



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H04B 7/0456 (2020.05); H04B 7/0626 (2020.05); H04L 5/0073 (2020.05)

(21)(22) Заявка: 2019104259, 22.08.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.08.2017Дата регистрации:
28.12.2021

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
26.08.2016 US 62/380,126;
21.08.2017 US 15/682,076

(43) Дата публикации заявки: 17.08.2020 Бюл. № 23

(45) Опубликовано: 28.12.2021 Бюл. № 1

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 15.02.2019(86) Заявка РСТ:
US 2017/047963 (22.08.2017)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2018/039200 (01.03.2018)Адрес для переписки:
101000, Москва, ул. Мясницкая, 13, стр. 5, ООО
"Союзпатент"

(72) Автор(ы):

ПЕРЛМАН, Стивен, Дж. (US),
ФОРЕНЦА, Антонио (US),
ДИ ДИО, Марио (US),
СЭЙБИ, Фэди (US)

(73) Патентообладатель(и):

РИАРДЕН, ЛЛК (US)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 20130170360 A1, 04.07.2013. US
20110003607 A1, 06.01.2011. CN 103797725 A,
14.05.2014. US 20120093078 A1, 19.04.2012. RU
2543092 C2, 27.02.2015.(54) СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ПОМЕХ В ПРЕДЕЛАХ АКТИВНО
ИСПОЛЪЗУЕМОГО ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области связи. Технический результат состоит в уменьшении уровня помех за пределами полосы в приемниках и обеспечении согласованного использования диапазона частот в режиме дуплексной передачи с временным разделением каналов (TDD), не противоречащего текущему использованию диапазона частот в режиме дуплексной передачи с частотным разделением каналов (FDD). Для этого предусмотрены: первая беспроводная сеть, работающая в режиме дуплексной передачи с

TDD и содержащая множество беспроводных приемо-передающих станций, которые выполнены с возможностью совместно использовать один и тот же идентификатор соты и совместно передавать множество одновременных неинтерферирующих предварительно кодированных потоков данных множеству устройств пользовательского оборудования (UE) в пределах одной полосы частот; и вторая беспроводная сеть, работающая в режиме дуплексной передачи с FDD и

RU 2763167 C2

RU 2763167 C2



RU 2763167 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

H04B 7/0456 (2020.05); *H04B 7/0626* (2020.05); *H04L 5/0073* (2020.05)(21)(22) Application: **2019104259, 22.08.2017**(24) Effective date for property rights:
22.08.2017Registration date:
28.12.2021

Priority:

(30) Convention priority:
26.08.2016 US 62/380,126;
21.08.2017 US 15/682,076(43) Application published: **17.08.2020 Bull. № 23**(45) Date of publication: **28.12.2021 Bull. № 1**(85) Commencement of national phase: **15.02.2019**(86) PCT application:
US 2017/047963 (22.08.2017)(87) PCT publication:
WO 2018/039200 (01.03.2018)Mail address:
101000, Moskva, ul. Myasnitskaya, 13, str. 5, OOO
"Soyuzpatent"

(72) Inventor(s):

PERLMAN, Stiven, Dzh. (US),
FORENTSA, Antonio (US),
DI DIO, Mario (US),
SEJBI, Fedi (US)

(73) Proprietor(s):

RIARDEN, LLK (US)(54) **SYSTEMS AND METHODS FOR REDUCING INTERFERENCE LEVEL WITHIN ACTIVELY USED FREQUENCY RANGE**

(57) Abstract:

FIELD: communication.

SUBSTANCE: first wireless network operates in a duplex transmission mode with time-division duplex (hereinafter – TDD) and contains a set of wireless receiving and transmitting stations, which are made with the possibility to share the same cell identifier and jointly transmit a set of simultaneous non-interfering pre-encoded data streams to a set of user equipment (UE) devices within the same frequency band; and the second wireless network operates in a duplex transmission mode with frequency-division duplex

(hereinafter – FDD) and contains one or many antennas, wherein the first wireless network creates one or many points with zero radio frequency (RF) energy at the location of at least one of many antennas.

EFFECT: reducing the interference level outside the band in receivers and ensuring consistent use of the frequency range in the TDD transmission mode, which does not contradict the current use of the frequency range in the FDD transmission mode.

16 cl, 21 dwg



Перекрестная ссылка на родственные заявки

Настоящая заявка испрашивает преимущество по предварительной заявке на патент США № 62/380,126, поданной 26 августа 2016 г.

Настоящая заявка также является частичным продолжением заявки на патент США № 14/672,014, озаглавленной «Systems and Methods for Concurrent Spectrum Usage Within Actively Used Spectrum», поданной 27 марта 2015 г., которая испрашивает преимущество и приоритет предварительной заявки на патент США № 61/980,479, озаглавленной «Systems and Methods for Concurrent Spectrum Usage Within Actively Used Spectrum», поданной 16 апреля 2014 г., которая полностью включена в настоящий документ посредством ссылки.

Настоящая заявка может относиться к представленным ниже заявкам на патенты США, находящимся на одновременном рассмотрении, и предварительным заявкам на патенты США.

Заявка на патент США № 14/611,565, озаглавленная «Systems and Methods for Mapping Virtual Radio Instances into Physical Areas to Coherence in Distributed Antenna Wireless Systems».

Заявка на патент США № 14/086,700, озаглавленная «Systems and Methods for Exploiting Inter-cell Multiplexing Gain in Wireless Cellular Systems Via Distributed Input Distributed Output Technology».

Заявка на патент США № 13/844,355, озаглавленная «Systems and Methods for Radio Frequency Calibration Exploiting Channel Reciprocity in Distributed Input Distributed Output Wireless Communications».

Заявка на патент США № 13/797,984, озаглавленная «Systems and Methods for Exploiting Inter-cell Multiplexing Gain in Wireless Cellular Systems Via Distributed Input Distributed Output Technology».

Заявка на патент США № 13/797,971, озаглавленная «Systems and Methods for Exploiting Inter-cell Multiplexing Gain in Wireless Cellular Systems Via Distributed Input Distributed Output Technology».

Заявка на патент США № 13/797,950, озаглавленная «Systems and Methods for Exploiting Inter-cell Multiplexing Gain in Wireless Cellular Systems Via Distributed Input Distributed Output Technology».

Заявка на патент США № 13/475,598, озаглавленная «Systems and Methods to enhance spatial diversity in distributed-input distributed-output wireless systems».

Заявка на патент США № 13/233,006, озаглавленная «System and Methods for planned evolution and obsolescence of multiuser spectrum».

Заявка на патент США № 13/232,996, озаглавленная «Systems and Methods to Exploit Areas of Coherence in Wireless Systems».

Заявка на патент США № 12/802,989, озаглавленная «System And Method For Managing Handoff Of A Client Between Different Distributed-Input-Distributed-Output (DIDO) Networks Based On Detected Velocity Of The Client».

Заявка на патент США № 12/802,988, озаглавленная «Interference Management, Handoff, Power Control And Link Adaptation In Distributed-Input Distributed-Output (DIDO) Communication Systems».

Заявка на патент США № 12/802,975, озаглавленная «System And Method For Link adaptation In DIDO Multicarrier Systems».

Заявка на патент США № 12/802,974, озаглавленная «System And Method For Managing Inter-Cluster Handoff Of Clients Which Traverse Multiple DIDO Clusters».

Заявка на патент США № 12/802,958, озаглавленная «System And Method For Power

Control And Antenna Grouping In A Distributed-Input-Distributed-Output (DIDO) Network».

Патент США № 9,386,465, выданный 5 июля 2016 г., озаглавленный «System and Method For Distributed Antenna Wireless Communications».

Патент США № 9,369,888, выданный 14 июня 2016 г., озаглавленный «Systems and Methods To Coordinate Transmissions In Distributed Wireless Systems Via User Clustering».

Патент США № 9,312,929, выданный 12 апреля 2016 г., озаглавленная «System and Methods to Compensate for Doppler Effects in Distributed-Input Distributed Output Systems».

Патент США № 8,989,155, выданный 24 марта 2015 г., озаглавленная «Systems and Methods for Wireless Backhaul in Distributed-Input Distributed-Output Wireless Systems».

Патент США № 8,971,380, выданный 3 марта 2015 г., озаглавленный «System and Method for Adjusting DIDO Interference Cancellation Based On Signal Strength Measurements».

Патент США № 8,654,815, выданный 18 февраля 2014 г., озаглавленный «System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communications».

Патент США № 8,571,086, выданный 29 октября 2013 г., озаглавленный «System and Method for DIDO Precoding Interpolation in Multicarrier Systems».

Патент США № 8,542,763, выданный 24 сентября 2013 г., озаглавленный «Systems and Methods To Coordinate Transmissions In Distributed Wireless Systems Via User Clustering».

Патент США № 8,428,162, выданный 23 апреля 2013 г., озаглавленный «System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communications».

Патент США № 8,170,081, выданный 1 мая 2012 г., озаглавленный «System And Method For Adjusting DIDO Interference Cancellation Based On Signal Strength Measurements».

Патент США № 8,160,121, выданный 17 апреля 2012 г., озаглавленный «System and Method For Distributed Input-Distributed Output Wireless Communications».

Патент США № 7,885,354, выданный 8 февраля 2011 г., озаглавленный «System and Method For Enhancing Near Vertical Incidence Skywave («NVIS») Communication Using Space-Time Coding».

Патент США № 7,711,030, выданный 4 мая 2010 г., озаглавленный «System and Method For Spatial-Multiplexed Tropospheric Scatter Communications».

Патент США № 7,636,381, выданный 22 декабря 2009 г., озаглавленный «System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communication».

Патент США № 7,633,994, выданный 15 декабря 2009 г., озаглавленный «System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communication».

Патент США № 7,599,420, выданный 6 октября 2009 г., озаглавленный «System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communication».

Патент США № 7,418,053, выданный 26 августа 2008 г., озаглавленный «System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communication».

Предпосылки создания изобретения

Режим дуплексной передачи с частотным разделением каналов (FDD) и режим дуплексной передачи с временным разделением (TDD) часто используют в системах беспроводной связи. Например, стандарт LTE поддерживает как режим работы FDD, так и режим работы TDD, при этом другим примером являются стандарты 802.11 (например, Wi-Fi), которые поддерживают режим работы TDD.

В случае стандарта LTE для радиointерфейса, которые называют сетями наземного радиодоступа последующего поколения технологии UMTS (E-UTRA) определяют разные нумерованные полосы. Для каждой полосы E-UTRA указывают не только конкретный номер полосы, но и определяют является ли полоса передачи FDD или TDD определяют ширину полос для каждой полосы (перечень диапазонов E-UTRA и их спецификации см., например, по ссылке <http://en.wikipedia.org/wiki/>

LTE_frequency_bands#Frequency_bands_and_channel_bandwidth). Например, для полосы 7 определена полоса FDD и указан диапазон частот 2500–2570 МГц для восходящей линии связи (UL) и 2620–2690 МГц для нисходящей линии связи (DL), при этом она поддерживает сигналы с шириной полос 5, 10, 15 и 20 МГц для полос UL и DL.

5 Во многих случаях полосы E-UTRA перекрываются. Например, разные полосы могут использовать общий диапазон частот, выделенный для разных рынков или регионов. Например, полоса 41 представляет собой полосу TDD, использующую диапазоны частот 2496–2690 МГц как для UL, так и для DL, которая перекрывается с диапазонами частот линий UL и DL полосы 7 FDD (например, см. фиг. 16a и 16b). В настоящее время
10 полосу 41 использует оператор Sprint в США, в то время как полосу 7 использует оператор Rogers Wireless в граничащей с США Канаде. Таким образом, в США полоса 2500–2570 МГц представляет собой диапазон частот режима TDD, в то время как в Канаде ту же полосу используют для UL диапазона частот режима FDD.

