

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036769**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.12.18

(51) Int. Cl. **H04W 16/04** (2009.01)

(21) Номер заявки
201500184

(22) Дата подачи заявки
2013.07.26

(54) **СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАФИКА В РАСПРЕДЕЛЁННОЙ
АНТЕННОЙ СИСТЕМЕ**

(31) **61/678,016**

(56) **US-A1-20120039320**

(32) **2012.07.31**

US-A1-20020119772

(33) **US**

WO-A1-2012024349

(43) **2015.07.30**

US-A1-20050153743

(86) **PCT/US2013/052206**

(87) **WO 2014/022211 2014.02.06**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ДАЛИ СИСТЕМЗ КО. ЛТД. (КУ)

(72) Изобретатель:
**Стэплтон Шон Патрик, Хеджази Сеид
Амин (US)**

(74) Представитель:
Верди А.В., Фелицына С.Б. (RU)

(57) Представлена система динамической маршрутизации сигналов в распределенной антенной системе. Система содержит множество цифровых устройств доступа (DAU). DAU соединены и выполнены с возможностью маршрутизации сигналов между множеством DAU согласно сети DAU. Система также содержит множество цифровых дистанционных блоков (DRU), соединенных с множеством DAU и выполненных с возможностью передачи сигналов между DRU и DAU. Система также включает в себя множество секторов, сформированных из указанного множества DRU, содержащих первый сектор и второй сектор, отличный от первого сектора, причем каждый сектор содержит подмножество из множества DRU. Система дополнительно включает в себя множество модулей мониторинга трафика, соединенных с множеством DAU, причем каждый модуль мониторинга трафика из множества модулей мониторинга трафика выполнен с возможностью сбора нагрузки трафика и сохранения ее в модуле оптимизации сети. Модуль оптимизации сети выполнен с возможностью определения одного или более ключевых индикаторов производительности (KPI) и качества обслуживания (QoS) сетевого трафика для множества DAU, причем QoS является функцией указанного одного или более KPI; и реконфигурирования сети DAU на основе указанных одного или более KPI и QoS путем переноса по меньшей мере одного DRU из первого сектора во второй сектор.

B1**036769****036769****B1**

Раскрытие изобретения

Представленное изобретение относится к беспроводным системам связи, в которых применяются распределенные антенные системы (DAS) как часть распределенной беспроводной сети. Более конкретно изобретение относится к DAS, в которой использованы мониторинг и оптимизация трафика. Операторы беспроводной сети постоянно сталкиваются с непрерывной проблемой построения сетей, которые эффективно справляются с высокой интенсивностью развития трафика данных. Для мобильности и повышенного уровня мультимедийности контента для пользователя обычно применяют сквозную адаптацию сети, которая поддерживает новые услуги и повышенные требования к широкополосности и безлимитному тарифу для доступа к сети Internet. Одна из наиболее трудных задач, встающих перед сетевыми операторами, вызвана физическими перемещениями абонентов с одного места на другое, и особенно когда абоненты беспроводной связи скапливаются в большом количестве в одном месте. Показательным примером являются средства доступа к сети в торгово-промышленном предприятии во время обеденного перерыва, когда большое количество абонентов беспроводной связи посещают столовую или кафетерий в здании. В это время большое количество абонентов покидает свои офисы и свои обычные рабочие зоны. Похоже на то, что во время обеденного перерыва имеется множество мест со средствами доступа, и при этом очень мало абонентов. Если ресурсам внутренней беспроводной сети при проектировании заданы правильные размеры, как для абонента, подгружающегося в свое нормальное рабочее время, когда он находится в своей обычной рабочей зоне, то очень вероятно, что сценарий обеденного перерыва вызовет некоторые неожиданные проблемы, учитывая доступную емкость и пропускную способность канала передачи данных.

В соответствии с одним вариантом данного изобретения в распределенной антенной системе предусмотрена система динамической маршрутизации сигналов. Эта система содержит многочисленные цифровые устройства доступа (DAUs). Эти многочисленные DAUs соединены и предназначены для маршрутизации сигналов между ними в соответствии с сетью DAU. Система содержит также многочисленные цифровые дистанционные блоки (DRUs), соединенные с многочисленными DAUs и предназначенные для передачи сигналов между DRUs и DAUs. Система также содержит множество секторов, образованных у множества DRUs, содержащих первый сектор и второй сектор, отличный от первого сектора, причем каждый сектор содержит подмножество из множества DRUs. Кроме того, данная система содержит множество модулей мониторинга трафика, соединенных с множеством DAU, причем каждый модуль мониторинга трафика из множества модулей мониторинга трафика выполнен с возможностью сбора нагрузки трафика и сохранения ее в модуле оптимизации сети. Модуль оптимизации сети выполнен с возможностью определения одного или более ключевых индикаторов производительности (KPI) и качества обслуживания (QoS) сетевого трафика для множества DAU, причем QoS является функцией указанного одного или более KPI; и реконфигурирования сети DAU на основе указанных одного или более KPI и QoS путем переноса по меньшей мере одного DRU из первого сектора во второй сектор.

В соответствии с другим вариантом изобретения в распределенной антенной системе предусмотрена система динамической маршрутизации сигналов. Эта система содержит многочисленные цифровые устройства доступа (DAUs). Эти многочисленные DAUs соединены и предназначены для маршрутизации сигналов между ними в соответствии с сетью DAU. Система содержит также многочисленные цифровые дистанционные блоки (DRUs), соединенные с многочисленными DAUs и предназначенные для передачи сигналов между DRUs и DAUs. Система также содержит множество секторов, образованных у множества DRUs, содержащих первый сектор и второй сектор, отличный от первого сектора, причем каждый сектор содержит подмножество из множества DRUs. Кроме того, эта система включает в себя один или более модулей мониторинга трафика, соединенных с множеством DAU, причем каждый модуль мониторинга трафика из указанного одного или более модулей мониторинга трафика выполнен с возможностью сбора нагрузки трафика и сохранения ее в модуле оптимизации сети. Модуль оптимизации сети выполнен с возможностью определения одного или более ключевых индикаторов производительности (KPI) и качества обслуживания (QoS) сетевого трафика для множества DAU, причем QoS является функцией указанного одного или более KPI; и реконфигурирования сети DAU на основе указанных одного или более KPI и QoS путем переноса по меньшей мере одного DRU из первого сектора во второй сектор.

Посредством данного изобретения достигается ряд преимуществ относительно обычных технологий. Например, варианты данного изобретения обеспечивают мониторинг трафика в сети DAS, улучшающий характеристики сети и взаимодействие пользователей. Эти и другие варианты изобретения вместе с его преимуществами и особенностями описаны более подробно в представленном ниже тексте в сочетании с приложенными чертежами.

Краткое описание чертежей

Фиг. 1 - блок-схема, соответствующая одному варианту изобретения, показывающая базовую структуру и пример оптимизации маршрутизации передачи, мониторинга трафика и сети, основанной на вхождении в ее состав единой, состоящей из 3 секторов BTS с 3 DAUs и 7 DRUs, соединенными вместе в гирляндную цепь, для каждой соты.

Фиг. 2 - блок-схема, соответствующая одному варианту изобретения, показывающая базовую структуру схемы многократного использования частоты с $N=1$ и пример оптимизации маршрутизации

передачи, мониторинга трафика и сети, основанной на вхождении в ее состав единой, состоящей из 3 секторов BTS с 3 DAUs и 7 DRUs, соединенными вместе в гирляндную цепь, для каждой соты.

Фиг. 3 - блок-схема, соответствующая одному варианту изобретения, показывающая базовую структуру и пример оптимизации маршрутизации передачи, мониторинга трафика и сети, основанной на вхождении в ее состав единой, состоящей из 3 секторов BTS с 3 DAUs и 7 DRUs, соединенными вместе в гирляндную цепь, для каждой соты. В данном варианте многочисленные трехсекторные базовые станции подсоединены к гирляндной цепи сети DAS.

Фиг. 4 - блок-схема цифрового устройства доступа (DAU), которое имеет физические узлы, локальный маршрутизатор и способность мониторинга трафика порта в соответствии с вариантом данного изобретения.

Фиг. 5 - блок-схема цифрового дистанционного блока (DRU), который имеет физические узлы, локальный маршрутизатор и способность мониторинга трафика порта в соответствии с вариантом данного изобретения.

Фиг. 6 отображает стандартную топологию, в которой многочисленные локальные маршрутизаторы взаимосвязаны с многочисленными удаленными маршрутизаторами наряду с функционированием мониторинга трафика и оптимизацией сети в соответствии с вариантом данного изобретения.

Фиг. 7 отображает стандартную топологию, в которой многочисленные локальные маршрутизаторы взаимосвязаны с многочисленными удаленными маршрутизаторами наряду с функционированием мониторинга трафика в каждой пикосоте и оптимизацией сети в соответствии с вариантом данного изобретения.

Фиг. 8 отображает стандартную топологию, в которой многочисленные локальные маршрутизаторы взаимосвязаны с многочисленными удаленными маршрутизаторами наряду с функционированием мониторинга трафика в каждой пикосоте и оптимизацией сети в соответствии с вариантом данного изобретения.

Фиг. 9 - упрощенная блок-схема, иллюстрирующая способ оптимизации сети DAS в соответствии с вариантом данного изобретения.

Фиг. 10 - упрощенная блок-схема, иллюстрирующая способ расчета ключевых индикаторов производительности (KPIs) и уровней качества обслуживания (QoS) сети DAS в соответствии с вариантом данного изобретения.

Фиг. 11 - упрощенная блок-схема, иллюстрирующая алгоритм оптимизации в соответствии с вариантом данного изобретения.

Осуществление изобретения

Для согласования вариантов абонентской нагрузки беспроводной связи в местах расположения антенн беспроводной сети в разное время дня для разных дней недели существует несколько возможных традиционных подходов.

Один из подходов заключается в развертывании многочисленных маломощных базовых станций с высокой пропускной способностью по всей системе связи. Количество таких базовых станций определяется исходя из зоны покрытия каждой базовой станции и суммарной зоны покрытия. Каждая из этих базовых станций снабжена достаточным количеством радиоресурсов, т.е. пропускной способностью и полосой частот передачи данных, чтобы выдерживать максимальную абонентскую нагрузку, которая возникает во время прохождения рабочего дня и рабочей недели. Хотя такой подход обычно обеспечивает высокое качество обслуживания абонентов беспроводной связи, заметным недостатком его является то, что пропускная способность многочисленных базовых станций не используется большую часть времени. Поскольку развертывание стандартной внутренней беспроводной сети требует базовых и эксплуатационных затрат, которые начисляются на каждого абонента для каждой базовой станции, то обычно большие затраты на весь срок службы оборудования данного предприятия бывают довольно далеки от оптимальных.

Второй возможный подход заключается в развертывании DAS совместно с централизованной группой базовых станций, предназначенной для этой DAS. Обычное развертывание DAS делится на две категории. Первый тип DAS - "фиксированный", в котором конфигурация системы не меняется в зависимости от времени дня или другой информации об использовании. Дистанционные блоки, ассоциированные с DAS, задаются в процессе проектирования, так что радиоресурсы конкретного блока базовой станции считаются достаточными для обслуживания небольшой группы дистанционных блоков DAS. Заметным недостатком этого подхода является то, что как правило большинство предприятий претерпевает частые перестановки и реорганизации различных групп персонала внутри предприятия. Поэтому в высшей степени вероятно, что исходная конфигурация DAS время от времени будет нуждаться в изменениях, требующих дополнительного управляющего персонала и определенных договором ресурсов с соответствующим уровнем компетентности в отношении беспроводных сетей.

Второй тип DAS оборудован сетевым коммутатором такого типа, который позволяет ассоциировать места и количество дистанционных блоков DAS с любой конкретной централизованной базовой станцией для ее замены вручную. Хотя такой подход, как представляется, поддерживает динамическую реконфигурацию на основании потребности предприятия или времени дня, он часто связан с тем, что потребуются ресурсы дополнительного персонала, предназначенного для управления сетью в реальном времени. Другим соображением является то, что не всегда является правильным или лучшим делать одни и те

же прямые и обратные изменения конфигурации дистанционных блоков DAS на каждый день недели в одно и то же время дня. Зачастую администратору информационных систем предприятия трудно или практически невозможно отслеживать абонентскую нагрузку на каждой базовой станции. И почти наверняка у администратора информационных систем предприятия практически нет способа определить нагрузку в данное время дня для каждого дистанционного блока DAS; они могут только приблизительно подсчитать коэффициент использования в процентах.

