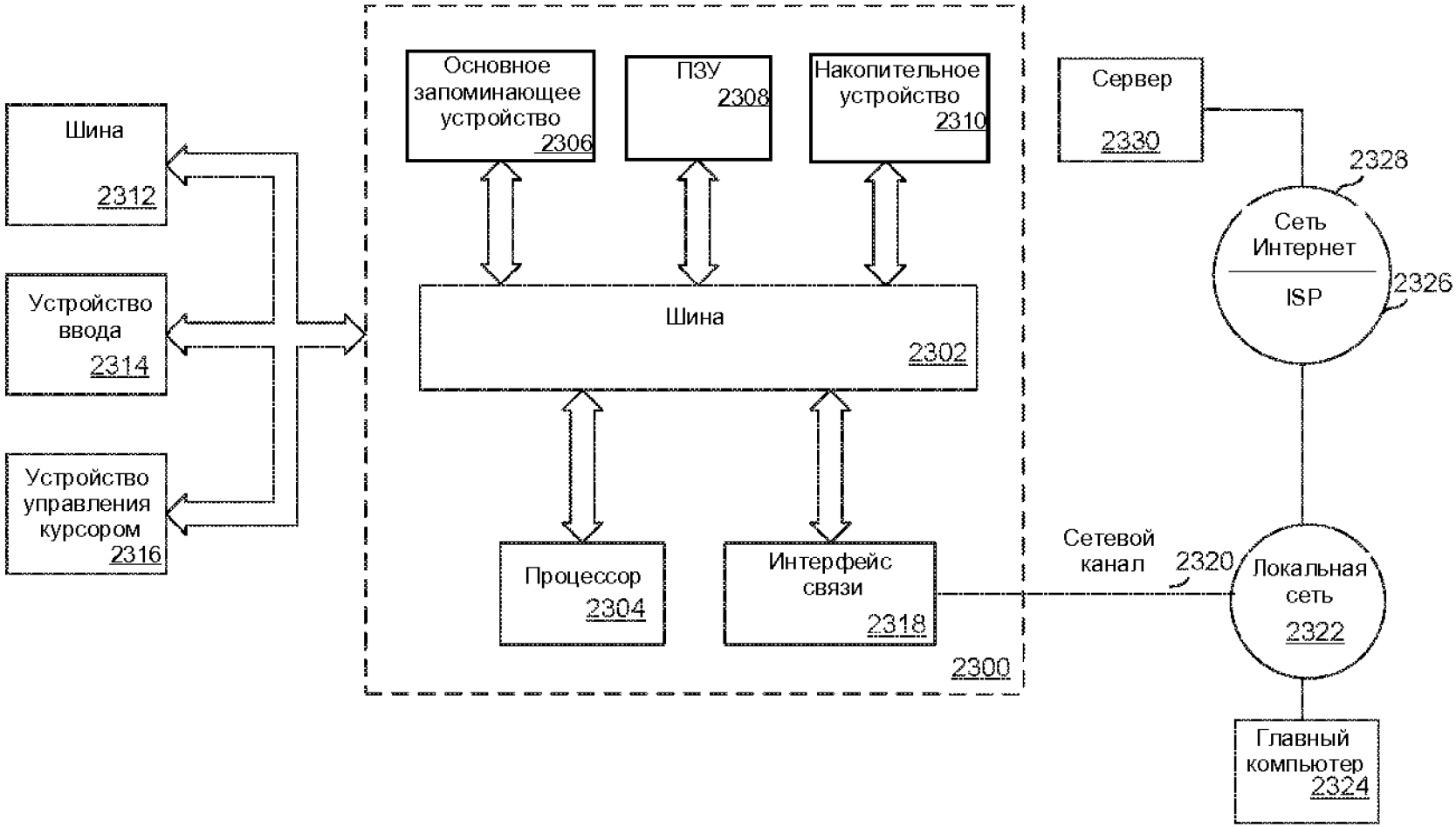
ФИГ. 21

Запрос на установление вызова (MOC)



*1 - Только если в регистре VLR не имеются доступные триплеты

ФИГ. 22


Шина
2312
Устройство ввода
2314
Устройство управления курсором
2316
Основное запоминающее устройство
2306
ПЗУ
2308
Накопительное устройство
2310
Шина
2302
Процессор
2304
Интерфейс связи
2318
2300
Сервер
2330
2328
Сеть Интернет
ISP
2326
Сетевой канал
2320
Локальная сеть
2322
Главный компьютер
2324

ФИГ. 23