Как правило, при подключении к беспроводной сети мобильное устройство будет
15 сканировать полосу на наличие передач от одной или более базовых станций, и, как правило, во время процедуры подключения базовая станция будет передавать характеристики сети, такие как используемая сетью ширина полосы пропускания, а также подробную информацию об используемом протоколе. Например, если устройство LTE сканирует диапазон частот 2620–2690 МГц в США, оно может получить кадр
20 линии DL сети LTE, переданный станцией eNodeB, который идентифицирует диапазон частот как полосу 41, и если устройство LTE поддерживает полосу 41 и режим TDD, оно может попытаться подключиться к станции eNodeB в режиме работы TDD в этой полосе. Аналогичным образом, если устройство LTE сканирует диапазон частот 2620–2690 МГц в Канаде, оно может получить кадр линии DL сети LTE, переданный
25 станцией eNodeB, который идентифицирует диапазон частот как полосу 7, и если устройство LTE поддерживает полосу 7 и режим FDD, оно может попытаться подключиться к станции eNodeB в режиме работы FDD в полосе 7.

В большинстве сетей LTE, развернутых ранее по всему миру, применяют режим работы FDD (например, Verizon, AT&T), но все чаще применяют режим работы TDD
30 как на рынках с широким применением режима FDD, например в США (где оператор Sprint развертывает сеть с применением режима TDD), так и на рынках, где сети LTE не имеют широкого покрытия, например в Китае (где оператор China Mobile развертывает сеть с применением режима TDD). Во многих случаях один и тот же оператор развертывает сети с применением режимов FDD и TDD на разных частотах
35 (например, в США оператор Sprint работает как в режиме FDD LTE, так и в режиме TDD LTE на разных частотах) и может предложить устройства LTE, способные работать в обоих режимах в зависимости от используемой полосы.

Обратите внимание на то, что перечень полос LTE E-UTRA не является окончательным, и он изменяется по мере того как операторам мобильной связи
40 выделяют новый диапазон частот и выпускают устройства, использующие этот диапазон частот. Новые полосы выделяют как в диапазоне частот, в котором отсутствует перекрытие с имеющимися частотами, так и в диапазоне частот, которые перекрываются с выделенными ранее полосами. Например, через несколько лет после определения более старых полос 12, 13, 14 и 17 в режиме FDD на частоте 700 МГц в качестве полосы
45 E-UTRA была добавлена полоса 44 в полосе передачи TDD в диапазоне частот 703–803 МГц.

Как видно на фиг. 6, основная часть мобильных данных приходилась на голосовые данные (например, в 1 квартале (Q1) 2007 г.), которые являются высокосимметричными.

Однако с появлением iPhone в 2007 г., стремительным внедрением ОС Android и последующим появлением iPad в 2009 г. объем неголосовых мобильных данных значительно опережал рост голосовых данных до того момента, когда к середине 2013 г. голосовые данные составили лишь небольшую часть от всего объема трафика мобильных данных. Прогнозируют дальнейший рост объема неголосовых данных по экспоненте, затмевающий незначительный объем голосовых данных.

Как можно увидеть на фиг. 7, в структуре неголосовых мобильных данных значительно преобладают мультимедийные данные, такие как данные потокового видео, аудиоданные и данные просмотра веб-страниц (большая часть которых включает в себя данные потокового видео). Хотя некоторые данные потокового мультимедиа представляют собой данные линии UL (например, во время видеоконференции), подавляющее большинство таких данных представляют собой данные линии DL, что обуславливает крайнюю асимметричность объемов данных линий DL и UL. Например, в статье «Asymmetry and the impending (US) spectrum crisis» из газеты Financial Times от 28 мая 2013 г. говорится: «... по оценкам индустрии, отношение трафика диапазона нисходящей линий связи к трафику диапазона восходящей линии связи колеблется от примерно 8 : 1 (восьми к одному) до значительно больших значений». Затем в статье указывают на то, что широко используемые в США сети с режимом FDD очень неэффективны при работе с такими асимметричными нагрузками, поскольку в режиме работы FDD для каждой линии DL и UL выделяют одинаковое количество диапазонов частот. В качестве другого примера можно привести исследование компании Qualcomm, которая оценила асимметричное отношение трафика линий DL/UL для одного из операторов США на основании измерений в действующих сетях, проведенных в 2009 году, как 9 : 1 (см. отчет компании Qualcomm за ноябрь 2013 г. «1000x: more spectrum especially for small cells», размещенный по адресу <http://www.qualcomm.com/media/documents/files/1000x-more-spectrum-especially-for-small-cells.pdf>). Таким образом, даже если диапазон частот линии DL в режиме FDD используют интенсивно (теоретически до момента перегрузки), диапазон частот линии UL может оставаться в значительной степени незадействованным.

В статье газеты Financial Times говорится о том, что режим TDD намного больше подходит для такого асимметричного характера нагрузки, поскольку этот режим выполнен с возможностью выделения гораздо большего количества временных интервалов для данных линии DL, чем для данных линии UL. Например, если для режима работы FDD выделяют полосу 20 МГц (10 + 10 МГц), пропускная способность линии DL ограничена максимальной пропускной способностью полосы частот 10 МГц (даже если для данных линии UL необходима гораздо меньшая полоса частот, чем выделенные 10 МГц), в то время как при использовании полосы частот 20 МГц, выделенной для режима TDD, линия DL подавляющее большинство времени может задействовать все 20 МГц, а для линии UL может выделяться полоса частот 20 МГц лишь на небольшое время, что гораздо больше соответствует актуальным характеристикам передачи данных. В статье отмечается, что, к сожалению, большая часть диапазона частот, выделенного в США для мобильной связи, уже занята системами мобильной связи, работающими в режиме работы FDD, при этом Федеральной комиссии по связи США (FCC) настоятельно рекомендуется всячески поощрять использование режима TDD при выделении нового диапазона частот.

Хотя режим TDD, безусловно, позволил бы более эффективно использовать выделенные новые диапазоны частот, учитывая все более асимметричный характер мобильных данных, к сожалению, существующие развернутые сети режима FDD не

могут изменить режим работы на TDD, поскольку подавляющее большинство пользователей сетей LTE режима FDD используют устройства, которые поддерживают только режим работы FDD и не смогут подключиться к сети, если сеть будет переведена в режим работы TDD. Следовательно, поскольку использование данных в сетях LTE становится все более асимметричным, существующие сети LTE режима FDD будут все чаще испытывать перегрузку на линии DL, в то время как диапазон частот линии UL будет все чаще задействован недостаточно (по минимальной оценке, указанной в статье из газеты Financial Times от 28 мая 2013 г., отношение линия DL : линия UL составляет 8 : 1, а это означает, что при максимальном использовании пропускной способности канала линии DL будет задействовано только 1/8 пропускной способности канала линии UL, что соответствует 1,25 МГц из 10 МГц). Это крайне нерационально и неэффективно, особенно учитывая физическое наличие ограниченного диапазона частот, предназначенного для практического использования в мобильной связи (например, частоты сигналов, которые могут проникать сквозь стены и хорошо распространяются в условиях отсутствия прямой видимости, находятся в диапазоне 450–2600 МГц), а также экспоненциальное увеличение (чаще асимметричное) объема мобильных данных (например, в исследовании VNI компании Cisco от 02.2013 г. прогнозируется среднегодовой темп роста объема данных в мобильных сетях, большую часть из которых представляет потоковое видео и другие высокоасимметричные данные, на уровне 61% до 2018 г.).

Краткое описание графических материалов

Для наилучшего понимания настоящего изобретения последующее подробное описание необходимо рассматривать в сочетании с описанными ниже рисунками.

На фиг. 1 представлена принципиальная схема сети радиодоступа DIDO (DRAN).

На фиг. 2 представлен стек протоколов виртуальной радиоточки (VRI), совместимый с моделью OSI и стандартом LTE.

На фиг. 3 представлены смежные сети DRAN для расширения покрытия в беспроводных сетях DIDO.

На фиг. 4 представлена эстафетная передача между сетью DRAN и смежными беспроводными сетями.

На фиг. 5 представлена эстафетная передача между сетью DRAN и сотовыми сетями стандарта LTE.

На фиг. 6 представлены данные об объеме голосовых и неголосовых данных в мобильных сетях, использующих предшествующий уровень техники, за 2007–2013 гг.

На фиг. 7 представлен трафик данных в мобильных сетях, использующих предшествующий уровень техники, за 2012 г., разделенные по типам приложений.

На фиг. 8 представлено сравнение режимов работы сетей FDD LTE и TDD LTE, использующих предшествующий уровень техники.

На фиг. 9 представлена новая сеть режима TDD, использующая диапазон частот линии UL одновременно с существующей сетью режима FDD.

На фиг. 10 представлена таблица дуплексных конфигураций сети TDD LTE, использующей предшествующий уровень техники.

На фиг. 11 представлена новая сеть режима TDD, использующая диапазон частот линии DL одновременно с существующей сетью FDD.

На фиг. 12 представлены две новые сети режима TDD, использующие диапазоны частот линий UL и DL одновременно с существующей сетью режима FDD.

На фиг. 13 представлена новая сеть режима FDD, использующая диапазон частот линий UL и DL одновременно с существующей сетью режима FDD.

На фиг. 14 показана сеть DRAN, которая создает нулевые соты pCell в месте расположения антенн базовой станции.

На фиг. 15a, 15b, 15c и 15d показаны различные сценарии распространения сигнала между антеннами базовой станции.

5 На фиг. 16a и 16b представлены схемы выделения полосы 2500–2690 МГц из предшествующего уровня техники в различных областях в режимах FDD или TDD и только в режиме TDD.

Подробное описание

Одно из решений для преодоления большинства из упомянутых выше ограничений
10 предшествующего уровня техники представляет собой применение пользовательских устройств, одновременно работающих в режиме работы TDD в том же диапазоне частот, который в настоящее время используют для линий UL или DL в диапазоне частот FDD, что позволяет обеспечить согласованное использование диапазона частот TDD, не противоречащее текущему использованию диапазона частот FDD. В частности, в канале
15 линии UL режима FDD присутствует значительно больше неиспользуемого диапазона частот, при этом устройства TDD могут использовать этот диапазон частот, не оказывая влияния на пропускную способность существующей сети режима FDD. Это также позволяет использовать режим TDD в очень эффективном для распространения сигнала УВЧ-диапазоне частот, который во многих странах мира почти полностью выделяют
20 для режима FDD, из-за чего для режима TDD выделяют гораздо менее эффективный для распространения сигнала СВЧ-диапазон частот.

В другом варианте осуществления предложено применение пользовательских устройств, одновременно работающих в режиме работы FDD в том же диапазоне частот, который в настоящее время используют для линий UL или DL в диапазоне частот FDD,
25 но при этом каналы линий UL и DL будут переставлены местами, что позволяет обеспечивать согласованное использование диапазона частот каждой сети, не противоречащее использованию диапазона частот других сетей. Учитывая тот факт, что канал линии UL каждой сети задействуют недостаточно по сравнению с каналом линии DL, это позволяет каналу линии DL каждой сети использовать незадействованный
30 диапазон частот канала линии UL другой сети.

В каждом варианте осуществления спектральная эффективность может быть дополнительно значительно увеличена за счет внедрения одной или обеих сетей с применением технологии распределенного входа — распределенного выхода (DIDO), описанной в следующих патентах, заявках на патенты и предварительных заявках на
35 патенты, все из которых переуступлены правопреемнику настоящего патента и включены в настоящее описание путем ссылки. Эти патенты, заявки и предварительные заявки все вместе иногда упоминаются в настоящем документе как «смежные патенты и заявки».

Заявка на патент США № 14/672,014, озаглавленная «Systems And Methods For
40 Concurrent Spectrum Usage Within Actively Used Spectrum».

Предварительная заявка на патент США № 61/980,479, поданная 16 апреля 2014 г., озаглавленная «Systems and Methods for Concurrent Spectrum Usage Within Actively Used Spectrum».

Заявка на патент США № 14/611,565, озаглавленная «Systems and Methods for Mapping
45 Virtual Radio Instances into Physical Areas to Coherence in Distributed Antenna Wireless Systems».

Заявка на патент США № 14/086,700, озаглавленная «Systems and Methods for Exploiting Inter-cell Multiplexing Gain in Wireless Cellular Systems Via Distributed Input Distributed Output

Technology».

Заявка на патент США № 13/844,355, озаглавленная «Systems and Methods for Radio Frequency Calibration Exploiting Channel Reciprocity in Distributed Input Distributed Output Wireless Communications».

5 Заявка на патент США № 13/797,984, озаглавленная «Systems and Methods for Exploiting Inter-cell Multiplexing Gain in Wireless Cellular Systems Via Distributed Input Distributed Output Technology».