Другое значительное ограничение для развертывания обычной DAS относится к способу ее установки, ввода в эксплуатацию и оптимизации. Некоторые возникающие проблемы, которые должны быть преодолены, включают в себя выбор мест расположения антенн дистанционных блоков, обеспечивающих гарантированную зону покрытия с одновременной минимизацией помех в нисходящем канале от внешних узлов макросоты и в восходящем канале на внешние узлы макросоты, а также гарантирование надлежащих внутрисистемных передач абонентского соединения внутри здания и при перемещении снаружи здания внутрь него (и наоборот). Способ проведения оптимизации такого развертывания часто характеризуют как метод проб и ошибок. Поэтому результаты могут быть не совместимы с высоким качеством обслуживания.

Исходя из описываемых здесь известных подходов становится ясно, что высоко эффективную, легко разворачиваемую и динамически реконфигурируемую беспроводную сеть нельзя создать с помощью известных систем и возможностей. В вариантах представленного изобретения в значительной степени преодолены ограничения обычных подходов, рассмотренных выше. Архитектура усовершенствованной системы, представленная в вариантах данного изобретения, обеспечивает высокую степень гибкости в управлении, контроле, использовании, совершенствовании и повышении эффективности радиоресурсов, а также гибкость рабочей характеристики распределенной беспроводной сети. Такая архитектура усовершенствованной системы дает возможность специального применения и модернизации, в том числе, помимо прочего, гибкой одновременной трансляции, автоматической балансировки нагрузки трафика, оптимизации сети и радиоресурсов, калибровки сети, автономного или ассоциированного ввода в эксплуатацию, организации пула несущих частот, автоматического выбора частот, размещения несущих радиочастот, мониторинга и/или тегирования трафика. Варианты данного изобретения могут помочь многочисленным операторам, многорежимному радио (независимому от модуляций) и увеличить широкополосность для каждого оператора в целях повышения эффективности и пропускной способности трафика в операторской беспроводной сети.

Соответственно варианты такой архитектуры обеспечивают возможность гибкой одновременной трансляции. Посредством гибкой одновременной трансляции объем радиоресурсов (таких как РЧ несущие, блоки ресурсов стандарта LTE, коды стандарта CDMA или интервалы времени в стандарте TDMA), предназначенных для конкретного DRU или группы DRU, может быть задан с помощью программного управления для обеспечения желаемой пропускной способности и норм пропускной способности или потребностей абонента беспроводной сети. Применение данного изобретения пригодно для использования с распределенными базовыми станциями, распределенными антенными системами, распределенными ретрансляторами, мобильным оборудованием и беспроводными терминалами, а также с портативными беспроводными устройствами и другими беспроводными системами связи, такими как микроволновая и спутниковая связь.

В соответствии с вариантом данного изобретения предусмотрен блок мониторинга трафика в качестве компонента элементов системы, позволяющий измерять трафик в сети. Предусмотрены также цель и алгоритм оптимизации, чтобы на основании измерений трафика, которые обычно являются функцией числа пользователей в системе, характеристика сети оптимизировалась на основе использования указанной цели и соответствующего алгоритма.

В качестве примера мониторинга трафика эта система могла бы отслеживать мощность нисходящего канала и мощность восходящего канала. Другой пример заключал бы в себе обработку некоторого сигнала, в том числе анализ определенных сигналов управления, например пилот-сигналов, посылаемых мобильными устройствами.

Захватывая эти сигналы управления, указанный монитор трафика может получать информацию о числе пользователей посредством разных компонентов системы.

Распределенная антенная система (DAS) обеспечивает эффективные средства использования ресурсов базовой станции. Такая базовая станция или базовые станции могут быть размещены в центральном положении или в так называемом отеле базовых станций. Сеть DAS содержит одно или более цифровых устройств выборки данных (DAU), которые действуют как интерфейс между базовыми станциями и цифровыми дистанционными блоками (DRU). Местонахождение DAUs может совпадать с местонахождением базовых станций. DRUs могут быть соединены вместе в виде гирляндной цепи и размещены, образуя звездообразную конфигурацию и обеспечивая зону покрытия данной географической области. DRUs обычно соединены с DAUs посредством высокоскоростного оптико-волоконного канала. Такой подход облегчает передачу РЧ сигналов от базовых станций к удаленному местонахождению или области, обслуживаемой этими DRUs. Обычно базовая станция состоит из 3 независимых радиоресурсов, так называемых секторов. Эти 3 сектора обычно используются для покрытия зон 3 от-

дельных географических областей, не создавая помех соседним каналам между пользователями и 3 индивидуальными секторами.

Мониторинг трафика в сети DAS обеспечивается в вариантах данного изобретения, которые не были использованы в обычных системах. Согласно приведенному здесь описанию блок мониторинга трафика может быть реализован в виде автономного блока в сочетании с одним или более системными компонентами, в том числе DAUs, DRUs, BTS, отель BTS и т.п.

После того как ресурсы трафика собирают в отели базовых станций стандарта LTE (eNodeB), дискретные ресурсы единой eNodeB связаны со специальным набором антенн, ассоциированным с данной eNodeB и обеспечивающим зону покрытия конкретной географической области. Ресурсы трафика фиксированы, т.е. только ресурсы, ассоциированные с конкретной eNodeB, могут быть связаны с антеннами, ассоциированными с этой базовой станцией. Однако из-за того, что эта eNodeB расположена в отеле таких станций, система может использовать сборные ресурсы трафика этой отдельной eNodeB как единый общий ресурс, который может быть распределен в соответствии с разными алгоритмами. Исходя из предположения, как правило, основанного на наихудших ресурсах трафика во всех областях, структура сети не используется 99% времени, что неизбежно приводит к пере- или недорасходу фиксированных ресурсов. Ресурсы трафика или уходят неиспользованными (свободные каналы), или недорасходятся и недостаточны для обработки трафика, планируемого с учетом возможности принятия всех вызовов. Оба обстоятельства приводят к одним и тем же результатам: упущенной выручке и потерянной прибыли. Когда узловые ресурсы трафика свободны и не используются, сервисному активу трафика не удается обеспечить оптимальный возврат инвестиций. Но узел, у которого отсутствует достаточная пропускная способность для поддержки трафика, планируемого с учетом возможности принятия всех вызовов в любой точке, в течение дня накапливает сорванные вызовы, теряет прибыль от выручки и не удовлетворяет клиентов. Данные трафика, извлеченные из разветвленной сенсорной сети, будут использованы для динамического распределения ресурсов трафика по запрошенным географическим областям только на тот период времени, который необходим для обслуживания. Сразу после предоставления услуги и после того, как сенсорная сеть трафика установит, что ресурсы трафика больше не нужны, они возвращаются в пул ресурсов для перераспределения. Вся сеть автоматически реконфигурируется на основании воспринятой (отслеженной) необходимости или события нарушения связи, возникшего в силу природных или техногенных явлений. Выравнивание географических нагрузок с помощью DAS признано новым подходом к выравниванию нагрузки трафика, который обеспечивает динамическое распределение нагрузки в реальном времени в соответствии с текущими географическими условиями трафика. Он может быть использован для улучшения характеристики любой распределенной системы, содержащей неравномерно распределенный трафик, особенно для разгрузки точек напряженного трафика.

Характеристика сети (выраженная рядом ключевых индикаторов производительности KPI для разных участков сети) определяет значения коэффициентов качества обслуживания QoS. Разные операторы могут иметь разные поставленные коммерческие цели и разные потребности в услугах. Исходя из этих соображений управление эффективной и экономичной работой сети меняется от оператора к оператору. Поэтому параметры QoS могли бы быть определены и сгруппированы в набор KPI.

Вариант, показанный на фиг. 1, отображает базовую архитектуру сети DAS, соответствующую варианту данного изобретения, и дает пример информационной сети, мониторинга трафика и сценария оптимизации сети между трехсекторной базовой станцией и многочисленными DRUs. В данном варианте DRUs соединены в гирляндную цепь, обеспечивая зону покрытия данной географической области. Каждый отдельный сектор покрывает конкретную географическую область, которую идентифицируют как соту. Хотя варианты рассматриваются в плане оптимизации сетей DAS, совершенно очевидно, что тема оптимизации включает в себя улучшение характеристики в сравнении с существующими системами, даже если полная оптимизация не достигнута. Таким образом, оптимизация не требует максимальных величин параметров управления трафиком, но зато включает в себя распределение трафика, которое улучшает системную характеристику, хотя и не доведя ее максимума.

Фиг. 1 иллюстрирует систему DAS, в которой применяются цифровые дистанционные блоки (DRU) и цифровые устройства доступа (DAU). В соответствии с данным изобретением каждый DRU обеспечивает уникальную информацию, ассоциированную с каждым DRU, которая однозначно идентифицирует данные восходящей линии, полученные этим конкретным цифровым дистанционным блоком.

Одним свойством вариантов данного изобретения является способность осуществлять маршрутизацию радиоресурсов базовой станции по цифровым дистанционным блокам или группам цифровых дистанционных блоков. В целях формирования маршрутов доступных радиоресурсов одной или более базовых станций желательно сформировать индивидуальные таблицы маршрутов этих DRUs и DAUs в сети DAS. Эти функции обеспечиваются вариантами данного изобретения.

DAUs собираются в сети для облегчения маршрутизации сигналов DRUs среди многочисленных DAUs. Эти DAUs поддерживают обмен РЧ сигналами восходящей и нисходящей линий между базовой станцией и DRUs. Такая архитектура позволяет передавать разные сигналы базовой станции на многочисленных DRUs и от них. Для взаимосвязи DAUs и взаимосвязи DRUs используются порты адресуемой точки вызова.

Эти DAUs имеют способность регулировать усиление (малыми приращениями в широком диапазоне) сигналов восходящей и нисходящей линий, которыми обмениваются DAU с базовой станцией (или базовыми станциями), связанной с этим DAU. Такая способность обеспечивает гибкость синхронного управления связью в восходящей и нисходящей линиях канала между конкретным DRU (или группой DRU через один или несколько ассоциированных DAU) и конкретным сектором базовой станции.

Варианты данного изобретения используют таблицы маршрутов при конфигурировании собранных в сети DAU. Таблицы локальных маршрутов устанавливают распределение входов для разных выходов. Для таблиц нисходящего канала используются внутренние объединяющие блоки, когда входы с внешнего порта и порта адресуемой точки нуждаются в объединении в один и тот же поток данных. Аналогично объединяющие блоки используются и в таблицах восходящего канала, когда входы с порта локальной сети и порта адресуемой точки нуждаются в объединении в один и тот же поток данных.

Таблицы дистанционных маршрутов устанавливают распределение входов для разных выходов. Для таблиц нисходящего канала используются внутренние объединяющие блоки, когда входы с порта локальной сети и порта адресуемой точки нуждаются в объединении в один и тот же поток данных. Аналогично объединяющие блоки используются и в таблицах восходящего канала, когда входы с внешнего порта и порта адресуемой точки нуждаются в объединении в один и тот же поток данных.

Как показано на фиг. 1, радиоресурсы отдельных секторов базовой станции передаются на гирляндную сеть DRU. Радиоресурсы каждого отдельного сектора обеспечивают зону покрытия независимой географической области через объединенные в сеть DRUs. Фиг. 1 демонстрирует, как три соты, каждая из которых содержит независимую сеть из 7 DRUs, обеспечивают зону покрытия данной географической области. Для управления коммутационной функцией в сети DAS применяется сервер. Принимая во внимание фиг. 1, например, DAU1 (102) принимает сигналы нисходящей линии от сектора 1 (101) BTS. DAU1 преобразует РЧ сигналы в оптические сигналы, и оптоволоконный кабель 103 передает желаемые сигналы на DRU2 (104). Оптический кабель 105 передает все оптические сигналы на DRU3 (106). Остальные из объединенных в гирляндную сеть DRUs участвуют в прохождении этих оптических сигналов в направлении DRU1 (107). DAU1 (102) связано с DAU2 (108) сетью для того, чтобы позволить нисходящим сигналам с сектора 2 (109) и сектора 3 (110) быть переданными во все DRUs в соте 1. Функции коммутации и маршрутизации системы позволяют выбирать, сигналы которого сектора передаются и принимаются каждым DRU.

Имеется вариант, демонстрирующий модуль (121) мониторинга трафика в DAUs, предназначенный для отслеживания нагрузки трафика на каждое DAU в сети. Указанная нагрузка трафика, ассоциированная с каждым DAU, собирается и сохраняется в модуле оптимизации сети (120). Этот модуль оптимизации (120) рассчитывает характеристику всей сети DAS и определяет оптимум для переконфигурируемой сети в целях улучшения или максимизации характеристики. Применение модуля (121) мониторинга трафика в сочетании с DAUs обеспечивает оптимизацию сети DAS с помощью модуля (121) мониторинга трафика, внешнего по отношению к DAUs. Таким образом, варианты данного изобретения обеспечивают мониторинг трафика в сети DAS. Оптимизация сети DAS может быть выполнена путем использования информации, относящейся к мониторингу трафика.

Принимая во внимание фиг. 1, модуль (121) мониторинга трафика может быть сервером, определяющим число пользователей на каждое DAU, причем в некоторых вариантах каждый DAU имеет многочисленные порты. Данные из модуля (121) мониторинга трафика затем подаются в модуль оптимизации сети (120), который может быть тем же сервером с модулем (121) мониторинга трафика или другим сервером. Этот модуль оптимизации сети (120) (который может быть программой, работающей на сервере) может моделировать повторное выравнивание нагрузки трафика и после определения факта, что данная характеристика приемлема, реализовать повторное выравнивание нагрузки трафика посредством связи с DAUs и перераспределения трафика между секторами. Хотя модуль оптимизации сети (120) отображен на фиг. 1 как соединенный с DAUs, варианты данного изобретения этого не требуют, и оптимизация сети выполнена на одном из DRU с помощью данных, относящихся к оптимизации сети, передаваемых обратно на DAUs, с использованием, например, транзитного переключения сети Ethernet, соединяющего DRUs с DAUs. Таким образом, сервер оптимизации сети мог бы быть расположен на одном из DRUs, управляя всей сетью из этого положения. Любой специалист в данной области техники увидит много изменений, модификаций и альтернатив.

Модуль оптимизации сети может реализовать цель оптимизации сети, которая может относиться к числу пользователей на сектор, например каждый такой сектор выносит трафик в процентном отношении менее 50% общего трафика, менее 40% общего трафика, менее 35% общего трафика; каждый такой сектор имеет меньше 50% пользователей, меньше 40% пользователей, меньше 35% пользователей, или каждый такой сектор имеет 33% пользователей, или т.п. Таким образом, цели оптимизации системы могут заключать в себе параметры работы системы. Хотя система может не достичь целей, прогресс в направлении этих целей может быть обеспечен при использовании опыта пользователя.

Фиг. 2 показывает вариант, отображающий, как единая базовая станция может быть использована для обеспечения зоны покрытия большей по величине географической области, когда используется схема многократного использования частоты с $N=1$. Исходя из фиг. 2 сота 1 и сота 8 будут

разделять радиоресурсы сектора 1 базовой станции. Аналогично сота 2 и сота 10 будут разделять радиоресурсы сектора 2.

DAUs управляют маршрутизацией данных между базовой станцией и DRUs. Каждый отдельный пакет данных снабжен заголовком, который уникально идентифицирует, с которым DRU он ассоциирован. Эти DAUs взаимосвязаны в целях разрешения обмена данными между многочисленными DAUs. Это свойство обеспечивает уникальную гибкость в сети DAS при маршрутизации сигналов между секторами и отдельными DRUs. Для управления коммутацией, обеспечиваемой в сети DAS, используется сервер. Принимая во внимание фиг. 2 в качестве примера, DAU1 (202) принимает нисходящие сигналы от сектора 1(201) BTS1. DAU1 трансформирует РЧ сигналы в оптические сигналы, и оптический кабель 203 передает желаемые сигналы на DAU2 (204). Оптический кабель 205 передает все оптические сигналы на DAU3 (206). Остальные из объединенных в гирляндную сеть DRUs участвуют в прохождении этих оптических сигналов в направлении DRU1 (207). DAU1 (202) связано с DAU2 (208) сетью для того, чтобы позволить нисходящим сигналам с сектора 2 и сектора 3 быть переданными во все DRUs в соте 1. Оптоволоконный кабель 209 передает желаемые сигналы на DRU23 (210). Оптический кабель 211 передает все оптические сигналы на DRU24 (212). Остальные из объединенных в гирляндную сеть DRUs участвуют в прохождении этих оптических сигналов в направлении DRU22 (213). Имеется вариант, демонстрирующий модуль (221) мониторинга трафика в DAUs, предназначенный для отслеживания нагрузки трафика на каждое DAU в сети. Указанная нагрузка трафика, ассоциированная с каждым DAU, собирается и сохраняется в модуле оптимизации сети (220). Этот модуль оптимизации (220) рассчитывает характеристику всей сети DAS и определяет оптимум для переконфигурируемой сети в целях улучшения или максимизации характеристики.

Фиг. 3 показывает варианты, отображающие использование применения отеля базовых станций, в котором N BTS взаимосвязано для обслуживания данной географической области. Эти базовые станции могут предоставлять независимых операторов беспроводной сети и/или многочисленные стандарты (WCDMA, LTE и т.д.), или могут предоставить дополнительные РЧ несущие. Сигналы базовой станции могут быть скомбинированы до того, как их передадут на DAU, как может быть в случае для независимого серверного приложения. Принимая во внимание фиг. 3 в качестве примера, DAU1 (302) принимает нисходящие сигналы от сектора 1 (301) BTS. DAU1 трансформирует РЧ сигналы в оптические сигналы, и оптоволоконный кабель 303 передает желаемые сигналы на DRU2 (304). Оптический кабель 305 передает все оптические сигналы на DRU3 (306). Остальные из объединенных в гирляндную сеть DRUs участвуют в прохождении этих оптических сигналов в направлении DRU1 (307). DAU1 (302) связано с DAU2 (308) сетью для того, чтобы позволить нисходящим сигналам с сектора 2 BTS1 быть переданными во все DRUs в соте 1. DAU1 (302) принимает нисходящие сигналы от сектора N (309) BTS. DAU1 трансформирует РЧ сигналы в оптические сигналы, и оптоволоконный кабель 303 передает желаемые сигналы на DRU2 (304). Оптический кабель 305 передает все оптические сигналы на DRU3 (306). Остальные из объединенных в гирляндную сеть DRUs участвуют в прохождении этих оптических сигналов в направлении DRU1 (307). Дополнительные базовые станции обеспечивают способность добавлять пропускную способность соте 1.

В целях эффективного использования ограниченных ресурсов базовой станции сети DRUs следует иметь способность переориентации их индивидуальных восходящих и нисходящих сигналов к любому сектору BTS или от любого сектора BTS. Из-за того, что трафик данных DRUs имеет уникальные потоки, маршрутизатор DAU имеет механизм для направления сигналов в разные секторы. Имеется вариант, демонстрирующий модуль (321) мониторинга трафика в DAUs, предназначенный для отслеживания нагрузки трафика на каждое DAU в сети. Указанная нагрузка трафика, ассоциированная с каждым DAU, собирается и сохраняется в модуле оптимизации сети (320). Этот модуль оптимизации (320) рассчитывает характеристику всей сети DAS и определяет оптимум для переконфигурируемой сети в целях максимизации характеристики.

Фиг. 4 показывает два главных элемента в DAU, физические узлы (400) и локальный маршрутизатор (401). Эти физические узлы трансформируют РЧ сигналы в частоту основной полосы для нисходящей линии и сигналы основной полосы частот в РЧ сигналы для восходящей линии. Локальный маршрутизатор направляет трафик между различными портами локальной сети, портами адресуемых точек вызова и внешними портами. Физические узлы соединяются с BTS на радиочастоте (РЧ). Физические узлы могут быть использованы для различных операторов, разных полос частоты, разных каналов и т.п. Физические узлы могут комбинировать нисходящие и восходящие сигналы посредством дуплексера или могут удерживать их отдельно, как в случае симплексной конфигурации. В одном варианте у каждого DAU предусмотрена способность мониторинга трафика (416) для определения нагрузки трафика каждого порта DAU. В этом варианте функция мониторинга трафика выполняется в каждом DAU в сравнении с другими решениями, в которых мониторинг трафика осуществляется снаружи.

Фиг. 4 показывает вариант, в котором физические узлы имеют отдельные выходы для восходящих линий (405) и отдельные входы для нисходящих каналов (404). Физический узел трансформирует сигналы РЧ в сигналы основной полосы частот для нисходящего канала и сигналы основной полосы частот в РЧ сигналы - для восходящего канала. Физические узлы соединяются с локальным маршрутизатором

через внешние порты (409, 410). Этот маршрутизатор направляет восходящий поток данных от портов локальной сети и портов адресуемых точек вызова к выбранным внешним портам восходящей линии. Аналогично маршрутизатор направляет нисходящий поток данных от внешних портов нисходящей линии к выбранным портам локальной сети и портам адресуемых точек вызова.

В одном варианте порты локальной сети и порты адресуемых точек вызова соединены оптическим волокном с сетями DAUs и DRUs. В этом сетевом соединении можно также использовать медные межсоединения, такие как кабели категорий 5 или 6 (Cat. 5 или 6), или другое оборудование, пригодное для межсоединений. Такое DAU соединяется также с сетью Internet по Internet-протоколу (IP) 406. Используется также соединение по сети Ethernet (408) для связи между основным узлом и этим DAU. Такое DAU может также непосредственно соединяться с центром дистанционного оперативного управления (407) через порт Ethernet.

Фиг. 5 показывает два главных элемента в DRU, физические узлы (501) и удаленный маршрутизатор (500). Такой DRU содержит как удаленный маршрутизатор, так и физические узлы. Удаленный маршрутизатор направляет трафик между различными портами локальной сети, внешними портами и портами адресуемых точек вызова. Эти физические узлы соединяются с BTS на радиочастоте (РЧ). Физические узлы могут быть использованы для различных операторов, разных полос частоты, разных каналов и т.п. Фиг. 5 показывает вариант, в котором физические узлы имеют отдельные входы для восходящих каналов (504) и отдельные выходы для нисходящих каналов (503). Такой физический узел преобразует РЧ сигналы в сигналы основной полосы частот для восходящего канала и сигналы основной полосы частот в РЧ сигналы для нисходящего канала. Физические узлы соединяются с удаленным маршрутизатором через внешние порты (506, 507). Этот маршрутизатор направляет нисходящий поток данных от портов локальной сети и адресуемых точек вызова к выбранным внешним портам нисходящей линии (D). Аналогично маршрутизатор направляет восходящий поток данных от внешних портов восходящей линии (U) к выбранным портам локальной сети и адресуемых точек вызова. Такой DRU содержит также Ethernet-коммутатор (505), так что дистанционный компьютер или точки доступа к беспроводной сети могут соединяться с сетью Internet.

В одном варианте каждый DRU обладает способностью мониторинга трафика (516) для определения нагрузки трафика на каждый из портов DRU. В данном варианте функция мониторинга трафика осуществляется в каждом DRU в отличие от других решений, в которых мониторинг трафика осуществляется извне.

Как показано на фиг. 6, сеть базовых станций содержит многочисленные пикосоты. Эти пикосоты обычно зависят от оператора беспроводной сети и полосы частот. Пикосоты, которые работают на одной и той же частоте, комбинируются на РЧ и вводятся в соответствующие DAUs. Радиоресурсы такого DAU от комбинированных пикосот передаются на гирляндную сеть DRUs. Радиоресурсы каждого отдельного DAU обеспечивают зону покрытия независимой географической области посредством объединенных в сеть DRUs. Фиг. 6 иллюстрирует, как многочисленные DAUs (при этом каждая сота содержит независимую сеть из 7 DRUs) обеспечивают зону покрытия данной географической области. В одном варианте функцию мониторинга трафика осуществляет внешний модуль мониторинга трафика (621), который соединен с сетью DAUs.

Как показано на фиг. 7, сеть базовых станций содержит многочисленные пикосоты. Эти пикосоты обычно зависят от оператора беспроводной сети и полосы частот. Пикосоты, которые работают на одной и той же частоте, комбинируются на РЧ и вводятся в соответствующие DAUs. Радиоресурсы такого DAU от комбинированных пикосот передаются на гирляндную сеть DRUs. Радиоресурсы каждого отдельного DAU обеспечивают зону покрытия независимой географической области посредством объединенных в сеть DRUs. Фиг. 7 иллюстрирует, как многочисленные DAUs (при этом каждая сота содержит независимую сеть из 7 DRUs) обеспечивают зону покрытия данной географической области. В одном варианте функцию мониторинга трафика осуществляет внешний модуль мониторинга трафика (721), который соединен с пикосотами. Сеть BTS 710 содержит многочисленные пикосоты, которые соединены с модулем мониторинга трафика 720. Потоки данных трафика направляются от пикосот на модуль мониторинга трафика, который использует эти данные трафика для оптимизации сети DAS. Модуль мониторинга трафика 720 работает совместно с модулем оптимизации сети 721, который может содержать алгоритмы управления трафиком, применяемые для эффективного распределения трафика по сети DAS.

Фиг. 8 показывает вариант сети (810) базовых станций, который содержит многочисленные пикосоты, взаимосвязанные с сетью DAUs через цифровой интерфейс (830).

Фиг. 9 демонстрирует блок-схему одного варианта оптимизации сети DAS. Ключевые индикаторы производительности (KPIs) сетевого трафика собираются в разных узлах сети (910). KPI может содержать такую информацию как число заблокированных вызовов, число активных вызовов, средняя мощность восходящих каналов, средняя мощность нисходящих каналов, трафик на каждом секторе, сбойные вызовы, число довольных пользователей, число недовольных пользователей, число пользователей, работающих через данный DRU, и т.п.