Заявка на патент США № 13/797,971, озаглавленная «Systems and Methods for Exploiting Inter-cell Multiplexing Gain in Wireless Cellular Systems Via Distributed Input Distributed Output
10 Technology».

Заявка на патент США № 13/797,950, озаглавленная «Systems and Methods for Exploiting Inter-cell Multiplexing Gain in Wireless Cellular Systems Via Distributed Input Distributed Output Technology».

Заявка на патент США № 13/475,598, озаглавленная «Systems and Methods to enhance
15 spatial diversity in distributed-input distributed-output wireless systems».

Заявка на патент США № 13/233,006, озаглавленная «System and Methods for planned evolution and obsolescence of multiuser spectrum».

Заявка на патент США № 13/232,996, озаглавленная «Systems and Methods to Exploit Areas of Coherence in Wireless Systems».

20 Заявка на патент США № 12/802,989, озаглавленная «System And Method For Managing Handoff Of A Client Between Different Distributed-Input-Distributed-Output (DIDO) Networks Based On Detected Velocity Of The Client».

Заявка на патент США № 12/802,988, озаглавленная «Interference Management, Handoff, Power Control And Link Adaptation In Distributed-Input Distributed-Output (DIDO)

25 Communication Systems».

Заявка на патент США № 12/802,975, озаглавленная «System And Method For Link adaptation In DIDO Multicarrier Systems».

Заявка на патент США № 12/802,974, озаглавленная «System And Method For Managing Inter-Cluster Handoff Of Clients Which Traverse Multiple DIDO Clusters».

30 Заявка на патент США № 12/802,958, озаглавленная «System And Method For Power Control And Antenna Grouping In A Distributed-Input-Distributed-Output (DIDO) Network».

Патент США № 9,386,465, выданный 5 июля 2016 г., озаглавленный «System and Method For Distributed Antenna Wireless Communications».

35 Патент США № 9,369,888, выданный 14 июня 2016 г., озаглавленный «Systems and Methods To Coordinate Transmissions In Distributed Wireless Systems Via User Clustering».

Патент США № 9,312,929, выданный 12 апреля 2016 г., озаглавленная «System and Methods to Compensate for Doppler Effects in Distributed-Input Distributed Output Systems».

Патент США № 8,989,155, выданный 24 марта 2015 г., озаглавленная «Systems and Methods for Wireless Backhaul in Distributed-Input Distributed-Output Wireless Systems».

40 Патент США № 8,971,380, выданный 3 марта 2015 г., озаглавленный «System and Method for Adjusting DIDO Interference Cancellation Based On Signal Strength Measurements».

Патент США № 8,654,815, выданный 18 февраля 2014 г., озаглавленный «System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communications».

45 Патент США № 8,571,086, выданный 29 октября 2013 г., озаглавленный «System and Method for DIDO Precoding Interpolation in Multicarrier Systems».

Патент США № 8,542,763, выданный 24 сентября 2013 г., озаглавленный «Systems and Methods To Coordinate Transmissions In Distributed Wireless Systems Via User Clustering».

Патент США № 8,428,162, выданный 23 апреля 2013 г., озаглавленный «System and

Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communications».

Патент США № 8,170,081, выданный 1 мая 2012 г., озаглавленный «System And Method For Adjusting DDO Interference Cancellation Based On Signal Strength Measurements».

Патент США № 8,160,121, выданный 17 апреля 2012 г., озаглавленный «System and Method For Distributed Input-Distributed Output Wireless Communications».

Патент США № 7,885,354, выданный 8 февраля 2011 г., озаглавленный «System and Method for Enhancing Near Vertical Incidence Skywave («NVIS») Communication Using Space-Time Coding».

Патент США № 7,711,030, выданный 4 мая 2010 г., озаглавленный «System and Method For Spatial-Multiplexed Tropospheric Scatter Communications».

Патент США № 7,636,381, выданный 22 декабря 2009 г., озаглавленный «System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communication».

Патент США № 7,633,994, выданный 15 декабря 2009 г., озаглавленный «System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communication».

Патент США № 7,599,420, выданный 6 октября 2009 г., озаглавленный «System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communication».

Патент США № 7,418,053, выданный 26 августа 2008 г., озаглавленный «System and Method for Distributed Input Distributed Output Wireless Communication».

Настоящее изобретение описывает системы и способы одновременного использования диапазона частот в активно используемом диапазоне частот. Некоторые варианты осуществления используют технологии распределенного входа — распределенного выхода и MU-MAS, описанные ранее патентовладельцем, правопреемником которого является владелец настоящего патента. Описание изобретения, представленное в разделе 1 и разделе 2 ниже, соответствует описаниям в предварительной заявке на патент США № 61/937,273, поданной 7 февраля 2014 г., озаглавленной «Systems and Methods for Mapping Virtual Radio Instances into Physical Areas of Coherence in Distributed Antenna Wireless Systems», и относится к настоящему изобретению. Нижеследующие описания в разделах 3 и 4 соответствуют описаниям в предварительной заявке на патент США № 61/980,479, поданной 16 апреля 2014 года, озаглавленной «System and Methods for Concurrent Spectrum Usage Within Actively Used Spectrum», и также относятся к настоящему изобретению.

1. Системы и способы картирования точек VRI в области когерентности

В одном варианте осуществления настоящего изобретения описаны системы и способы одновременной передачи в пределах одной полосы частот множества неинтерферирующих потоков данных между сетью и множеством областей когерентности по беспроводной линии связи посредством виртуальных радиоточек (VRI). В одном варианте осуществления система представляет собой многопользовательскую многоантенную систему (MU-MAS), как показано на фиг. 1. Блоки с цветной кодировкой, показанные на фиг. 1, представляют собой взаимное однозначное соответствие между источниками 101 данных, точками VRI 106 и областями когерентности 103, как описано ниже.

1.1 Обзор архитектуры системы

На фиг. 1 источники 101 данных представляют собой файлы или потоки данных, содержащие веб-контент или файлы на локальном или удаленном сервере, например текст, изображения, аудио, видео или их комбинации. Один или множество файлов или потоков данных передают между сетью 102 и каждой областью когерентности 103 по беспроводной линии 110 связи. В одном варианте осуществления сеть представляет собой сеть Интернет или любую проводную либо беспроводную локальную сеть.

Область когерентности представляет собой объем в пространстве, в котором сигналы

от разных антенн MU-MAS когерентно складываются таким образом, что в указанной области когерентности принимают только выходные данные 112 одной точки VRI без какой-либо интерференции с выходными данными других точек VRI, одновременно переданными по той же беспроводной линии связи. В настоящей заявке термин «область когерентности» используют для описания объемов когерентности или персональных сот (например, «pCells™» 103), описанных ранее в предыдущих заявках на патенты [заявка на патент США № 13/232,996, озаглавленная «Systems and Methods to Exploit Areas of Coherence in Wireless Systems»]. В одном варианте осуществления области когерентности соответствуют местоположениям пользовательского оборудования (UE) 111 или абонентов беспроводной сети так, что каждый абонент связан с одним или множеством источников 101 данных. Области когерентности могут иметь разные размеры и форму в зависимости от условий распространения сигнала, а также от типа методик предварительного кодирования MU-MAS, используемого для их создания. В одном варианте осуществления изобретения устройство предварительного кодирования MU-MAS динамически регулирует размер и форму областей когерентности для адаптации к изменяющимся условиям распространения сигнала, обеспечивая доставку контента пользователям с обеспечением надежного соединения.

Источники 101 данных сначала передают по сети 102 в сеть 104 радиодоступа DIDO (DRAN). Затем сеть DRAN преобразует файлы или потоки данных в формат данных, который могут принимать устройства UE, и передает файлы или потоки данных одновременно во множество областей когерентности так, что каждое устройство UE принимает только свои файлы или потоки данных, не испытывая помех от файлов или потоков данных, отправленных другим устройствам UE. Сеть DRAN состоит из шлюза 105, представляющего собой интерфейс между сетью и точками VRI 106. Точки VRI преобразуют пакеты, перенаправляемые шлюзом, в потоки 112 данных либо в виде исходных данных, либо в структуре пакета или кадра, которые передают в блок основной полосы частот в системе MU-MAS. В одном варианте осуществления точка VRI содержит стек протоколов взаимодействия открытых систем (OSI), состоящий из нескольких уровней: прикладного, презентационного, сеансового, транспортного, сетевой, канального и физического уровня, как показано на фиг. 2а. В другом варианте осуществления точка VRI содержит только подмножество уровней OSI.

В другом варианте осуществления точки VRI определяют другими стандартами беспроводной связи. В качестве примера, без ограничений, первая точка VRI содержит стек протоколов стандарта GSM, вторая — стандарта 3G, третья — стандарта HSPA+, четвертая — стандарта LTE, пятая — стандарта LTE-A и шестая — стандарта Wi-Fi. В одном примере осуществления точки VRI содержат стек протоколов плоскости управления или плоскости пользователя, определенный в стандартах LTE. Стек протоколов плоскости пользователя представлен на фиг. 2b. Каждое устройство UE 202 взаимодействует с собственной точкой VRI 204 через уровни PHY, MAC, RLC и PDCP, со шлюзом 203 — через уровень IP, а с сетью 205 — через прикладной уровень. Для стека протоколов плоскости управления устройство UE также взаимодействует непосредственно с узлом управления мобильностью (MME) через уровень NAS (как определено в стеке стандартов LTE).

Диспетчер 107 виртуальных соединений (VCM) отвечает за назначение устройствам UE идентификаторов уровня PHY (например, временного идентификатора радиосети отдельной соты, RNTI), аутентификацию и мобильность точек VRI и устройств UE. Потоки 112 данных на выходе точек VRI передают в виртуальный радиодиспетчер 108 (VRM). Диспетчер VRM содержит блок планирования (который осуществляет

планирование пакетов нисходящей (DL) и восходящей (UL) линий связи для различных устройств UE), блок основной полосы частот (например, содержащий кодирующее/декодированное устройство FEC (прямой коррекции ошибок), модулятор/демодулятор, устройство построения ресурсной сетки) и процессор основной полосы частот в системе MU-MAS (содержит алгоритм предварительного кодирования для реализации операций предварительного кодирования). В одном варианте осуществления потоки 112 данных представляют собой значения I/Q на выходе уровня PHY на фиг. 2b, которые обрабатывают процессор основной полосы частот в системе MU-MAS. В другом варианте осуществления потоки 112 данных представляют собой пакеты MAC, RLC или PDCP, переданные в блок диспетчеризации, который перенаправляет их в блок основной полосы частот. Блок основной полосы частот преобразует пакеты в значения I/Q, передаваемые в процессор основной полосы частот в системе MU-MAS.

Процессор основной полосы частот в системе MU-MAS представляет собой ядро диспетчера VRM, которое преобразует M значений I/Q из M точек VRI в N потоков 113 данных, переданных в N точек доступа (AP) 109. В одном варианте осуществления потоки 113 данных представляют собой значения I/Q N сигналов, переданных по беспроводной линии 110 связи из AP 109. В таком варианте осуществления AP состоит из АЦП/ЦАП, радиочастотной (РЧ) цепи и антенны. В другом варианте осуществления потоки 113 данных представляют собой биты данных и информацию о предварительном кодировании в системе MU-MAS, которые комбинируют в точках AP для формирования N сигналов, переданных по беспроводной линии 110 связи. В таком варианте осуществления каждую AP оснащают центральным процессором (CPU), цифровым сигнальным процессором (DSP) или системой на кристалле для дополнительной обработки основной полосы частот перед блоками АЦП/ЦАП.

1.2 Поддержка мобильности и эстафетной передачи данных

Описанные выше системы и способы применимы, если устройства UE находятся в пределах покрытия точек AP. При перемещении устройств UE из зоны покрытия точки AP соединение может прерваться, и сеть DRAN 301 не сможет создать области когерентности. Для расширения зоны покрытия системы можно постепенно разворачивать за счет добавления новых точек AP. Однако диспетчеру VRM может не хватить вычислительной мощности для поддержки новых точек AP, или могут возникнуть практические проблемы при подключении новых точек AP к одному диспетчеру VRM. В таких случаях необходимо разворачивать смежные сети 302 и 303 DRAN для поддержки новых точек AP, как показано на фиг. 3.