Далее анализируется характеристика сети DAS в контексте доступных радиоресурсов сети DAS (912). К существующей сети DAS применяется алгоритм оптимизации с целью определения оптимально-

го маршрута сетевого трафика (914). После того как будет определена оптимальная сеть DAS, производится оценка характеристики реконфигурированной сети DAS (916). Реконфигурированную сеть DAS оценивают до ее реализации, чтобы удостовериться, что ее характеристика приемлема. Если приемлемость реконфигурированной сети DAS установлена, она реализуется (918) и весь процесс повторяется. В варианте может сравниваться нагрузка по секторам до предложенной реконфигурации и после нее в целях определения, улучшает ли перераспределение DRUs по другим секторам характеристику системы.

Таким образом, путем использования KPIs сетевого трафика можно модифицировать сеть DAS в целях улучшения характеристики системы. Для примера, если конкретный DRU имеет нагрузку, превышающую нагрузку на другие соседние DRUs, трафик может быть направлен на соседние DRUs с целью уменьшить нагрузку на этот конкретный DRU. Дополнительное описание выравнивания нагрузки представлено в предварительной заявке на патент США № 61/600530, поданной 17 февраля 2012 года, под заголовком "Эволюционный алгоритм географического выравнивания нагрузки с применением распределенной антенной системы", содержание которой целиком и полностью включено в настоящую заявку посредством ссылки.

В качестве примера оптимизации характеристики сети, обычно базовая станция имеет три сектора. Данный DRU может быть помещен в разные сектора в целях улучшения характеристики посредством переноса трафика с первого сектора (т.е. сектора с интенсивным трафиком) на второй сектор (т.е. сектор с неинтенсивным трафиком) посредством переноса DRU, расположенного в первом секторе, во второй. Хотя некоторые варианты этого изобретения не оптимизируют характеристику данной системы, характеристика системы может быть улучшена путем использования представленной здесь технологии, например посредством измерения нагрузки трафика на DRUs при проведении выравнивания нагрузки трафика на DRUs в целях уменьшения нагрузки на первый DRU, характеризующийся первой нагрузкой трафика, посредством переноса этой нагрузки на второй DRU, характеризующийся второй нагрузкой трафика, которая меньше первой. В процессе оптимизации характеристика системы может быть измерена для сравнения с заданным порогом в целях завершения процесса оптимизации, как только заданный порог будет достигнут. Любой специалист в данной области техники увидит много изменений, модификаций и альтернатив.

В качестве другого примера, задание мощности для DRUs может быть модифицировано для улучшения характеристики системы, как представлено в дополнительных деталях в предварительной заявке на патент США № 61/669572, поданной 9 июля 2012 года, под заголовком "Самооптимизирующаяся распределенная антенная система на основе мягкого повторного использования частот", содержание которой целиком и полностью включено в настоящую заявку посредством ссылки.

Фиг. 10 демонстрирует один вариант расчета KPIs и QoS для сети DAS. Важными параметрами для расчета QoS сети DAS являются число пользователей, распределенных на данный DRU; пространственное расстояние между разными DRUs, а также идентификация: какой из DRUs к которому сектору BTS относится.

Фиг. 11 представляет один вариант блок-схемы алгоритма оптимизации. В этом варианте используется алгоритм оценки распределений (EDA). Исследуются различные сценарии распределения DRU для выявления оптимального сценария DRU, при котором достигается наиболее высокий показатель QoS. В варианте генерируется первичная совокупность (1110). Для разбиения по всем секторам анализируются данные трафика (KPIs) и характеристика трафика (QoS) (1112). Проводится процедура сортировки (1114) и определяется, является ли удовлетворительным критерий сходимости (1116). Если так, то процесс завершается. Если нет, то обновляется счетчик изменений данных (1118), проводится операция сортировки (1120), рассчитывается параметр Γ (1122) и генерируется новая совокупность (1124). Затем переходят к анализу данных трафика и характеристики (1112).

Оптимизация сети

Характеристика сети (выраженная рядом KPIs отдельных участков сети) определяет значения QoS. Разные операторы могут иметь разные поставленные коммерческие цели и разные потребности в услугах. Исходя из этих соображений управление эффективной и экономичной работой сети меняется от оператора к оператору. Поэтому параметры QoS могли бы быть определены и сгруппированы в набор KPIs. Когда используется набор KPIs, распределение должно представлять собой взвешенную нормализованную функцию.

В данном разделе мы формулируем проблему разделения на секторы посредством частично целочисленного программирования в целях выравнивания трафика по секторам и минимизации передачи управления связанным и компактным секторам. Дано разбиение на секторы DRUs за период времени t , нашей проблемой является получение нового разбиения на секторы за период времени $t+1$, которое адаптивно балансирует изменения в запросах на выделение ресурсов для организации передачи.

В целях формулирования проблемы мы рассматриваем зону сервисного обслуживания с N DRUs. Предполагается, что каждый DRU имеет запрос на выделение ресурсов для организации передачи T_i где $i=1, \dots, N$. Отметим, что пользовательское оборудование UE_A относится к DRU_B , если полученный от UE_A на DRU_B уровень мощности в восходящем направлении превышает другие DRUs. Пусть p_{ij} будет вероятностью перехода подвижных объектов из DRU_i в DRU_j . Тогда передача вызовов от DRU_i к DRU_j будет

выражена как $h_{ij}=p_{ij}T_i$. Дистанция между DRU_i и DRU_j обратно пропорциональна p_{ij} . Допустим, что отель eNodeB имеет M VBSs. Пусть SOS_m и SOD_k будут соответственно набором секторов в VBS_m и набором $DRUs$ в секторе k так, чтобы $|SOS_m|=3$ (если каждый eNodeB или VBS имеет три сектора), $m=1,...,M$ и $k=1,...,K$. Мы рассматриваем три следующих стоимостных фактора (KPIs) в проблеме разделения на сектора.

KPI_{BC} (величина, обратная числу заблокированных вызовов): потери от заблокированных вызовов, вызванных жесткой пропускной способностью (HC_m) и мягкой пропускной способностью (SC_m). Пусть HC_m и SC_k соответственно будут жесткой пропускной способностью VBS_m и мягкой пропускной способностью сектора k , так что

$$HC_m = \sum_{k \in SOS_m} SC_k.$$

Двоичная переменная $x_{ik}=1$, когда DRU_i принадлежит сектору k .

$$y_{im} = \sum_{k \in SOS_m} x_{ik},$$

тогда $y_{im}=1$, когда DRU_i принадлежит VBS_m .

$$SC_k = \begin{cases} 0 & \text{if } \sum_i T_i x_{ik} < SC_k \\ \sum_i T_i x_{ik} - SC_k & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} hc_m &= \sum_i T_i y_{im} - HC_m = \sum_i T_i \sum_{k \in SOS_m} x_{ik} - \sum_{k \in SOS_m} SC_k \\ &= \sum_{k \in SOS_m} \sum_i T_i x_{ik} - SC_k \\ &= \sum_{k \in SOS_m} SC_k \end{aligned} \quad (1)$$

Поскольку потери появляются только тогда, когда вызовы блокируются, мы вносим только SC_k в целевую функцию, потому что hc_m является функцией SC_k , и нет необходимости добавлять ее в качестве еще одного члена к целевой функции. SC_k является неотрицательной действительной переменной. Так что,

$$KPI_{BC} = \left[\sum_{k \in SOS_m} SC_k \right]^{-1} \quad (2)$$

KPI_{HO} (обратная величина числу передач управления): мы рассматриваем три разных типа передач управления.

А. Передача управления между узлами eNodeB: когда пользовательское оборудование (UE) с текущим вызовом перемещается от одной VBS к другой, то это UE нуждается в передаче управления между узлами eNodeB. Передача управления между узлами eNodeB осуществляется путем использования интерфейса X2 (пока это UE не покинет зону покрытия сети LTE) или интерфейса S1 (когда это UE покидает обслуживающую соту). Передача управления X2 включает в себя установление сигнальной связи, используя протокол приложений X2 (X2AP), источника с целевым eNodeB. Целевой eNodeB дополняет модуль управления мобильностью (MME) новым географическим положением данного UE. Для осуществления этой процедуры MME нуждается в связи с обслуживающим шлюзом (S-GW) для согласования новой конечной точки. Во время передачи управления S1 MME принимает запрос на подготовку перемещения источника eNodeB, это является началом процедуры распределения ресурса передачи управления для запроса необходимого радиоресурса у целевого eNodeB. После этого целевой eNodeB посылает необходимые параметры радиointерфейса, вложенные в командное сообщение о передаче управления; MME направляет это командное сообщение о передаче управления без перекодировки на UE, которое осуществляет передачу управления. Основная процедура запускается MME, а выполняется S-GW.

Пусть двоичная переменная $z_{ijm} = 1$, когда DRU_i и DRU_j принадлежат VBS_m . Затем рассчитываются затраты на передачу управления между узлами eNodeB с помощью переменной

$$\begin{aligned} z_{ij} &= 1 - \sum_m z_{ijm}, \\ \text{тогда затраты составят} \\ &\sum_i \sum_j h_{ij} z_{ij}. \end{aligned}$$

Обратите внимание, что передача управления между узлами eNodeB появляется, когда DRU_i и DRU_j принадлежат разным VBS, т.е. $z_{ijm} = 0$.

В. Внутренняя передача управления в eNodeB: когда UE с текущим вызовом перемещается из одного сектора в другой в VBS, подвижный объект нуждается в передаче управления внутри eNodeB. Эта процедура не нуждается в участии MME или S-GW, потому что она может быть выполнена целиком внутри указанной VBS. Теперь, допуская, что двоичная переменная $w_{ij}=1$, когда DRU_i и DRU_j принадле-

жат сектору k , рассчитываются затраты на передачу управления внутри eNodeB с помощью двух переменных $w_{ij} - z_{ij}$, где

$$w_{ij} = 1 - \sum_k w_{ijk},$$

тогда затраты составят

$$\sum_i \sum_j h_{ij} (w_{ij} - z_{ij}).$$

Передача управления внутри eNodeB появляется, когда DRU_i и DRU_j принадлежат разным секторам одной и той же VBS.

С. Принудительная передача управления: когда DRU меняет свой сектор, всем текущим вызовам в соте приходится менять смещения ПСП их пилот-сигналов для технологии WCDMA. Затраты на вынужденную передачу управления рассчитывается с помощью текущего разбиения на сектора a_{ik} , которое равно нулю, когда DRU_i - в секторе k . Поскольку затраты появляются, когда DRU_i , находящееся в другом секторе, перемещается в сектор k , затраты становятся равны

$$\sum_i \sum_k a_{ik} T_i x_{ik}.$$

Взвешенная комбинация этих трех затрат на передачу управления тогда будет равна:

$$KPI_{UD} = \left[c_1 \sum_i \sum_j h_{ij} z_{ij} + c_2 \sum_i \sum_j h_{ij} (w_{ij} - z_{ij}) + c_3 \sum_i \sum_k a_{ik} T_i x_{ik} \right]^{-1} \quad (3)$$

KPI_{CI} (величина, обратная индексу компактности): мы попытаемся минимизировать длину границы передачи управления с помощью индекса компактности CI , который представлен в секции II.B. В уравнении (4) в числителе представлено число передач управления со стороны DRU между двумя разными секторами.

$$KPI_{CI} = [CI]^{-1} = \left[\frac{\sum_i \sum_{i \neq j} w_{ij} B_{ij}}{\sum_i \sum_{i \neq j} B_{ij}} \right]^{-1} \quad (4)$$

где $B_{ij} = 1$, если DRU_i и DRU_j являются соседними.

Теперь рассмотрим следующие ограничения, требуемые в этой формуле.

1. Каждый DRU должен принадлежать сектору, т.е.

$$\sum_k x_{ik} = 1 \text{ для всех } i \quad (5);$$

2. Отношения между любыми двумя $DRUs$ в секторе k должны удовлетворять условию: $w_{ijk} = 1$ тогда и только тогда, когда $x_{ik} = x_{jk} = 1$. Тогда мы имеем:

$$w_{ijk} \leq x_{ik}, w_{ijk} \leq x_{jk} \text{ и } w_{ijk} \geq x_{ik} + x_{jk} - 1 \text{ для всех } i, j \text{ и } k \quad (6)$$

Отношения между двумя $DRUs$ в VBS. $z_{ijm} = 1$ тогда и только тогда, когда $y_{im} = y_{jm} = 1$, что приводит к $z_{ijm} \leq y_{im}, z_{ijm} \leq y_{jm}$ и $z_{ijm} \geq y_{im} + y_{jm} - 1$ для всех i, j и m (7)

3. Связь при разбиении по секторам: если сектор имеет более одного DRU , то $DRUs$ этого сектора должны быть связаны. Для выведения формулы связанных секторов мы используем теорему сечений [26] на SOD_k . Если сектор k имеет соединения, то любое сечение, которое разделяет соты в SOD_k , имеет как минимум одну общую сторону шестиугольных сот. Пусть $S1_k$ будет приемлемым подмножеством SOD_k , т.е. $S1_k \in SOD_k$, $S1_k \neq \emptyset$ и $S1_k \neq SOD_k$. Допустим также, что $S2_k$ - противоположное множество $S1_k$, т.е. $S2_k = SOD_k - S1_k$. Вследствие того, что два подмножества связаны, существует как минимум одна общая сторона $DRUs$, разделенных на подмножества. Таким образом, мы имеем:

$$\sum_{i \in S1_k} \sum_{j \in S2_k} B_{ij} > 1 \quad (8).$$

Теперь наша функция QoS является взвешенной комбинацией трех KPIs (расходных показателей), которые мы уже представили. Очевидно, наша целевая функция - максимизировать функцию QoS. Они являются потерями заблокированных вызовов жесткой и мягкой блокировок, а также передач вызовов. Разбиение DRU по секторам может быть сформулировано в форме частично-целочисленного линейного программирования.