В одном варианте осуществления конкретное устройство UE находится в зоне покрытия, обслуживаемой первой сетью 301 DRAN и смежной сетью 302 DRAN. В таком варианте осуществления смежная сеть 302 DRAN выполняет только обработку основной полосы частот в системе MU-MAS для этого устройства UE одновременно с обработкой системы MU-MAS первой сетью 301 DRAN. Смежная сеть 302 DRAN не управляет какой-либо точкой VRI для данного устройства UE, поскольку точка VRI для этого устройства UE уже запущена в первой сети 301 DRAN. Для организации совместного предварительного кодирования между первой и смежной сетями DRAN диспетчер VRM в первой сети 301 DRAN и диспетчер VRM в смежной сети 302 DRAN обмениваются информацией об основной полосе частот через облачный диспетчер 304 VRM и линии 305 связи. Линии 305 связи представляют собой любую проводную (например, оптоволокно, DSL, кабель) или беспроводную линию связи (например, линии связи в пределах прямой видимости), которая обеспечивает соединение надлежащего качества (например, достаточно низкую задержку и достаточную скорость передачи данных)

во избежание снижения производительности предварительного кодирования в системе MU-MAS.

В другом варианте осуществления конкретное устройство UE перемещается за пределы зоны покрытия первой сети 301 DRAN в зону покрытия смежной сети 303 DRAN. В таком варианте осуществления точка VRI, связанная с этим устройством UE, «телепортируется» из первой сети 301 DRAN в смежную сеть 303 DRAN. Под «точкой, которую телепортируют» или «телепортацией точки VRI» понимают процесс передачи информации о состоянии точки VRI из сети 301 DRAN в сеть 303 DRAN, при котором точка VRI перестает функционировать в пределах сети 301 DRAN и начинает функционировать в пределах сети 303 DRAN. В идеальном варианте телепортация точки VRI происходит достаточно быстро с точки зрения устройства UE, обслуживаемого телепортированной точкой VRI, при этом оно не испытывает обрывов передачи потока данных от точки VRI. В одном варианте осуществления, если точка VRI после телепортации начинает функционировать с задержкой, перед телепортацией точки VRI устройство UE, обслуживаемое этой точкой VRI, переводят в состояние, в котором оно не будет прерывать соединение или иным образом переходить в нежелательное состояние до запуска точки VRI в смежной сети 303 DRAN, и точка VRI продолжит обслуживать устройство UE. Телепортацию точки VRI обеспечивает облачный диспетчер VCM 306, который соединяет диспетчер VCM в первой сети 301 DRAN с диспетчером VCM в смежной сети 303 DRAN. Проводные или беспроводные линии 307 связи между диспетчерами VCM не имеют таких ограничений, как линии 305 связи между диспетчерами VRM, поскольку они только передают данные и не влияют на производительность предварительного кодирования в системе MU-MAS. В аналогичном варианте осуществления изобретения между первой сетью 301 DRAN и смежной сетью 303 DRAN используют дополнительные линии 305 связи для соединения диспетчеров VRM этих сетей, которые могут обеспечивать соединение надлежащего качества (например, достаточно низкую задержку и достаточную скорость передачи данных) для предотвращения снижения производительности предварительного кодирования в системе MU-MAS. В одном варианте осуществления изобретения шлюзы первой и смежной сетей DRAN соединены с облачным шлюзом 308, который управляет трансляцией всех сетевых адресов (или IP-адресов) в сетях DRAN.

В одном варианте осуществления изобретения телепортация точки VRI происходит между сетью DRAN, описанной в настоящей заявке, и любой смежной беспроводной сетью 401, как показано на фиг. 4. Представленная в качестве примера, без ограничений, беспроводная сеть 401 может представлять собой любую традиционную сотовую сеть (например, GSM, 3G, HSPA+, LTE, LTE-A) или беспроводную локальную сеть (WLAN, например, Wi-Fi). Поскольку точку VRI телепортируют из сети DRAN в смежную беспроводную сеть 401, выполняют эстафетную передачу устройства UE из одной сети в другую, и беспроводное соединение продолжает функционировать.

В одном варианте осуществления смежная беспроводная сеть 401 представляет собой сеть LTE, показанную на фиг. 5. В таком варианте осуществления облачный диспетчер 502 VCM подключен к узлу 501 управления мобильностью (MME) стандарта LTE. Вся информация об идентификации, аутентификации и мобильности каждого устройства UE, передаваемая между сетями LTE и DRAN, передается между узлом 501 MME и облачным диспетчером 502 VCM. В аналогичном варианте осуществления узел MME соединяют с одной или множеством станций 503 eNodeB, подключенными к устройству 504 UE через беспроводную сотовую сеть. Станции eNodeB подключают к сети 507 через обслуживающий шлюз 505 (S-GW) и шлюз 506 сети пакетной передачи данных

(P-GW).

2. Системы и способы обработки нисходящей (DL) и восходящей (UL) линий связи в системе MU-MAS

Типичная нисходящая (DL) беспроводная линия связи состоит из ширококешательных физических каналов, передающих информацию для всей соты, и выделенных физических каналов с информацией и данными для конкретного устройства UE. Например, стандарт LTE определяет ширококешательные каналы, такие как P-SS и S-SS (используются для синхронизации на устройстве UE), MIB и PDCCH, а также каналы для передачи данных на конкретное устройство UE, такие как PDSCH. В одном варианте осуществления настоящего изобретения все ширококешательные каналы стандарта LTE (например, P-SS, S-SS, MIB, PDCCH) предварительно кодируют так, что каждое устройство UE принимает только предназначенную ему информацию. В другом варианте осуществления предварительно кодируют только одну часть ширококешательного канала, а другую не кодируют. В качестве примера, без ограничений, канал PDCCH содержит ширококешательную информацию, а также информацию, предназначенную для одного устройства UE, такую как DCI 1A и DCI 0, используемую для направления устройств UE на блоки ресурсов (RB), которые будут применены в каналах нисходящей (DL) и восходящей (UL) линий связи. В одном варианте осуществления ширококешательную информацию канала PDCCH предварительно не кодируют, но предварительно кодируют часть канала, содержащую DCI 1A и 0, таким образом, что каждое устройство UE получает только предназначенную ему информацию о блоках RB, передающих данные.

В другом варианте осуществления изобретения предварительное кодирование применяют ко всем каналам данных или только к их части, например к каналу PDSCH в системах LTE. При применении предварительного кодирования всего канала данных по варианту осуществления, описанному в настоящей заявке, система MU-MAS выделяет всю ширину полосы пропускания каждому устройству UE, и множество потоков данных от множества устройств UE разделяют посредством пространственной обработки. Однако в типичных сценариях большинству устройств UE, если не всем, не требуется вся ширина полосы пропускания (например, около 70 Мбит/с на устройство UE, пиковая скорость передачи данных по линии для конфигурации TDD № 2 в диапазоне частот 20 МГц). Затем в одном варианте осуществления система MU-MAS в настоящей заявке разделяет блоки RB линии DL на множество блоков, как в системах многостанционного доступа с ортогональным частотным разделением каналов (OFDMA) и назначает каждый блок подмножеству устройств UE. Все устройства UE в пределах одного блока разделяют посредством предварительного кодирования в системе MU-MAS. В другом варианте осуществления система MU-MAS выделяет разные подкадры линии DL разным подмножествам устройств UE, разделяя таким образом линию DL, как в системах TDMA. Еще в одном варианте осуществления система MU-MAS разделяет блоки RB линии DL на множество блоков между подмножествами устройств UE, как в системах OFDMA, и также выделяет разные подкадры линии DL разным подмножествам устройств UE, как в системах TDMA, используя таким образом OFDMA, и TDMA для разделения пропускной способности. Например, если в конфигурации TDD № 2 при 20 МГц доступно 10 точек AP, суммарная производительность линии DL составляет $70 \text{ Мбит/с} \times 10 = 700 \text{ Мбит/с}$. Если имеется 10 устройств UE, каждое устройство может одновременно получать 70 Мбит/с. Если имеется 200 устройств UE, и необходимо равномерно разделить суммарную пропускную способность, используя OFDMA, TDMA или их комбинацию, эти 200 устройств UE были бы разделены на 20 групп по 10 устройств UE, при этом каждое устройство UE получит $700 \text{ Мбит/с} \div 200 = 3,5 \text{ Мбит/с}$. В другом

примере, если для 10 устройств UE требуется 20 Мбит/с, а остальные устройства UE должны в равной мере использовать оставшуюся полосу, 10 устройств UE будут использовать $20 \text{ Мбит/с} \times 10 = 200 \text{ Мбит/с}$ из 700 Мбит/с, а оставшиеся $700 \text{ Мбит/с} - 200 \text{ Мбит/с} = 500 \text{ Мбит/с}$ будут разделены между оставшимися $200 - 10 = 190$

5 устройствами UE. При этом каждое из оставшихся 90 устройств UE получит $500 \text{ Мбит/с} \div 190 = 2,63 \text{ Мбит/с}$. Поэтому система MU-MAS может поддерживать гораздо большее количество устройств UE, чем имеется точек AP, а общую пропускную способность всех точек AP можно разделять между множеством устройств UE.

Для канала UL стандарт LTE определяет традиционные методики обеспечения 10 многостанционного доступа, такие как TDMA или SC-FDMA. В одном варианте осуществления настоящего изобретения предварительное кодирование в системе MU-MAS выполняют на линии DL таким образом, чтобы назначить предоставление линии UL разным устройствам UE для обеспечения методик многостанционного доступа TDMA и SC-FDMA. Таким образом, общую пропускную способность линии UL можно 15 разделять между устройствами UE, количество которых значительно превосходит количество точек AP.

Если устройств UE больше, чем точек AP, и общую пропускную способность разделяют между устройствами UE, как описано выше, в одном варианте осуществления система MU-MAS поддерживает точку VRI для каждого устройства UE, а диспетчер 20 VRM управляет точками VRI так, что точки VRI используют блоки RB и предоставления ресурса в соответствии с выбранной системой(-ами) OFDMA, TDMA или SC-FDMA, использованной(-ыми) для разделения общей пропускной способности. В другом варианте осуществления одна или более отдельных точек VRI могут поддерживать множество устройств UE и управлять планированием распределения пропускной 25 способности между этими устройствами UE посредством методик OFDMA, TDMA или SC-FDMA.

В другом варианте осуществления планирование распределения пропускной способности основано на балансировке нагрузки запросов пользователей с применением 30 любого из множества методик предшествующего уровня техники, в зависимости от политик и целевых показателей производительности системы. В другом варианте осуществления планирование зависит от требований к качеству обслуживания (QoS) для конкретных устройств UE (например, таких, которые оплачивают определенный уровень обслуживания, предоставляющий фиксированный уровень пропускной способности) или для определенных типов данных (например, видео для услуг 35 телевидения).

В другом варианте осуществления для улучшения качества линии связи выбирают приемную антенну линии UL. В данном способе диспетчер VRM оценивает качество канала линии UL на основании сигнальной информации, переданной устройствами UE (например, SRS, DMRS), и определяет лучшие приемные антенны для разных устройств 40 UE в линии UL. Затем диспетчер VRM назначает одну приемную антенну каждому устройству UE для улучшения качества его линии связи. В другом варианте осуществления выбор приемной антенны используют для уменьшения перекрестных помех между разными полосами частот, вызванных использованием схемы SC-FDMA. Существенное преимущество этого метода заключается в возможности передачи данных 45 устройством UE по линии UL только до ближайшей точки AP. В таком случае устройство UE может значительно снизить мощность передачи, необходимую для достижения ближайшей точки AP, продлевая таким образом время работы батареи. В аналогичном варианте осуществления используют разные коэффициенты масштабирования мощности

для канала передачи данных линии UL и сигнального канала линии UL. В одном примере осуществления мощность сигнального канала линии UL (например, SRS) увеличивают по сравнению с мощностью канала передачи данных для обеспечения оценивания информации CSI линии UL и предварительного кодирования в системе MU-MAS (с использованием принципа взаимности каналов UL/DL в системах TDD) от множества точек AP, при этом ограничивая мощность, необходимую для передачи данных линии UL. В аналогичном варианте осуществления диспетчер VRM регулирует уровни мощности сигнализации линии UL и канала данных линии UL посредством сигнализации линии DL на основании способов управления мощностью передачи, которые

выравнивают относительную мощность, передаваемую на разные устройства UE и принимаемую от них.