Минимизация

$$QoS^{-1} = w_1 \cdot KPI_{BC}^{-1} + w_2 \cdot KPI_{UD}^{-1} + w_3 \cdot KPI_{CI}^{-1} \quad (9)$$

Соблюдать условия:

$$\sum_k x_{ik} = 1 \quad \text{для всех } i$$

$$w_{ijk} \leq x_{ik}, w_{ijk} \leq x_{jk} \text{ и } w_{ijk} \geq x_{ik} + x_{jk} - 1 \text{ для всех } i, j \text{ и } k$$

$$w_{ij} = 1 - \sum_k w_{ijk} \quad \text{для всех } i \text{ и } j$$

$$y_{im} = \sum_{k \in SC \cap S_m} x_{ik} \quad \text{для всех } m$$

$$z_{ijm} \leq y_{im}, z_{ijm} \leq y_{jm} \text{ и } z_{ijm} \geq y_{im} + y_{jm} - 1 \quad \text{для всех } i, j \text{ и } m$$

$$z_{ij} = 1 - \sum_k z_{ijk} \quad \text{для всех } i, j$$

$$\sum_{i \in S1_k} \sum_{j \in S2_k} B_{ij} \geq 1 \quad \text{для всех } S1_k \subset SOD_k, \text{ где } S1_k \neq \emptyset \text{ и } S1_k \neq SOD_k, \text{ а } S2_k = SOD_k - S1_k$$

$$h_{ij} = p_{ij} T_i \quad \text{для всех } i \text{ и } j$$

$$hc_m = \sum_i T_i y_{im} - HC_m \quad \text{для всех } m$$

$$sc_k = \begin{cases} 0 & \text{if } \sum_i T_i x_{ik} < SC_k \\ \sum_i T_i x_{ik} - SC_k & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{для всех } k$$

$$x_{ik}, w_{ijk}, z_{ijm}, p_k \in \{0, 1\} \quad \text{для всех } i, j, k \text{ и } m$$

Заметьте, что многие проблемы группирования, которые являются частным случаем проблемы разбиения по секторам, являются хорошо известными задачами недетерминированной полиномиальной сложности. Поскольку наша задача является задачей недетерминированной полиномиальной (НП) сложности, время, которое требуется на выполнение этого алгоритма, экспоненциально возрастает с размером проблемы. Такой алгоритм из тех, которые бесполезны для проблем реального размера. В качестве вдохновляющего результата для НП-сложной проблемы мы рассмотрим эволюционные алгоритмы для решения проблемы разбиения по секторам и сравним с характеристикой, полученной посредством частично-целочисленного программирования.

Алгоритм оценки распределений (EDA)

В отличие от других эволюционных алгоритмов, новая совокупность в каждом поколении генерируется без операторов кроссоверов и мутаций. Вместо этого в EDA новая совокупность генерируется на основе распределения вероятности, которая оценивается, исходя из лучших избранных элементов предыдущего поколения. Мы представляем каждый главный вектор как элемент нашего подхода на основе EDA, при этом наша функция приспособленности является целевой функцией, которую мы упоминали в разделе III. В целом обычные EDAs могут быть охарактеризованы параметрами и обозначениями:

$$(I_s, F, \Delta_1, \eta_1, \beta_1, p_s, \Gamma, I_{Ter}) \quad (11),$$

где

1) I_s - пространство всех потенциальных решений (все поисковое пространство элементов);

2) F обозначает функцию приспособленности;

3) Δ_1 - множество элементов (совокупность) в первом поколении;

4) η_1 - лучшие возможные решения, выбранные из множества Δ_1 в первом поколении;

5) мы обозначили

$$\beta_1 \equiv \Delta_1 - \eta_1 \equiv \Delta_1 \cap \eta_1^c,$$

где η_1^c является дополнением η_1 ;

6) p_s - вероятность выбора; алгоритм EDA выбирает элементы $p_s |\Delta_1|$ из множества Δ_1 для формирования множества η_1 ;

7) мы обозначили Γ как распределение, оцененное по η_1 (множеству выбранных возможных решений) в каждом поколении;

8) I_{Ter} - максимальный номер поколения.

В обычных EDAs каждый элемент выделен строкой. Типичный EDA описывается следующими шагами.

Шаг 0: генерируется первичная совокупность Δ_0 . Первичная совокупность (элементов $|\Delta_0|$) обычно формируется посредством выборки равномерного (равновероятного) распределения:

$$\begin{aligned}
 (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n) &= \prod_{i=1}^n p_i(\theta_i), \\
 i &= 1, 2, \dots, n, \text{ and } p_i(\theta_i = S_{i1}) = p_i(\theta_i = S_{i2}) = \dots = p_i(\theta_i = S_{|S_{iQ}|M_i}) = \frac{1}{\sum_{s=1}^{M_i} |S_{iQ} S_{is}|}
 \end{aligned} \quad (12)$$

Для поколения $l = 1, 2, \dots$ следуют шаги с 1 по 6.

Шаг 1: выражаем численно элементы текущей совокупности Δ_{l-1} в соответствии с функцией приспособленности F . Сортируем возможные решения (элементы текущей совокупности) в соответствии со степенями их приспособленности.

Шаг 2: если лучшие возможные решения удовлетворяют критерию сходимости или номер поколения превысил его лимит, процесс прекращается; в противном случае переходим к шагу 3.

Шаг 3: выбираем наилучшие возможные решения (элементы) $p_s \Delta_{l-1}$ из текущей совокупности Δ_{l-1} . Этот выбор проводится в соответствии с отсортированными возможными решениями.

Шаг 4: оцениваем распределение вероятности $p(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$ на основе $|\eta_{l-1}|$ лучших возможных решений. Мы выражаем эту оценку как:

$$= p(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n | \eta_{l-1}) \quad (13)$$

Шаг 5: генерируем новые элементы $|\Delta_{l-1}| - |\eta_{l-1}|$ на основе этого нового оценочного распределения вероятности Γ . Замещаем плохие элементы $|\beta_{l-1}|$ вновь сгенерированными элементами $|\Delta_{l-1}| - |\eta_{l-1}|$.

Шаг 6: переходим к шагу 1 и повторяем эти шаги.

Мы следовали по шагам представленного выше псевдокода для реализации нашего EDA. В нашем экспериментировании для оценки (13) мы отдельно использовали простую схему оценки маргинального распределения и применили мультипликативную формулу:

$$\begin{aligned}
 &= p(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n | \eta_{l-1}) = \prod_{i=1}^n p_i(\theta_i | \eta_{l-1}) \\
 &= \prod_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^{M_i} \delta(x_i^j = \theta_i | \eta_{l-1})}{|\eta_{l-1}|} \right)
 \end{aligned} \quad (14)$$

где δ - индикаторная функция и может быть выражена формулой (15):

$$\delta(x_i^j = \theta_i | \eta_{l-1}) = \begin{cases} 1 & \text{if } x_i^j = \theta_i \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Понятно также, что приведенные здесь примеры и варианты отображают только некоторые иллюстративные аспекты изобретения и что исходя из этого модификации и изменения будут предложены специалистам в данной области техники без отступления от существа и объема настоящего изобретения в рамках данной заявки и прилагаемых пунктов формулы патента.

В приложении 1 приводятся глоссарий используемых терминов, в том числе сокращений.

Приложение I. Глоссарий терминов.

ACLR Adjacent Channel Leakage Ratio - коэффициент утечки в соседний канал

ACPR Adjacent Channel Power Ratio - коэффициент мощности по соседнему каналу

ADC Analog to Digital Converter – аналого-цифровой преобразователь

AQDM Analog Quadrature Demodulator - аналоговый квадратурный демодулятор

AQM Analog Quadrature Modulator - аналоговый квадратурный модулятор

AQDMC Analog Quadrature Demodulator Corrector – корректор аналогового квадратурного демодулятора

AQMC Analog Quadrature Modulator Corrector - корректор аналогового

квадратурного модулятора

BPF Bandpass Filter - полосовой фильтр

CDMA Code Division Multiple Access - множественный доступ с кодовым разделением каналов

CFR Crest Factor Reduction – снижение коэффициента амплитуды (крест-фактора)

DAC Digital to Analog Converter – цифро-аналоговый преобразователь

DET Detector – детектор

DHMPA Digital Hybrid Mode Power Amplifier – Гибридный цифровой переключающий усилитель мощности

DDC Digital Down Converter - цифровой преобразователь с понижением частоты

DNC Down Converter - преобразователь с понижением частоты

DPA Doherty Power Amplifier – Усилитель мощности Догерти

DQDM Digital Quadrature Demodulator – цифровой квадратурный демодулятор

DQM Digital Quadrature Modulator - цифровой квадратурный модулятор

DSP Digital Signal Processing – цифровая обработка сигналов

DUG Digital Up Converter – цифровой преобразователь частоты с повышением

EER Envelope Elimination and Restoration - устранение и восстановление огибающей

EF Envelope Following - следование за огибающей

ET Envelope Tracking - отслеживание огибающей

EVM Error Vector Magnitude - амплитуда вектора ошибок

FFLPA Feedforward Linear Power Amplifier – линейный усилитель мощности с прямой связью

FIR Finite Impulse Response - конечная импульсная характеристика

FPGA Field-Programmable Gate Array - вентильная матрица с эксплуатационным программированием

GSM Global System for Mobile communications - глобальная система мобильной

связи

I-Q In-phase / Quadrature - синфазно-квадратурный

IF Intermediate Frequency - промежуточная частота

LINC Linear Amplification using Nonlinear Components - линейный усилитель с

нелинейными компонентами

LO Local Oscillator – гетеродин

LPF Low Pass Filter - фильтр, пропускающий нижние частоты

MCPA Multi-Carrier Power Amplifier - усилитель мощности с несколькими несущими

MDS Multi-Directional Search – многонаправленный поиск

OFDM Orthogonal Frequency Division Multiplexing - мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов

PA Power Amplifier – усилитель мощности

PAPR Peak-to-Average Power Ratio - отношение пикового уровня мощности сигнала к среднему

PD Digital Baseband Predistortion - предискажение цифрового сигнала основной полосы частот

PLL Phase Locked Loop - система фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ)

QAM Quadrature Amplitude Modulation - квадратурная амплитудная манипуляция

QPSK Quadrature Phase Shift Keying - квадратурная фазовая манипуляция

RF Radio Frequency – радиочастота

RRH Remote Radio Head – дистанционный пульт управления радиосредствами

RRU Remote Radio Head Unit – узел дистанционного операторского управления радиосредствами

SAW Surface Acoustic Wave Filter - фильтр на поверхностно-акустических волнах

UMTS Universal Mobile Telecommunications System - универсальная система мобильной связи

UPC Up Converter - преобразователь частоты с повышением

WCDMA Wideband Code Division Multiple Access - широкополосный множественный доступ с кодовым разделением каналов

WLAN Wireless Local Area Network - беспроводная локальная сеть.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система динамической маршрутизации сигналов в распределенной антенной системе, содержащая

множество цифровых устройств доступа (DAU), соединенных и выполненных с возможностью функционирования для маршрутизации сигналов между DAU в соответствии с сетью DAU;

множество цифровых дистанционных блоков (DRU), соединенных с множеством DAU и выполненных с возможностью функционирования для передачи сигналов между DRU и DAU;

множество секторов, сформированных из указанного множества DRU, содержащих первый сектор и второй сектор, отличный от первого сектора, причем каждый сектор содержит подмножество из множества DRU; и

множество модулей мониторинга трафика, соединенных с множеством DAU, причем каждый модуль мониторинга трафика из множества модулей мониторинга трафика выполнен с возможностью сбора нагрузки трафика и сохранения ее в модуле оптимизации сети, причем модуль оптимизации сети выполнен с возможностью

определения одного или более ключевых индикаторов производительности (KPI) и качества обслуживания (QoS) сетевого трафика для множества DAU, причем QoS является функцией указанного одного или более KPI; и

реконfigurирования сети DAU на основе указанных одного или более KPI и QoS путем переноса по меньшей мере одного DRU из первого сектора во второй сектор.