В другом варианте осуществления для улучшения качества сигнала, передаваемого от каждого устройства UE к множеству точек AP, на приемнике линии UL применяют объединение сигналов с максимальным отношением (MRC). В другом варианте осуществления для различения потоков данных, получаемых от разных областей когерентности устройств UE, к линии UL применяют метод обращения в ноль незначущих компонентов (ZF), или метод минимальной среднеквадратической ошибки (MMSE), или последовательное подавление помех (SIC), или прочие нелинейные методы или метод предварительного кодирования, используемый для предварительного кодирования линии DL. В аналогичном варианте осуществления пространственную обработку приемника применяют к каналу передачи данных линии UL (например, PUSCH), к каналу управления линии UL (например, PUCCH) или к обоим каналам.

3. Системы и способы одновременного использования диапазона частот в активно используемом диапазоне частот

Как подробно описано в разделе «Предпосылки создания изобретения» выше и показано на фиг. 6 и фиг. 7, использование мобильных данных резко изменилось с преобладания в значительной степени симметричных голосовых данных на преобладание высокоасимметричных неголосовых данных, в частности мультимедийных данных, таких как потоковое видео. Большинство развернутых сетей мобильной связи LTE в мире представляют собой сети FDD LTE, физический уровень которых показан в верхней половине фиг. 8, и который имеет фиксированные, симметричные восходящие линии связи (UL) и нисходящие линии связи (DL), в результате чего, в то время как каналы линии DL становятся все более перегруженными из-за экспоненциального роста данных в каналах линии DL относительно данных линии UL, каналы данных линии UL все чаще используют недостаточно.

Стандарт LTE также поддерживает режим TDD LTE (также называемый TD-LTE), структуру физического уровня которого показывают в нижней половине фиг. 8, при этом оператор мобильной связи может выбирать, будут ли каналы линии UL и DL симметричными (как показано на этой фигуре) или асимметричными (например, когда для одного из каналов линии DL или UL будет выделено больше подкадров), и в результате, если каналы линии DL становятся более перегруженными из-за экспоненциального увеличения объема данных линии DL относительно данных линии UL, оператор мобильной связи может решить выделить больше подкадров для DL, чем для UL. Например, в одной конфигурации TD-LTE для пропускной способности линий DL и UL поддерживают отношение 8 : 1, при котором для линии DL выделяют в 8 раз больше подкадров, чем для линии UL.

Если не принимать во внимание тот факт, что один из каналов системы TD-LTE является двунаправленным, структура и компоненты систем TD-LTE и FDD LTE

являются практически идентичными. В обоих режимах каждый кадр имеет длительность 10 мс и состоит из десяти подкадров, имеющих длительность 1 мс. Схемы модуляции и кодирования практически идентичны, а верхние уровни стека протоколов фактически являются одинаковыми. В обоих случаях эталонное время и опорную частоту для всего пользовательского оборудования (UE) (например, мобильных телефонов, планшетов) предоставляет станция eNodeB (базовая станция стека протоколов LTE) (по каналу линии DL в сетях FDD LTE и во время подкадров линии DL в сетях TD-LTE).

Следует отметить тот факт, что как в случае FDD, так и в случае TDD LTE сеть может быть сконфигурирована таким образом, что устройство UE сможет передавать данные линии UL только после получения предоставления от станции eNodeB посредством передачи линии DL. Таким образом, станция eNodeB не только контролирует, когда она передает данные линии DL, но она также контролирует, когда устройства UE могут передавать данные линии UL.

Кроме того, следует отметить тот факт, что в устройстве UE сети LTE FDD приемник настраивают только на его канал линии DL, при этом в нем нет приемника, настроенного на его канал линии UL. Поэтому устройство UE с режимом FDD не воспринимает какие-либо данные, которые передают по каналу линии UL другим устройством.

Кроме того, все устройства UE LTE, независимо, используют ли режим FDD или TDD, даже в тех случаях, когда их приемники настраивают на определенный канал, отличающийся от указанного всем устройствам UE (или конкретному устройству UE) с использованием определенных сигналов управления, с помощью которых поддерживают синхронизацию времени и подключение к сети или дают указания, в какое время и на какой частоте необходимо принимать данные, игнорируют те данные линии DL, которые не предназначены для них. Или, другими словами, только данные линии DL, имеющие отношение к конкретному устройству UE LTE и представляющие собой либо информацию управления, либо данные, которые передают устройству UE. В любое другое время, независимо от того, используют ли линию DL для другого устройства UE, не используют совсем или используют с целью, не предусмотренной стандартом LTE, устройство UE не принимает передачи от линии DL, которые не являются информацией управления или данными линии DL, относящимися к этому устройству UE. Таким образом, приемники LTE, независимо от того, используют ли режим FDD или TDD, получают только данные управления, предназначенные для всех устройств UE или для данного устройства UE, или принимают данные для данного устройства UE. Все другие передачи в канале линии DL игнорируют.

На фиг. 9 показано, как сети FDD и TDD могут одновременно использовать активно используемый диапазон частот FDD. На двух верхних строках с прямоугольниками, обозначенными «FDD LTE 910», показан один интервал кадра LTE (10 мс), состоящий из десяти интервалов подкадров 1 мс, как в каналах восходящей линии связи (UL), так и нисходящей линии связи (DL). На этой фигуре показан тип асимметричной передачи данных, которая становится все более типичной (например, при передаче по нисходящей линии связи потокового видео), при которой данных линии DL гораздо больше, чем данных линии UL. Прямоугольники со сплошным контуром, заполненные наклонными линиями (например, прямоугольник 912 и прямоугольники 911), обозначают подкадры, в которых передают данные, а пустые прямоугольники с пунктирным контуром (например, прямоугольники 914) обозначают неиспользуемые подкадры, в которых не передают никакие данные (т.е. в канале нет передач в течение интервала подкадра). Прямоугольники 911 представляют собой 2 из 10 подкадров линии DL, все из которых содержат данные. Прямоугольник 912 представляет собой 1 подкадр линии UL, который

имеет данные. Прямоугольники 914 представляют собой 3 из 9 неиспользуемых подкадров линии UL, в которых отсутствуют передачи данных.

На двух средних строках с прямоугольниками на фиг. 9, обозначенными «TDD LTE 920», показан один интервал кадра LTE (10 мс), состоящий из 10 интервалов подкадра по 1 мс, включающий в себя 2 «специальных» интервала подкадра, но, в отличие от строк FDD LTE 910, обе строки с прямоугольниками в строке с TDD LTE 920 не только совместно применяют один и тот же диапазон частот, но и используют один и тот же диапазон частот совместно с восходящей линией связи системы FDD. На этой фигуре показана асимметричная передача данных, при которой для передачи данных используют 4 подкадра линии DL и 3 подкадра линии UL. Прямоугольники со сплошным контуром, заполненные наклонными линиями (например, прямоугольник 921, прямоугольник 922 и прямоугольник 923), обозначают подкадры, в которых передают данные, а пустой прямоугольник с пунктирным контуром (например, прямоугольник 924) обозначает неиспользуемый подкадр, в которых не передают какие-либо данные (т.е. в канале нет передач данных в течение интервала подкадра). Прямоугольник 921 представляет собой 1 из 4 подкадров линии DL, каждый из которых содержит данные. Прямоугольник 922 представляет собой 1 из 3 подкадров линии UL, каждый из которых содержит данные. Прямоугольник 924 представляет собой 1 подкадр линии UL, в котором отсутствуют данные.

Третья пара строк с прямоугольниками на фиг. 9, обозначенная «FDD + TDD LTE 930», отображает один интервал кадра LTE (10 мс), состоящий из 10 интервалов подкадров по 1 мс, включающий 2 «специальных» интервала подкадров, и демонстрирует одновременную работу системы LTE FDD 910 и системы TDD LTE 920, при которой система TDD LTE 920 использует тот же диапазон частот, что и восходящая линия связи FDD LTE 910. Эти две системы не мешают друг другу, поскольку: (а) в течение интервала подкадра 912, в момент которого система FDD LTE 910 осуществляет передачу данных линии UL, в системе TDD LTE 920 используют интервал ожидания 924, при котором данные не передают ни по линии UL, ни по линии DL; и (b) в течение интервалов подкадра, в момент которых система TDD LTE 920 осуществляет передачу данных по линии UL или DL (например, 921, 923 и 922), в системе FDD LTE 910 используют интервалы ожидания линии UL (например, подкадры ожидания 914 линии UL), в течение которых отсутствует передача данных линии UL. Таким образом, две системы работают одновременно, используя один диапазон частот, не оказывая взаимного влияния друг на друга.

Для того чтобы сети FDD LTE 910 и TDD LTE 920 работали одновременно, используя один и тот же диапазон частот, их работа должна быть скоординирована либо одной станцией eNodeB, которая сконфигурирована для одновременной работы двух сетей в одном диапазоне частот, либо путем координации работы станции eNodeB существующей сети TDD LTE 920 и второго контроллера сети, которым может быть вторая станция eNodeB или другая система, которая совместима по способу синхронизации и структуре кадров, такая как распределенная антенная система MU-MAS C-RAN с распределенным входом — распределенным выходом, описанная в разделах 1 и 2 выше, а также в смежных патентах и заявках. В любом из этих случаев кадры обеих систем FDD LTE 910 и TDD LTE 920 должны быть синхронизированы не только по времени, но и по моменту выделения ресурса подкадра. Например, в случае, показанном на фиг. 9, система, управляющая системой FDD LTE 910, должна будет иметь данные о тех подкадрах линии UL TDD, которые доступны для использования на линии UL (например, что они не будут мешать сигналам управления на линии DL TDD, переданным в

подкадрах № 0 и № 5 для синхронизации времени и частоты на устройстве UE), и будет использовать один из этих подкадров для передачи своего подкадра 912 линии UL FDD. Если та же система также управляет системой TDD LTE 920, она также должна будет гарантировать отсутствие запланированной передачи линии UL от устройства TDD в течение этого подкадра 912, а если она не управляет системой TDD LTE 920, она должна будет сообщить системе, управляющей системой TDD LTE 920, о том, что не следует планировать передачу данных линии UL от устройства TDD во время подкадра 912. Конечно, возможна ситуация, когда системе FDD LTE 910 потребуется более одного подкадра линии UL в течение времени действия кадра, в этом случае ее контроллер будет использовать некоторые или все 3 подкадра 922 системы TDD LTE 920 для своих подкадров линии UL, соответствующим образом управляя этим или сообщая об этом, как описано выше. Обратите внимание на то, что возможна ситуация, при которой в некоторых кадрах по 10 мс все подкадры линии UL выделяют одной из сетей, при этом другой сети подкадры линии UL выделены не будут. Устройства LTE не гарантируют возможности передачи данных линии UL во время каждого кадра (например, когда сеть LTE перегружена, устройство LTE может ожидать возможности передачи множества кадров подряд перед предоставлением ему даже части подкадра линии UL), поэтому один вариант осуществления настоящего изобретения будет функционировать, когда одна сеть использует все доступные подкадры линии UL системы TDD LTE 920 в данном кадре (т.е. другая сеть испытывает нехватку подкадров линии UL). Тем не менее нехватка подкадров одной сети в течение слишком длительной последовательности кадров или возможность передачи слишком малого в совокупности количества кадров линии UL приведет к снижению производительности сети (например, к низкой пропускной способности линии UL или высокой двусторонней задержке), и в какой-то момент устройства LTE, подключенные к сети для передачи данных по линии UL, могут определить, что сеть не пригодна для использования, и отключатся от нее. В этом случае создание соответствующих приоритетов при планировании и парадигм для настройки баланса использования ресурсов подкадра линии UL между сетями FDD LTE 910 и TDD LTE 920 может привести к повышению общей производительности сети и улучшению взаимодействия с пользователем (и/или устройством UE).