2. Система по п.1, в которой указанное множество DAU выполнено с возможностью принимать сигналы от базовой приемно-передающей станции, причем базовая приемно-передающая станция содержит множество малых сот.

3. Система по п.1, дополнительно содержащая целевую функцию оптимизации сети и алгоритм оптимизации, содержащий долю пользователей, связанных с каждым из множества секторов.

4. Система динамической маршрутизации сигналов в распределенной антенной системе, содержащая множество цифровых устройств доступа (DAU), соединенных и выполненных с возможностью функционирования для маршрутизации сигналов между DAU в соответствии с сетью DAU;

множество цифровых дистанционных блоков (DRU), соединенных с множеством DAU и выполненных с возможностью функционирования для передачи сигналов между DRU и DAU;

множество секторов, сформированных из указанного множества DRU, содержащих первый сектор

и второй сектор, отличный от первого сектора, причем каждый сектор содержит подмножество из множества DRU; и

один или более модулей мониторинга трафика, соединенных с множеством DAU, причем каждый модуль мониторинга трафика из указанного одного или более модулей мониторинга трафика выполнен с возможностью сбора нагрузки трафика и сохранения ее в модуле оптимизации сети, причем модуль оптимизации сети выполнен с возможностью

определения одного или более ключевых индикаторов производительности (KPI) и качества обслуживания (QoS) сетевого трафика для множества DAU, причем QoS является функцией указанного одного или более KPI; и

реконфигурирования сети DAU на основе указанных одного или более KPI и QoS путем переноса по меньшей мере одного DRU из первого сектора во второй сектор.

5. Система по п.4, в которой указанные один или более модулей мониторинга трафика являются внешними по отношению к указанному множеству DAU и соединены с каждым из множества DAU.

6. Система по п.4, в которой указанные один или более модулей мониторинга трафика содержат множество модулей мониторинга трафика, каждый из которых служит компонентом каждого из указанного множества DAU.

7. Система по п.4, в которой указанные один или более модулей мониторинга трафика являются внешними по отношению к указанному множеству DRU и соединены с каждым из множества DRU.

8. Система по п.4, в которой указанные один или более модулей мониторинга трафика содержат множество модулей мониторинга трафика, каждый из которых служит компонентом каждого из множества DRU.

9. Система по п.4, в которой указанные один или более модулей мониторинга трафика являются внешними по отношению к множеству BTS и соединены с каждой из множества BTS.

10. Система по п.4, дополнительно содержащая процессор оптимизации сети, соединенный с модулем мониторинга трафика.

11. Система по п.10, в которой процессор оптимизации сети содержит алгоритм оптимизации, который факультативно включает в себя целевую функцию оптимизации.

12. Система по п.4, в которой указанное множество DAU соединено по меньшей мере одним кабелем Ethernet; оптическим волокном; СВЧ линией связи, работающей в пределах прямой видимости; беспроводной линией связи или спутниковой линией связи.

13. Система по п.4, в которой указанное множество DAU соединено с указанным множеством DRU по меньшей мере одним кабелем Ethernet; оптическим волокном; СВЧ линией связи, работающей в пределах прямой видимости; беспроводной линией связи или спутниковой линией связи.

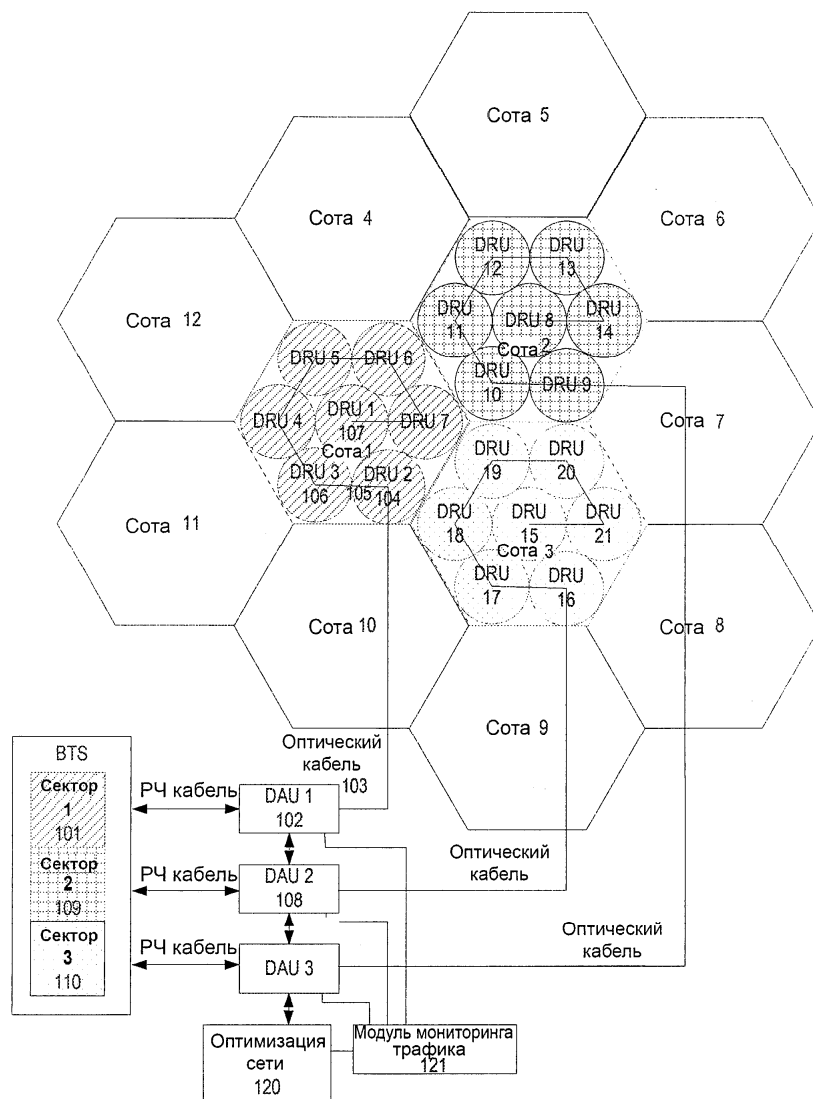
14. Система по п.4, в которой DRU соединены в гирляндную цепь.

15. Система по п.4, в которой DRU соединены с DAU в конфигурацию звезды.

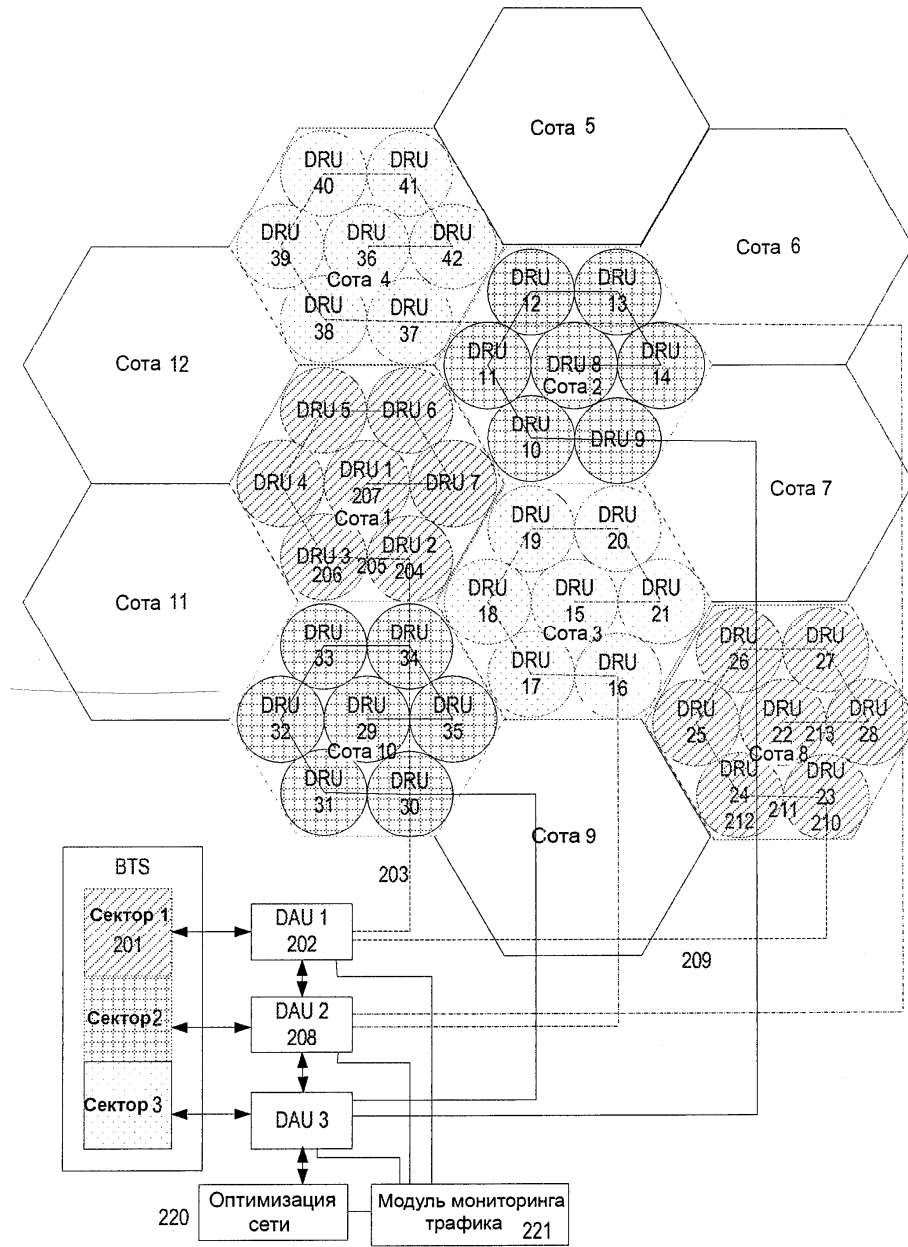
16. Система по п.4, в которой DAU соединены с множеством BTS по меньшей мере одним кабелем Ethernet; оптическим волокном; СВЧ линией связи, работающей в пределах прямой видимости; беспроводной линией связи или спутниковой линией связи.

17. Система по п.4, в которой DRU имеют шлейфовое подключение к множеству DAU.

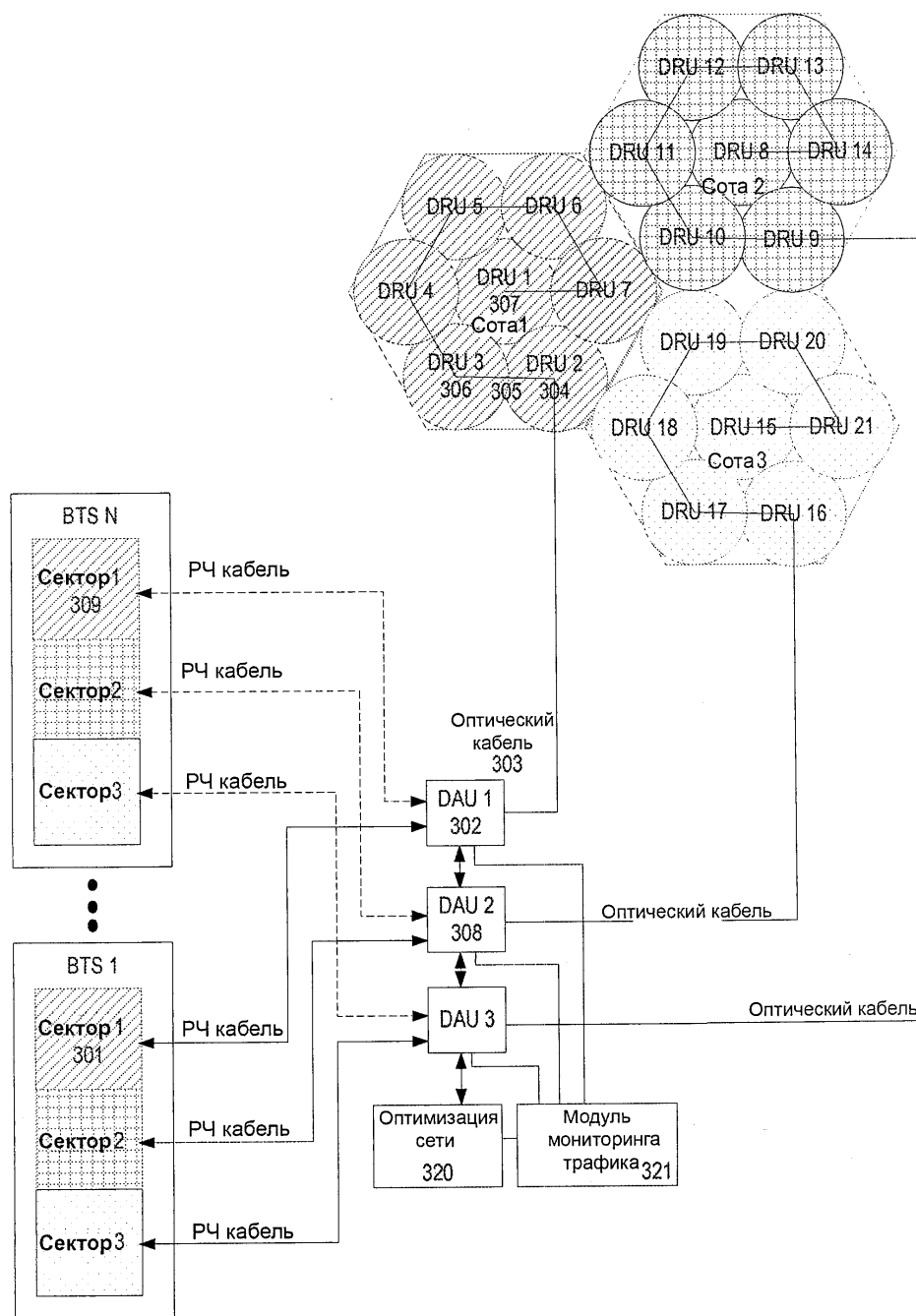
18. Система по п.4, в которой один порт DAU соединен с множеством базовых передатчиков станций.