Для балансировки использования ресурсов подкадра линии UL доступен один инструмент (и для удовлетворения приоритетов оператора сети), который не доступен в отдельной системе FDD LTE, но представляет собой дуплексные конфигурации сети TDD LTE, показанные на фиг. 10. На фиг. 9 показана дуплексная конфигурация 1 TDD LTE системы TDD LTE 920, при которой в 10 подкадрах кадра 10 мс размещают 4 подкадра линии UL, 4 подкадра линии DL и 2 специальных подкадра. Как видно на фиг. 10, существует несколько дуплексных конфигураций сети TDD LTE, которые можно использовать в зависимости от потребностей оператора мобильной связи и характеристик трафика данных, а также для балансировки использования ресурса подкадра линии UL согласно потребностям сети FDD LTE 910. Дуплексную конфигурацию сети TDD LTE также можно изменять по мере изменения характеристик трафика данных. С вариантами осуществления изобретения можно использовать любую из дуплексных конфигураций сети TDD LTE. Например, в конфигурации 1, показанной на фиг. 9, 1 подкадр линии UL был выделен для сети FDD и 3 подкадра линии UL были выделены для сети TDD. Если для сети FDD внезапно потребуется большая пропускная способность линии UL, во время следующего же кадра для сети FDD могут быть выделены 2 подкадра линии UL, при этом 2 подкадра остаются для сети TDD. Таким образом, выделение подкадра линии UL между сетями FDD и TDD может быть

чрезвычайно быстрым.

Обратите внимание на то, что при необходимости выделение ресурса линии UL между сетями FDD LTE 910 и TDD LTE 920 можно выполнять еще точнее, чем на основе подкадров. Можно выделять несколько блоков ресурсов в одном подкадре для устройств FDD, а остальные — для устройств TDD. Например, в стандарте LTE используют методику обеспечения многостанционного доступа SC-FDMA для канала линии UL. Таким образом, можно назначать каналы линии UL устройств FDD и TDD разным блокам ресурсов в пределах одного подкадра по схеме SC-FDMA.

Наконец, можно планировать передачу по линии UL системы FDD LTE 910, во время которой будут передаваться данные линии DL системы TDD LTE 920 или специальный подкадр. Одно соображение заключается в том, что устройства UE системы TDD LTE должны с достаточной регулярностью принимать сигналы управления линии DL системы TDD, используемые устройствами UE в сети TDD LTE для поддержания связей и поддержания синхронизации (например, широковещательные сигналы P-SS и S-SS, переданные в подкадрах № 0 и № 5), иначе устройства UE могут отключиться.

На фиг. 11 показана та же концепция, которая показана на фиг. 9 и описана выше, за исключением того, что в качестве совместно применяемого канала выступает канал линии DL FDD, а не канал линии UL FDD. То же заполнение подкадра и обозначение элементов, как и на фиг. 9, используют на фиг. 11, и, как можно видеть, ситуация с трафиком FDD является зеркальной, все подкадры канала линии UL сети FDD LTE 1110 используют для передачи данных, в то время как только 1 из подкадров канала линии DL сети FDD LTE 1110 используют для передачи данных, а все другие подкадры канала линии DL «простаивают» и не участвуют в передаче данных. Аналогичным образом все подкадры линии UL сети TDD LTE 1120 используют для передачи данных, в то время как все, кроме одного, подкадры линии DL сети TDD LTE 1120 используют для передачи данных, и в этом случае частота канала LTE сети TDD LTE 1120 совпадает с частотой канала линии DL сети FDD LTE 1110. Результат объединения сетей FDD LTE 1110 и TDD LTE 1120 показан в виде каналов FDD + TDD LTE 1120. Как и в случае с примером на фиг. 9, можно управлять этими двумя сетями с помощью одного контроллера или путем координации множества контроллеров с диспетчеризацией между ними для обеспечения функционирования обеих сетей согласно настройкам оператора сети, обеспечивая при этом достаточную производительность для пользователей и пользовательских устройств.

Обратите внимание на то, что устройства FDD, подключенные к сети FDD LTE 1110, используют линию DL для получения информации управления и синхронизации, а также для получения данных, и они должны принимать сигналы управления достаточно регулярно для сохранения подключения. В одном варианте осуществления изобретения устройства FDD используют широковещательные сигналы, переданные сетью TDD LTE 1120 в подкадрах линии DL (например, в подкадрах № 0 и № 5) для синхронизации времени и частоты. В другом варианте осуществления подкадры № 0 и № 5, используемые для передачи широковещательных сигналов, выделяют для сети FDD LTE 1110 и используют для передачи сигналов синхронизации времени и частоты на каждое устройство FDD.

Хотя, как было описано выше, обычно канал линии DL FDD намного больше перегружен, чем канал линии UL FDD, по определенным причинам оператор мобильной связи может захотеть совместно применять именно канал линии DL. Например, для некоторых каналов линии UL может существовать ограничение на использование только в качестве каналов линии UL, выданный регулирующим частотный диапазон

органом (например, из-за беспокойства о возможном интерференционном влиянии на соседние полосы частот из-за большой выходной мощности). Кроме того, когда оператор мобильной связи начнет предлагать устройства TDD, совместимые с его диапазоном частот FDD, оператор мобильной связи, скорее всего, увидит, что эти устройства используют диапазон частот более эффективно, чем устройства FDD, из-за чего он может прекратить продажи устройств FDD. По мере постепенной замены старых устройств FDD и увеличения процента устройств TDD оператор может захотеть выделить большую часть своего диапазона частот для устройств TDD, по-прежнему обеспечивая совместимость с остальными устройствами FDD на рынке.

Для этой цели, поскольку все меньше и меньше устройств FDD остается в эксплуатации, оператор может принять решение об использовании как полос UL, так и полос DL для работы в режиме TDD. Это показано на фиг. 12, на которой в сети FDD LTE 1210 используют только один подкадр для линии UL и один для линии DL, а остальные остаются незадействованными. Имеются две сети TDD LTE 1220 и 1230, каждая из которых использует соответственно каналы линий UL и DL системы FDD LTE 1210, в результате чего три сети совместно применяют два канала, как показано в строке FDD + TDD LTE 1240. Применяют все те же гибкие возможности и ограничения, которые были описаны ранее, при этом можно использовать один контроллер для всех 3 сетей или можно использовать множество контроллеров. Две сети TDD могут работать независимо друг от друга или с использованием методики агрегирования несущих частот.

Оператор также может полностью отказаться от использования режима TDD, а вместо этого может добавить вторую сеть FDD, работающую в том же диапазоне частот, что и существующая сеть FDD, но с переставленными каналами восходящей линии связи и нисходящей линии связи. Это показано на фиг. 13, где сеть FDD LTE 1310 используют очень асимметрично с преобладанием данных в канале линии DL, поэтому для канала линии UL используют только один подкадр, и вторую сеть FDD LTE 1320 также используют очень асимметрично с преобладанием данных в канале линии DL, но следует обратить внимание на то, что на фиг. 13 каналы сети FDD LTE 1320 переставлены местами, и канал FDD нисходящей линии связи показан выше канала FDD восходящей линии связи, что отличается от порядка расположения каналов в системе FDD LTE 1310 или от показанного на предыдущих фигурах. В случае обеих сетей FDD LTE 1310 и 1320 в канале линии DL остается один незадействованный подкадр линии DL, который соответствует одному кадру линии UL, который использует другая сеть. При объединении сетей, как показано в строке FDD + TDD LTE 1230, все подкадры в обоих каналах являются подкадрами линии DL, за исключением подкадров 1231 и 1232. Таким образом, 90% подкадров выделены для линии DL, что лучше соответствует претерпевшим изменения характеристикам мобильного трафика, чем симметричное выделение полос частот для линий UL и DL.

Кроме того, такая структура позволяет контроллеру (или контроллерам), который управляет сетью, динамически изменять количество подкадров на линиях UL и DL, выделенных каждой сети на основе принципа «подкадр за подкадром», обеспечивая чрезвычайно быструю адаптацию трафика линий UL/DL, несмотря на то, что устройства FDD используют обе сети.

Как и в случае с описанными выше комбинированными сетями FDD/TDD, те же ограничения применяют для режима работы FDD, а именно, что устройства LTE должны в достаточном объеме получать информацию управления и синхронизации для сохранения подключения и качественной работы, для чего им требуется достаточное

количество регулярно поступающих кадров линии UL.

Две сети FDD могут работать независимо друг от друга или с использованием технологии агрегирования несущих.

В другом варианте осуществления новая сеть (или сети) использует информацию управления, передаваемую по каналу линии DL существующей активной сети (например, сети FDD LTE 910, FDD LTE 1110, FDD LTE 1210 или FDD LTE 1310 на фиг. 9, 11, 12 и 13), с использованием того же канала (например, TDD LTE 920, TDD LTE 1120, TDD LTE 1220 и TDD LTE 1230 или FDD LTE 1320 на фиг. 9, 11, 12 и 13) для определения, какие подкадры, и/или блоки ресурсов, и/или другие интервалы будут оставаться незадействованными. Таким образом, новая(-ые) сеть(-и) может определять, когда она может передавать данные (на линии DL или UL), не мешая существующей активной сети. Этот вариант осуществления позволяет одновременно использовать полосу частот существующей активной сети без каких-либо изменений в существующей активной сети или без зависимости от каких-либо специальных подключений к контроллеру существующей активной сети, поскольку получение данных о том, что передается по линии DL от существующей активной сети, является задачей контроллера новой(-ых) сети(-ей). В другом варианте осуществления требуется единственное изменение в существующей активной сети, заключающееся в предоставлении возможности новой (-ым) сети(-ям) передавать необходимую информацию управления и синхронизации для поддержания соединения с устройствами UE. Например, существующая активная сеть могла быть выполнена с невозможностью передачи данных в течение времени, когда передают данные, необходимые для синхронизации времени и частоты, а в остальном ее работа остается неизменной.

Хотя приведенные выше варианты осуществления одновременной поддержки сетей в одном диапазоне частот в качестве примера используют стандарт LTE, подобные методики можно также использовать с другими протоколами беспроводной связи.

4. Одновременное использование распределенной антенны MU-MAS в активно используемом диапазоне частот

Методики распределенной антенной системы MU-MAS (которые вместе упоминаются как DIDO), описанные в разделах 1 и 2, а также в родственных патентах и заявках существенно увеличивают пропускную способность беспроводных сетей, повышают надежность и пропускную способность каждого устройства, а также позволяют снижать стоимость устройств.

По существу DIDO работает более эффективно в сетях TDD, чем в сетях FDD, поскольку линии UL и DL находятся в одном канале, в результате чего можно использовать тренировочную передачу, принятую в канале линии UL, для получения информации о состоянии канала для канала линии DL путем использования взаимности канала. Кроме того, как было описано выше, режим работы TDD по существу больше подходит для асимметричных мобильных данных, что позволяет более эффективно использовать диапазон частот.

Учитывая тот факт, что большинство развернутых в настоящее время в мире сетей LTE используют режим FDD, используя методики, описанные в разделе 3, можно разворачивать сеть TDD в диапазоне частот, активно используемом сетями FDD, а технологию DIDO можно использовать с этой новой сетью TDD, тем самым значительно увеличивая емкость диапазона частот. Это особенно важно, поскольку частоты УВЧ-диапазона распространяют сигнал гораздо лучше, чем частоты СВЧ-диапазона, но большинство частот УВЧ-диапазона уже используются сетями FDD. Объединив сети TDD на базе технологии DIDO с существующими сетями FDD, работающими в УВЧ-

диапазоне частот, можно обеспечивать развертывание исключительно эффективной сети TDD. Например, полоса 44 — это диапазон, используемый для работы в режиме TDD в полосе частот 703–803 МГц, накладывающийся на полосы частот систем FDD, работающих на частоте 700 МГц в США. Устройства, работающие в полосе 44, можно
 5 одновременно использовать в той же полосе частот, что и устройства FDD, работающие на частоте 700 МГц, обеспечивая использование технологии DTD TDD в основной полосе частот.

Технология DTD не накладывает новые значительные ограничения на методики объединения диапазона частот, описанные выше. Сеть DRAN 104, показанная на фиг.
 10 1, будет либо заменять существующую станцию eNodeBs в зоне покрытия, либо координировать работу с существующей станцией eNodeBs 401, как показано на фиг. 4, для каждой из методик совместного применения подкадров (или блоков ресурсов), описанных выше.