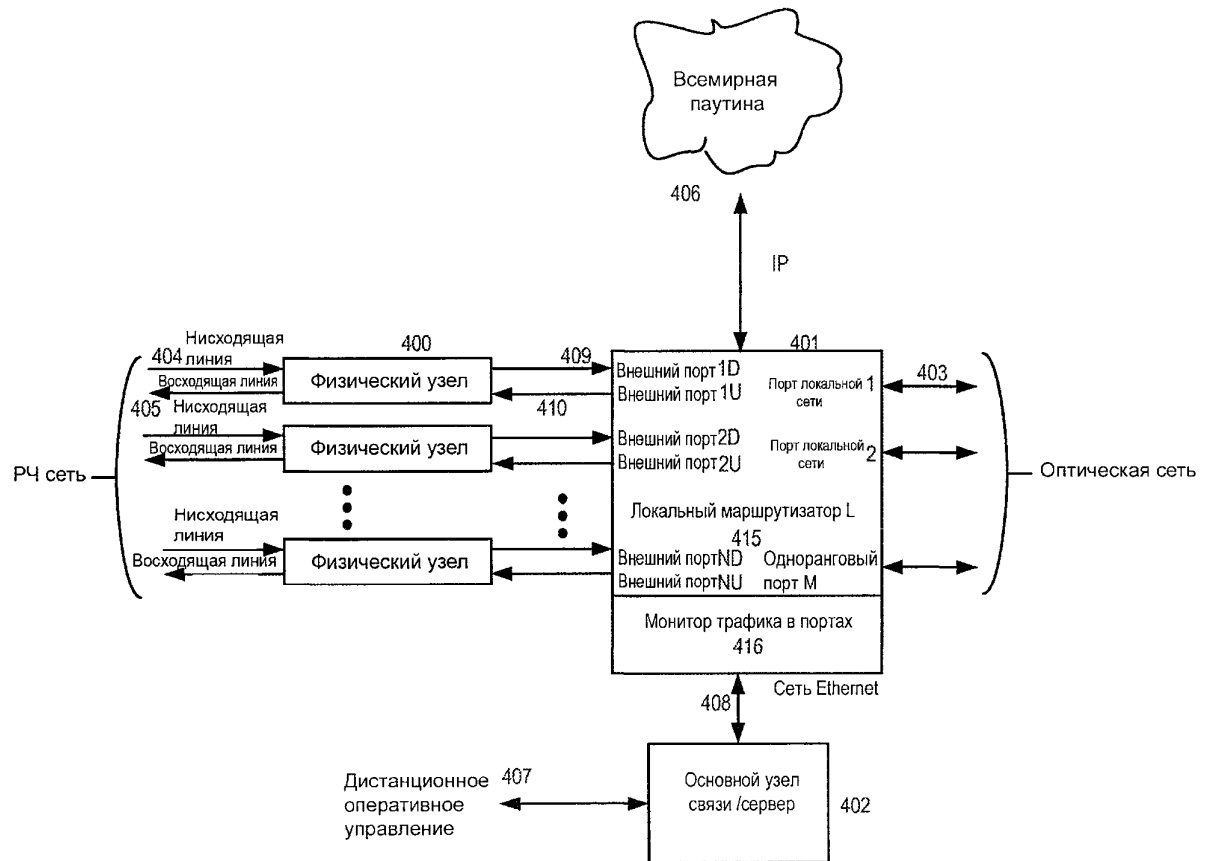
Фиг. 1



Фиг. 2

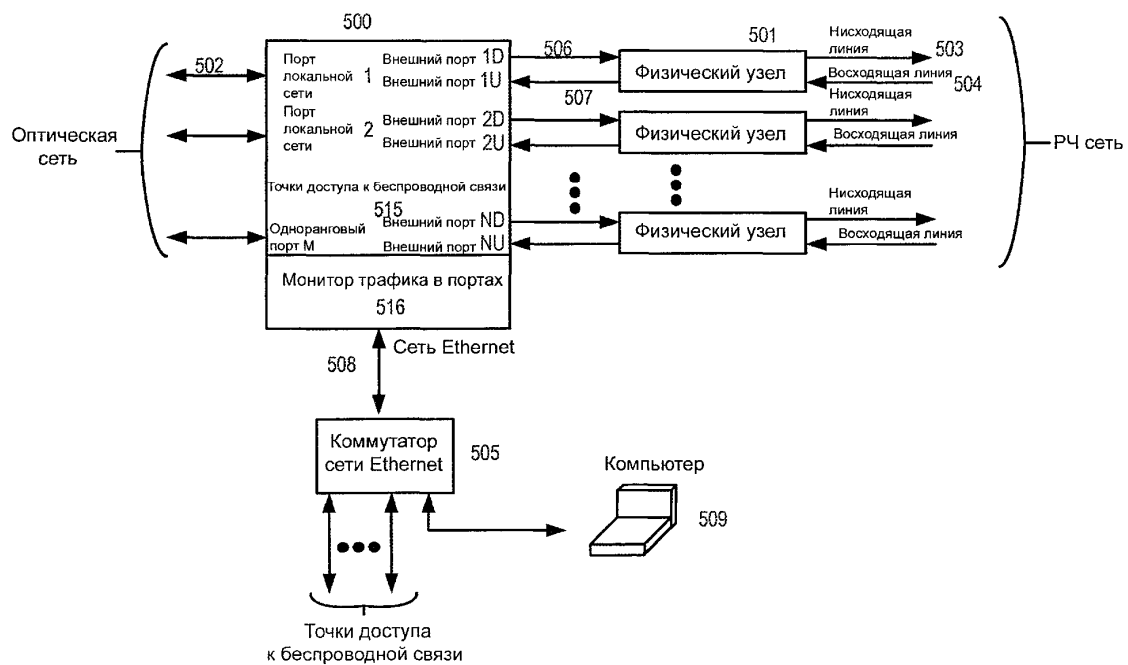


Фиг. 3

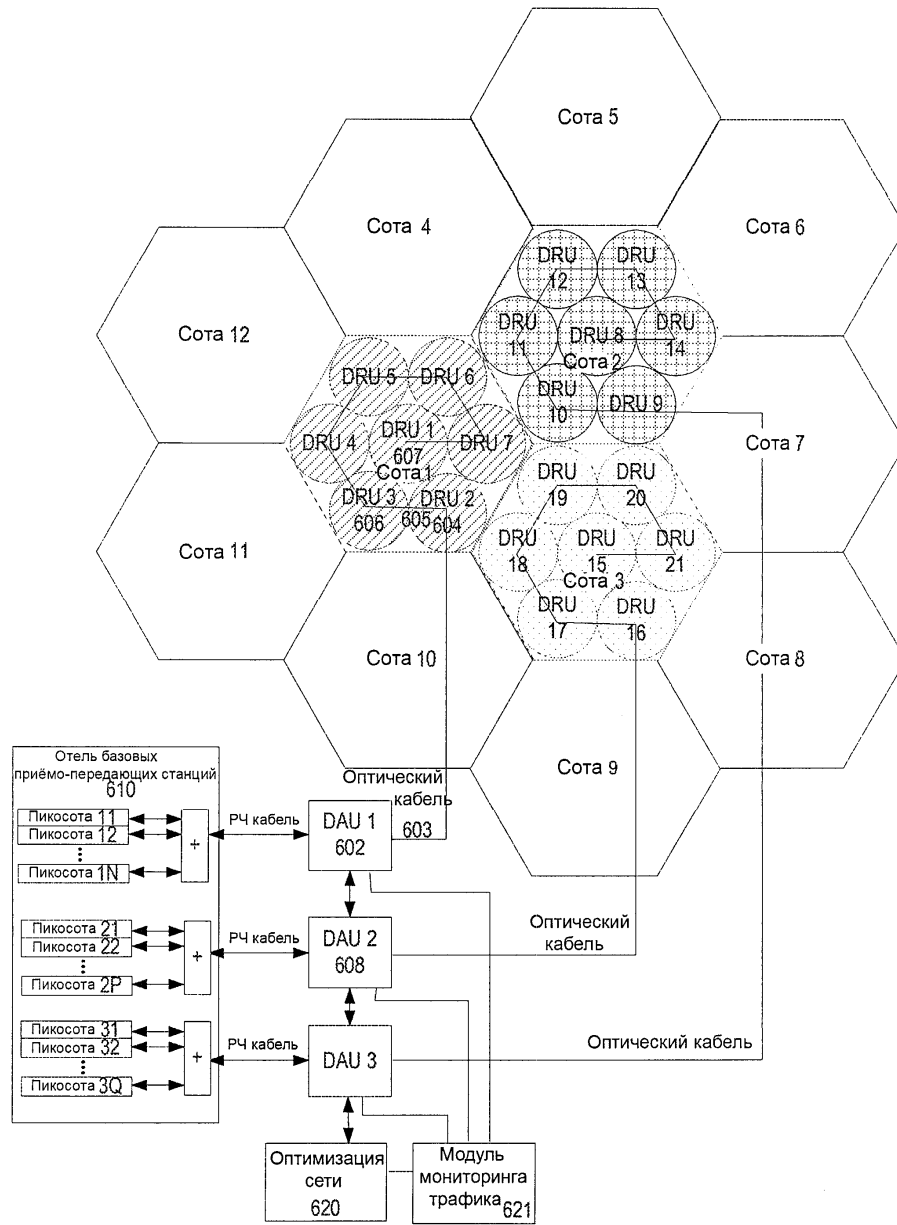


Фиг. 4

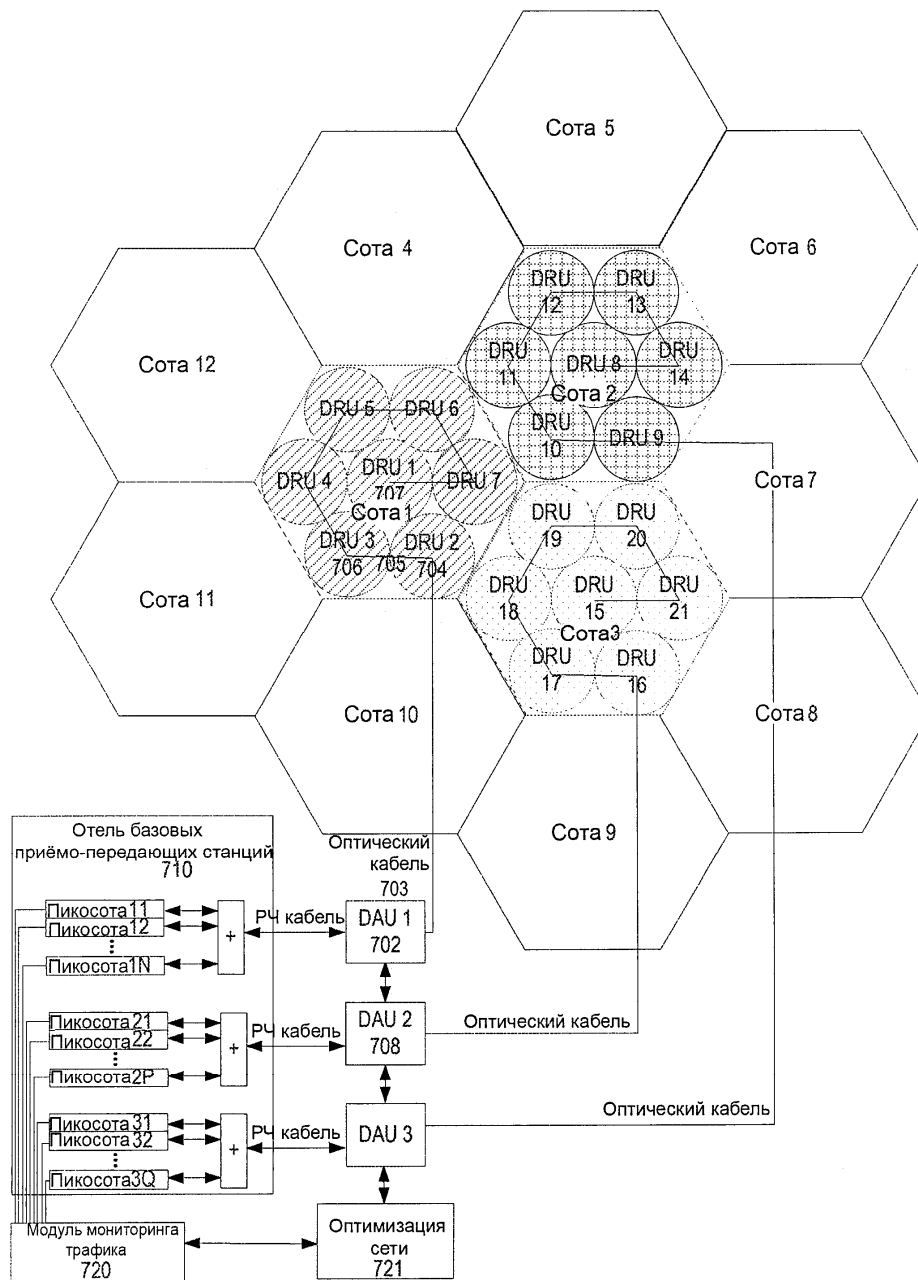
Цифровой дистанционный блок



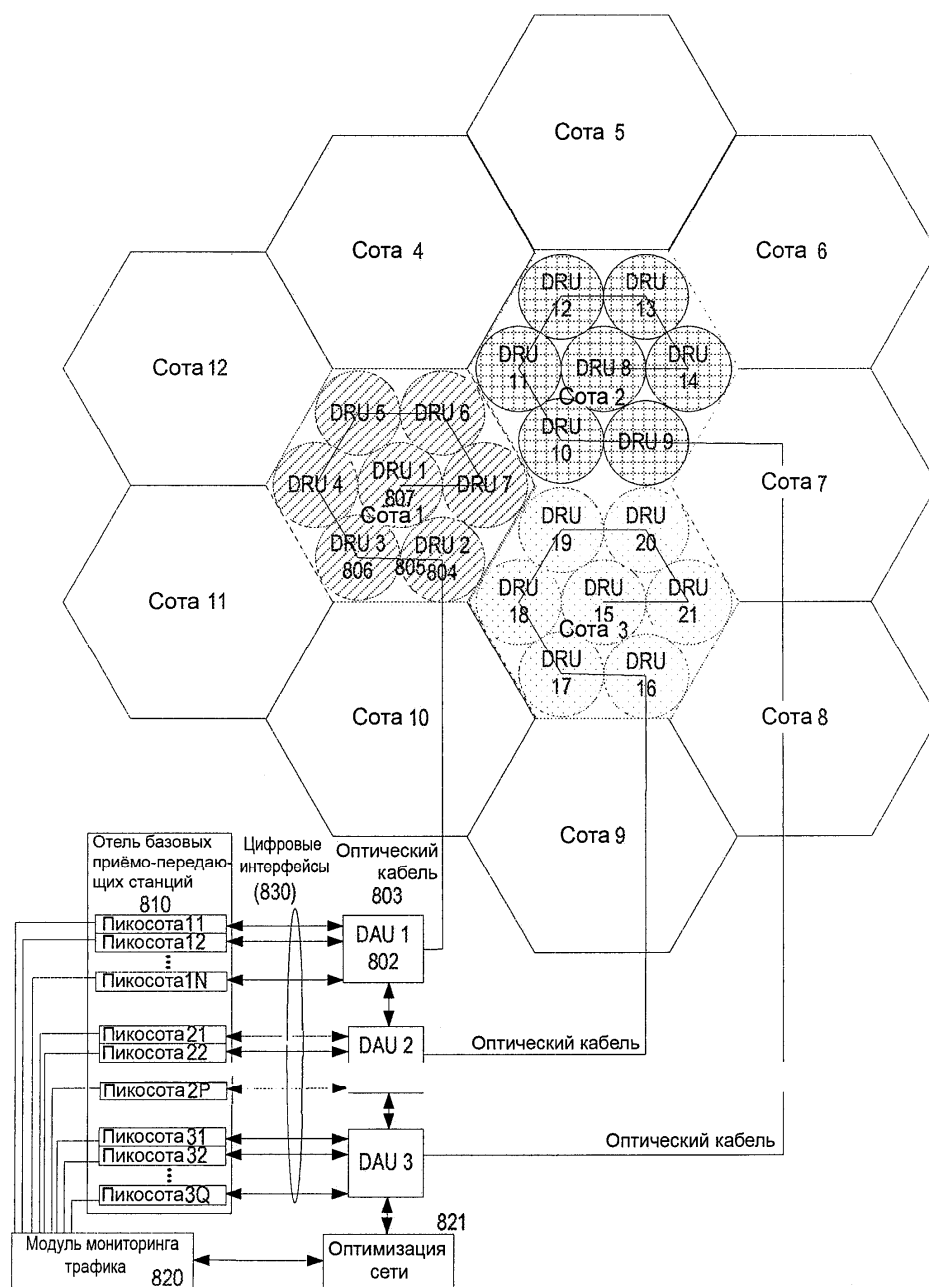
Фиг. 5



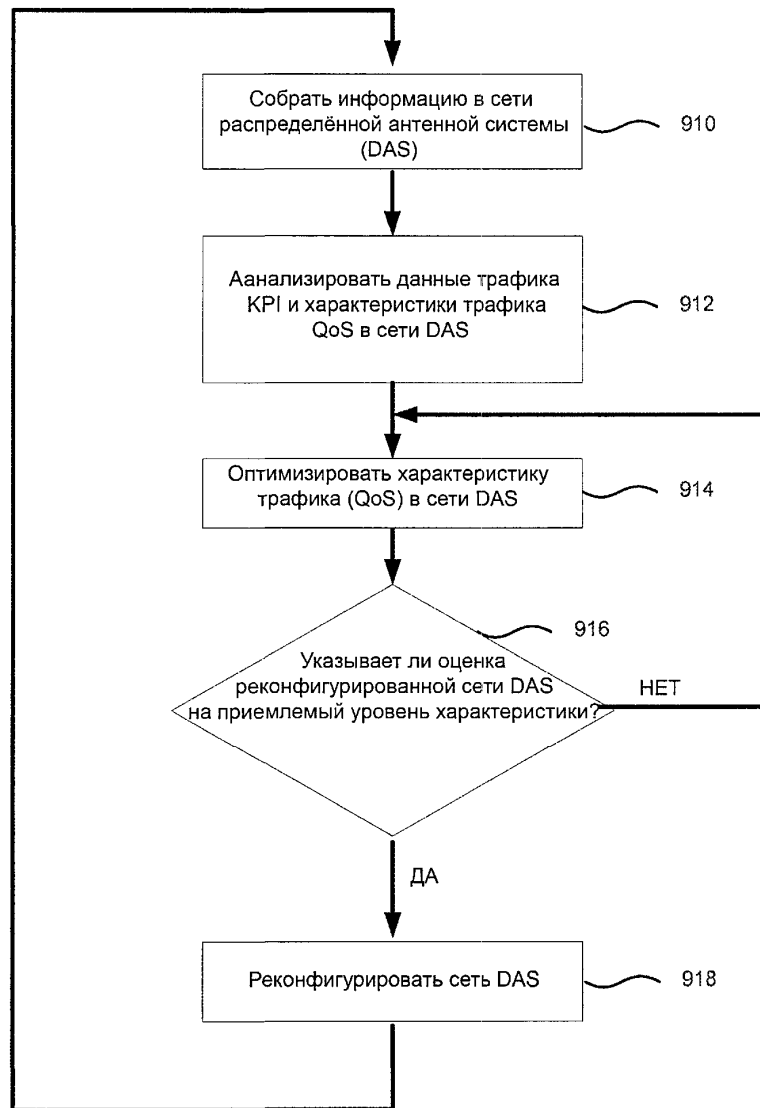
Фиг. 6



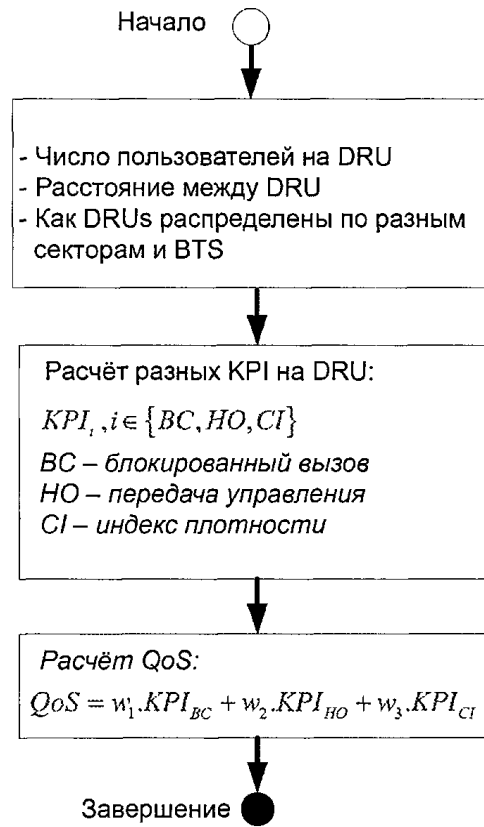
Фиг. 7



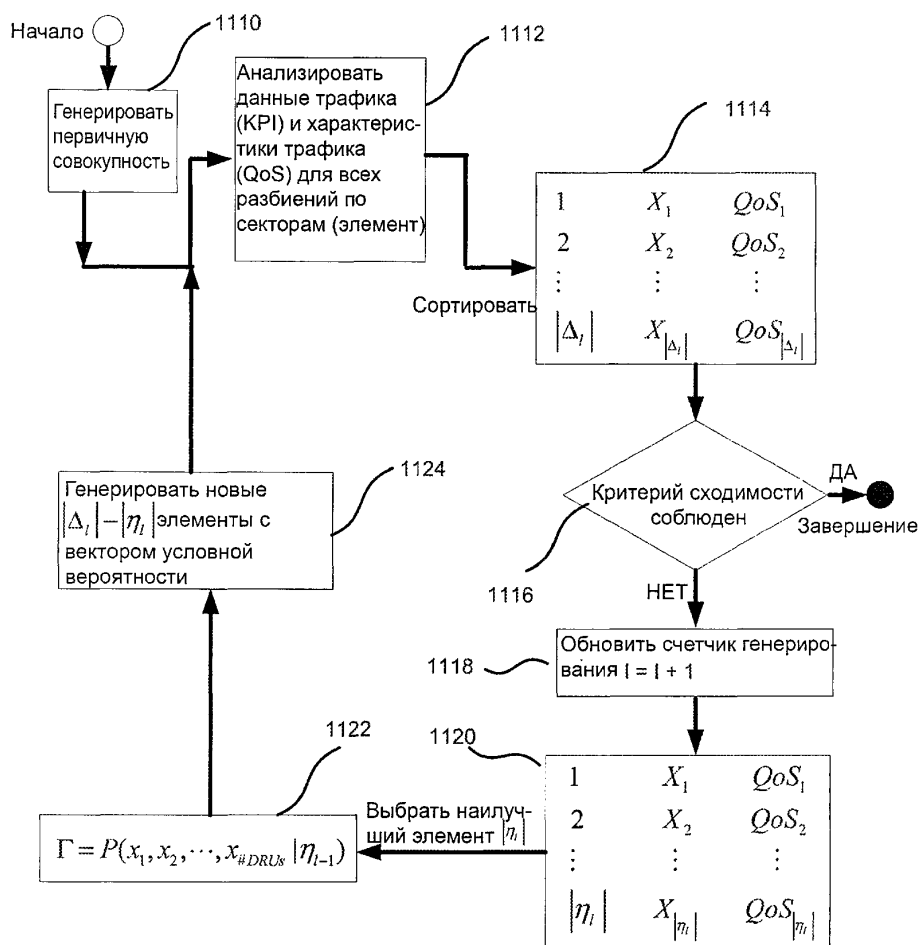
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



- Δ_l Набор элементов (совокупность)
- Элемент $X_j = (x_1, x_2, \dots, x_{\#DRUs}), x_i \in \{S_{nm} | \text{Сектор "n" от BTS "m"}\}$

Фиг. 11