Следует отметить, что если система DTD управляет всей системой и предоставляет
 15 станцию eNodeB для сети FDD, то система DTD может использовать подготовительный сигнал, такой как сигнал SRS на линии UL от устройств FDD, для декодирования посредством пространственной обработки линии UL множества существующих устройств FDD одновременно и в той же полосе частот, соответственно, значительно увеличивая спектральную эффективность существующего канала линии UL системы
 20 FDD, а также снижая требуемую мощность на линии UL (и/или обеспечивая прием сигнала лучшего качества), поскольку распределенные точки AP DTD, скорее всего, находятся ближе к устройствам UE, чем одна базовая станция сотовой связи, а также могут использовать методики сложения сигналов, такие как объединение сигналов с максимальным отношением (MRC) или другие методики, которые описаны ранее для
 25 технологии DTD.

Таким образом, система DTD может заменять существующую станцию eNodeBs и одновременно использовать существующие полосы частот с устройствами DTD TDD, также применяя все преимущества технологии DTD на линии UL существующих устройств FDD, которые уже развернуты.

30 5. Снижение уровня помех в активно используемом диапазоне частот

Как было указано ранее, если сеть TDD развернута на частотах линий UL или DL из полосы частот, которая была выделена как полоса FDD, могут возникнуть проблемы с помехами в смежных полосах, связанные с выходной мощностью. Это может быть вызвано помехами внеполосного излучения (OOBE), и/или «блокировкой» приемника,
 35 или «снижением чувствительности» приемника. OOBE означает излучение энергии за пределами выделенной полосы. OOBE, как правило, имеет наибольшую мощность на частотах, непосредственно примыкающих к полосе передачи, и, как правило, ослабевает для частот, которые более удалены от полосы передачи. Термины «блокировка приемника» или «снижение чувствительности приемника» относятся ко входному
 40 усилителю приемника, у которого снижается чувствительность к требуемому внутриполосному сигналу из-за присутствия мощного внеполосного сигнала, как правило, в ближней полосе.

Когда регулирующие органы (например, FCC) выделяют диапазон частот в смежных полосах для использования множеством операторов мобильной связи или другими
 45 пользователями диапазона частот, как правило, устанавливают правила по ограничению OOBE и уровней мощности так, чтобы мобильные устройства (например, мобильные телефоны) и базовые станции можно было изготавливать в соответствии с фактическими характеристиками, учитывающими технологии, доступные на момент принятия

нормативного акта. Дополнительно учитывают существующих пользователей смежного диапазона частот и правила, в соответствии с которыми изготавливали эти устройства. Например, при новом выделении диапазона частот можно учитывать доступность технологии, которая будет обеспечивать лучшую работу при ООБЕ для лучшего отклонения мощных внеполосных передач по сравнению с технологией, которую применяли во время предыдущих выделений диапазона частот, при которых разворачивали более старую технологию, которая более чувствительна к ООБЕ и мощным внеполосным передачам. Поскольку зачастую нецелесообразно заменять базовые станции и мобильные устройства предыдущего поколения, при новых разворачиваниях следует придерживаться ограничений предыдущих разворачиваний, связанных с ООБЕ и мощной внеполосной передачей.

В случае разворачиваний TDD в полосах FDD существуют дополнительные ограничения, которых следует придерживаться. В паре FDD каждую из полос линий UL или DL выделяли с ожиданием соответственно передач только по линии UL или передач только по линии DL. Поскольку в TDD передачу осуществляют поочередно как по линии UL, так и по линии DL, то если разворачивание TDD осуществляют в полосе FDD, которая ранее была выделена как полоса только линии UL или только линии DL, она будет происходить в направлении передачи, которое не было спрогнозировано. Таким образом, для предотвращения создания помех TDD-передачами для ранее определенного использования FDD в смежном диапазоне частот, TDD-передачи в противоположном направлении для ранее определенного использования FDD должны соответствовать требованиям к излучению для текущего использования. Например, если TDD разворачивают в полосе линии UL FDD, UL-составляющая TDD-передачи не должна вызвать проблем, поскольку линия UL является направлением предварительно определенного использования. Однако поскольку DL-составляющая TDD-передачи имеет направление, противоположное ранее определенному использованию линии UL, как правило, TDD-передача по линии DL должна соответствовать требованиям к ООБЕ и мощным внеполосным передачам, определенным для передач по линии UL.

В случае разворачивания TDD в полосе линии UL UL-составляющая TDD-передачи, как правило, будет представлять собой передачу с мобильного устройства (например, мобильного телефона). Телефоны с FDD в смежных полосах и базовые станции в смежных полосах будут выполнены с возможностью разрешения передач по линии UL с мобильных телефонов в смежных полосах. Например, на фиг. 16a показана полоса UL полосы 7 FDD, разделенная на подполосы A–G. Мобильные телефоны и базовые станции с FDD, работающие в заштрихованной подполосе E, выполнены с возможностью осуществления передачи по линии UL в подполосах FDD A–D, F и G. Таким образом, если устройство TDD работает в смежной подполосе D (которая показана на фиг. 16b заштрихованной подполосой D полосы 41 TDD с той же частотой, что и в подполосе D полосы 7 FDD), мобильные телефоны и устройства базовой станции полосы 7 FDD не будут иметь проблем с UL-составляющей TDD-передачи в подполосе D полосы 41.

Но передача по линии DL в подполосе D полосы 41 TDD не входит в сценарий, определенный при выделении полосы 7 FDD или в мобильных телефонах и базовых станциях, выполненных с возможностью работы в этой полосе. Рассмотрим поочередно каждое устройство.

Что касается мобильного телефона с полосой 7 FDD в подполосе E, маловероятно, что на него будут негативно влиять передачи по линии DL базовой станции в смежной подполосе D полосы 41 TDD, поскольку приемник для полосы 7 мобильного телефона выполнен с возможностью отклонения передач по линии UL с других мобильных

телефонов, передающих в смежных полосах линии UL. При обычном использовании мобильные телефоны могут работать в пределах нескольких дюймов друг от друга (например, если два человека, сидящих рядом на стадионе, одновременно осуществляют звонки), что обеспечивает очень высокую мощность передачи, поступающей в приемник каждого телефона. Технологии (например, резонаторные фильтры) позволяют отклонять такие мощные передачи в ближней полосе, что позволяет мобильным телефонам, которые физически расположены вблизи других мобильных телефонов, использовать смежную полосу для передачи сигналов по линии UL без негативного влияния на прием по линии DL смежного мобильного телефона.

Однако случай, когда базовая станция с FDD в полосе 7 работает в подполосе E, отличается. Ее приемник выполнен с возможностью приема по линии UL от мобильных устройств в подполосе E полосы 7 FDD и отклонения линии UL от мобильных устройств в смежных подполосах A–D, F и G полосы 7 FDD. Он также выполнен с возможностью отклонения передач по линии DL в подполосе H полосы 38 TDD и по линии DL в полосе 7 FDD в подполосах A'–H', показанных на фиг. 16a. Таким образом, только сценарий базовой станции с FDD в полосе 7 не был выполнен для обеспечения возможности отклонения передач по линии DL от других базовых станций в подполосах A–D, F и G. Рассмотрим этот случай.

На фиг. 15a, 15b, 15c и 15d представлены четыре сценария передачи между базовой станцией 1510 (BTS) с TDD в полосе 41 на строении 1501 (например, здании, башне и т.д.), осуществляющей передачу в подполосе D, и базовой станцией 1530 (BTS) с FDD в полосе 7 на строении 1502, осуществляющей прием в подполосе E линии UL и передачу в подполосе E' линии DL. Сценарий

a. 15a: отсутствует тракт передачи между TDD BTS 1510 и FDD BTS 1530, поскольку он полностью перекрывается зданием 1505, и отсутствует многотрактный маршрут вокруг здания 1505, таким образом, ни один сигнал линии DL TDD не достигнет FDD BTS 1530.

b. 15b: между TDD BTS 1510 и FDD BTS 1530 существует только тракт, работающий в пределах прямой видимости (LOS). По тракту LOS очень мощный сигнал TDD линии DL достигает FDD BTS 1530.

c. 15c: между TDD BTS 1510 и FDD BTS 1530 существует тракт не прямой видимости (NLOS), но отсутствует тракт LOS. Хотя тракт NLOS может проходить через высокоэффективный отражатель (например, большую металлическую стенку), который расположен под точным углом таким образом, что мощность сигнала, достигающего FDD BTS 1530, приближается к мощности сигнала LOS, в реальной обстановке статистически маловероятно, что существует тракт NLOS, который по эффективности близок к тракту LOS. Напротив, в реальной обстановке существует вероятность того, что на тракт NLOS будут влиять объекты, которые отражают и рассеивают сигнал под различными углами, а также объекты, которые в большей или меньшей степени поглощают и преломляют сигнал. Кроме того, по определению тракты NLOS длиннее трактов LOS, что обуславливает большие потери в тракте передачи. Все эти факторы обуславливают значительные потери в тракте передачи для трактов NLOS по сравнению с трактами LOS. Таким образом, статистически в реальной обстановке вполне вероятно, что мощность сигнала TDD DL NLOS, принятого FDD BTS 1530, будет значительно ниже мощности сигнала TDD DL LOS, принятого FDD BTS 1530, как показано на фиг. 15b.

d. 15d: между TDD BTS 1510 и FDD BTS 1530 существует как тракт LOS, так и тракт NLOS. Этот сценарий по существу представляет собой совокупность сценариев 15b и

15с, в результате чего FDD BTS 1530 принимает совокупность очень мощного сигнала по тракту LOS от TDD BTS 1510, а также статистически значительно более слабого сигнала по тракту NLOS от TDD BTS 1510.

При рассмотрении в предыдущем абзаце четырех сценариев можно сделать вывод, что сценарий 15а не представляет проблемы, поскольку FDD BTS 1530 не принимает сигнал. В сценарии 15с с NLOS сигнал TDD DL BTS 1510 достигает FDD BTS 1530, но статистически он является значительно более слабым сигналом, чем сигнал LOS. Кроме того, в маловероятном, но возможном сценарии, в котором тракт NLOS представляет собой высокоэффективный отражатель, он часто может быть ухудшен при планировании объекта, например, вследствие изменения положения или повторного ориентирования антенны TDD DL BTS 1510 таким образом, что тракт NLOS перестает обеспечивать эффективное отражение. Сценарии 15b (LOS) и 15d (LOS + NLOS) являются проблемными сценариями вследствие того что каждый компонент LOS обеспечивает сигнал большой мощности в смежной полосе, который не разрешен для FDD BTS 1530.

Хотя применение компонентов NLOS в сценариях 15с и 15d безусловно может привести к приему станцией FDD BTS 1530 сигнала с более низкой мощностью в смежной полосе линии UL, FDD BTS 1530 выполнена с возможностью отклонения сигнала с более низкой мощностью, главным образом сигнала NLOS во всей полосе линии UL от мобильного устройства, например, с помощью резонаторных фильтров. Таким образом, если компонент LOS в сценариях 15b и 15d будет ослаблен и останется лишь компонент сигнала NLOS более низкой мощности (например, что маловероятно, без применения высокоэффективных отражений) согласно сценариям 15с и 15d, это приведет к приему станцией FDD BTS 1530 только передачи в полосе линии UL с допустимыми для нее уровнями мощности и, таким образом, будут разрешены передачи по линии DL от TDD BTS 1510 в полосе линии UL без прерывания работы FDD BTS 1530. Как отмечалось ранее, ни одно другое направление передачи в полосе линии UL FDD не приведет к нарушению работы смежной полосы и, таким образом, если будет ослаблен компонент передачи LOS станции TDD DL BTS 1510 на FDD BTS 1530, можно использовать полосы линии UL FDD для осуществления двунаправленной операции TDD без прерывания работы в смежной полосе FDD.

Как было ранее описано в родственных патентах и заявках, многопользовательская многоантенная система (MU-MAS), такая как система DIDO, технология, предлагаемая под товарным знаком pCell™, или другие многоантенные системы выполнены с возможностью использования информации о состоянии канала (CSI) в местоположении пользовательской антенны либо для синтеза когерентного сигнала в местоположении пользовательской антенны, либо для синтеза нуля (т.е. нулевую РЧ-энергию) в этом местоположении. Как правило, такую CSI определяют из внутрисполосного (IB) подготовительного сигнала, переданного либо с базовой станции на пользовательское устройство, причем пользовательское устройство в ответ передает информацию CSI, либо с пользовательского устройства на базовую станцию, причем базовая станция использует взаимность для определения CSI в виде местоположения пользовательской антенны.

В одном варианте осуществления система MU-MAS, изображенная на фиг. 14 и функционирующая, как описано выше в разделах 1–4, оценивает CSI в каждом местоположении 111 UE, синтезируя независимые pCell 103 ($pCell_1, pCell_2, \dots pCell_M$) в одной и той же полосе частот в каждом местоположении 111 UE с помощью сигнала от каждого из соответствующих VRI 106 ($VRI_1, VRI_2, \dots VRI_M$). В дополнение к оценке CSI в каждом местоположении 111 UE, как описано выше в разделе 1–4, в этом варианте

осуществления система MU-MAS также оценивает CSI на каждой антенне 1403, показанной на строениях 1431–1433, и, поскольку она синтезирует pCell 103 в каждом местоположении 111, она также одновременно синтезирует pCell 1411 (pCell 1..7, 8..14 и (b-6)..b, (обобщенно, pCell_{1..b})) в месте расположения каждой антенны 1403, причем
 5 все pCell работают в одной и той же полосе частот. Но в отличие от pCell 103, каждая из которых содержит синтезированный сигнал от своей соответствующей VRI, каждая pCell 1411 является нулевой с нулевой РЧ-энергией.

В одном варианте осуществления нулевые pCell 1411, описанные в предыдущем абзаце, синтезируют путем инстанцирования VRI 1466, которые обеспечивают сигналы
 10 с плоской вершиной (постоянный ток (DC_{1..b})) на VRM 108. В другом варианте осуществления их вычисляет VRM как нулевые местоположения с использованием методик, ранее описанных в родственных патентах и заявках, для синтеза вкладов нулевого сигнала (нулевой РЧ-энергии) в местоположениях антенн.

Если для оценивания CSI в местоположении каждой антенны 1403 используют
 15 внутриполосный (IB) подготовительный сигнал с использованием методик, описанных в разделах 1–4, а также в родственных патентах и заявках, будет получена более точная оценка CSI. Например, если полоса передачи pCell составляет от 2530 до 2540 МГц, т.е. полоса D на фиг. 16b, в случае применения подготовительного сигнала в том же
 20 диапазоне частот 2530–2540 будет получена высокоточная оценка CSI. Однако, если в местоположении антенны для оценивания CSI используют внеполосный (OOB) сигнал (например, 2660–2670 МГц) вместо сигнала IB (например, 2530–2540 МГц, полоса E' на фиг. 16a) такая оценка OOB CSI будет достаточно точной, только если канал является
 25 «равномерным по частоте» между частотами IB и OOB. Равномерность по частоте означает, что канал имеет равномерное затухание на частотах IB и OOB, причем сигналы на каждой из частот IB и OOB характеризуются одинаковой величиной затухания. Если частоты IB и OOB характеризуются избирательным затуханием, т.е. частотные составляющие частот IB и OOB характеризуются некоррелированным затуханием, оценка CSI, полученная из сигнала OOB, может быть не очень точной для сигнала IB. Таким образом, если полоса E' по фиг. 16a является равномерной по частоте
 30 относительно полосы D по фиг. b, можно использовать подготовительный сигнал в полосе E' для получения высокоточной CSI для полосы D. Однако, если полоса E' имеет значительное избирательное затухание относительно полосы D, подготовительный сигнал из полосы E' не обеспечит точную CSI для полосы D.

Сигнал только с компонентом LOS в свободном пространстве, в котором отсутствует
 35 компонент NLOS (например, как показано на фиг. 15b), находится в равномерном по частоте канале. Таким образом, если LOS является единственным компонентом сигнала, можно использовать сигнал OOB для точного оценивания CSI для сигнала IB в местоположении пользовательской антенны. Однако во многих реальных ситуациях
 40 развертывания не существует чистый сигнал LOS, а скорее совершенно отсутствует сигнал (см., например, фиг. 15a), присутствует только сигнал NLOS (см. например, фиг. 15c) или присутствует комбинированный сигнал из LOS и NLOS (например, фиг. 15d).

Если сигнал OOB используют для оценивания CSI антенны FDD BTS 1530 применительно к условиям антенны 1510 TDD BTS, будут получены следующие
 45 результаты для каждого из сценариев по фиг. 15a, 15b, 15c и 15d:

a. 15a: сигнал отсутствует, так что CSI не будет получена.

b. 15b: при наличии в канале только LOS будет получена CSI, которая всегда будет точной.

c. 15c: в случае наличия только NLOS будет получена CSI, которая не всегда точна

из-за возможности возникновения избирательного затухания от канала с наличием только NLOS.

d. 15d: LOS + NLOS, полученная в результате CSI будет представлять собой комбинацию компонентов CSI, в которой компонент NLOS не всегда точен, а компонент LOS всегда точен.

Назовем CSI, полученную из чистого канала LOS, C_L , CSI, полученную из канала с наличием только NLOS, C_N , и CSI, полученную из канала с комбинацией чистых компонентов LOS и NLOS, C_{LN} . Можно сформулировать CSI для комбинации LOS и NLOS как $C_{LN} = C_L + C_N$.

В случае наличия только канала LOS между точками доступа 109 ($AP_{1..N}$) и антеннами 1403 по фиг. 14 для каждой антенны 1403 существует только компонент CSI C_L .

Поскольку каналы только с LOS-составляющей являются равномерными по частоте, если для получения CSI используют сигнал OOB, CSI для каждой антенны 1403 по-прежнему будет точным. Таким образом, при использовании сигнала OOB для получения CSI сигнал LOS от каждой точки AP 109 будет обнулен с высокой степенью точности в местоположении каждой антенны 1403, что приведет к тому, что каждая антенна 1403 получит слабый или вообще не обнаруживаемый сигнал от передач с точек AP 109.

Для канала с наличием только NLOS-составляющей между точками AP 109 и антеннами 1403 для каждой антенны 1403 существует только компонент CSI C_N . Если сигнал OOB используют для получения CSI, CSI для каждой антенны 1403 будет более или менее точной в зависимости от равномерности частоты канала. Таким образом, при использовании сигнала OOB для получения CSI сигнал NLOS от каждой точки AP 109 будет либо полностью обнулен (в случае канала с идеально равномерной частотой), либо частично обнулен, либо не обнулен вообще в зависимости от степени частотной избирательности канала. Если обнуления сигналов NLOS не происходит, каждая антенна 1403 будет принимать некоторую случайную сумму сигналов NLOS от точек AP 109. Таким образом, может происходить некоторое снижение мощности сигнала NLOS на пути от точек AP 109 к антеннам 1403, но мощность сигнала NLOS будет не выше мощности сигнала NLOS, который был бы принят, если бы CSI не была применена для попытки обнуления сигналов NLOS.

В случае применения комбинированного канала с LOS и NLOS между точками AP 109 и антеннами 1403 CSI представляет собой комбинацию компонентов LOS и NLOS $C_{LN} = C_L + C_N$ для каждой антенны 1403. Если сигнал OOB используют для получения CSI, компонент C_L для CSI для каждой антенны 1403 будет высокоточным, а CSI для компонента C_N будет более или менее точным в зависимости от равномерности канала по частоте. Компонент C_L для CSI влияет на обнуление компонента LOS сигнала между точками AP 109 и антеннами 1403, тогда как компонент C_N для CSI влияет на обнуление компонента NLOS сигнала между точками AP 109 и антеннами 1403. Таким образом, при использовании сигнала OOB для получения CSI будет регулярно происходить полное обнуление сигнала LOS от каждой точки AP 109, а обнуление сигнала NLOS от каждой точки AP 109 будет происходить в большей или меньшей степени, в зависимости от степени частотной избирательности канала. Таким образом, в конечном итоге компоненты LOS передач от точек AP 109 будут полностью обнулены, а компоненты NLOS передач от точек AP 109 будут иметь мощность сигнала не больше мощности, которая была бы принята антеннами 1403, если бы CSI не была применена для попытки обнуления сигналов NLOS.

Как отмечалось выше, в сценариях, показанных на фиг. 15a, 15b, 15c и 15d, проблемные сценарии возникают, когда FDD BTS 1530 принимает компонент LOS станции TDD BTS 1510. Обычно прием станцией FDD BTS 1530 компонента NLOS TDD BTS 1510 не является проблемой. Рассмотрим вариант осуществления MU-MAS, описанный в предыдущих абзацах. Если TDD BTS 1510 является одной из точек AP 109 по фиг. 14, а FDD BTS 1530 является одной из антенн 1403, передача с TDD BTS 1530 будет полностью обнулена на FDD BTS 1530, если подготовительный сигнал, используемый для определения CSI для антенн 1403, является сигналом IB. Если подготовительный сигнал, используемый для определения CSI для антенн 1403, является сигналом OOB, передача LOS с TDD BTS 1530 будет полностью обнулена на FDD BTS 1530, а передача NLOS с TDD BTS 1530 на FDD BTS 1530 будет не хуже, чем в случае, если бы CSI не была применена для попытки обнуления сигналов NLOS. Таким образом, подготовительный сигнал OOB от антенны 1530 будет инициировать полное обнуление любого компонента LOS передачи с антенны 1510, но не будет инициировать ни надежное обнуление, ни усиление какого-либо компонента NLOS передачи с антенны 1510.

Поскольку проблематичным является только компонент LOS сигнала, переданного с антенны 1510, и он был обнулен, а компонент NLOS антенны 1510 не является проблематичным и не будет ухудшаться, таким образом, получаем вариант осуществления, в котором TDD BTS 1530 может работать в системе MU-MAS, такой как показанная на фиг. 14, в диапазоне частот UL FDD без существенного нарушения функционирования приемника FDD BTS в смежной полосе при условии, что доступен по меньшей мере сигнал OOB от FDD BTS.

В случае применения множества систем FDD такой сигнал OOB обязательно доступен. Например, на фиг. 16a FDD BTS 1530, которая осуществляет прием по линии UL в подполосе E, одновременно осуществляет передачу по линии DL в подполосе E'. Хотя трафик данных может изменяться в подполосе DL, сигналы управления, как правило, (например, в стандарте LTE) передают повторно. Таким образом, можно использовать по меньшей мере эти сигналы управления линии DL в качестве подготовительного сигнала OOB, используемого для определения CSI для FDD BTS 1530 с использованием методик взаимности, описанных ранее в родственных патентах и заявках, и применения CSI, полученной с применением взаимности каналов передачи линии DL от FDD BTS 1530 (соответствующей антеннам 1403 на фиг. 14) в подполосе E', для создания нулевого значения на FDD BTS 1530 (соответствующей антеннам 1403 на фиг. 14) в подполосе D одновременно с передачей TDD DL от TDD BTS 1510 (соответствующей точкам AP 109 на фиг. 14) на устройствах UE в местоположениях 111. Компонент LOS передачи TDD DL в подполосе D от TDD BTS 1510 (соответствует точкам AP 109 на фиг. 14) будет полностью обнулен на FDD BTS 1530 (соответствует антеннам 1403 на фиг. 14), а компонент NLOS передачи TDD DL в подполосе D будет не хуже, чем в случае без выполнения обнуления компонента LOS.

В дополнение к созданию нулевого значения для передач TDD DL в местоположении из местоположений 1530 FDD BTS в пределах ширины полосы пропускания передач TDD DL также желательно обнулить OOBЕ высокой мощности из передачи TDD DL в местоположениях FDD BTS. Поскольку OOBЕ из компонента LOS находится в равномерном по частоте канале, при обнулении внутриполосного компонента LOS также происходит обнуление OOBЕ из компонента LOS. Однако в той степени, в которой компонент NLOS находится в частотно-избирательном канале, OOBЕ компонента NLOS не будут обнулены, но они будут не хуже, чем OOBЕ из NLOS в случае без попытки

обнуления компонента LOS. Мощность OOBЕ при каждой из передач LOS и NLOS пропорциональна соответственно мощности внутриполосных передач LOS и NLOS. Таким образом, обнуление OOBЕ при передаче LOS и обеспечение не худших OOBЕ при передаче NLOS по сравнению с противоположным случаем, предназначенных для
 5 наиболее мощного и наиболее проблемного компонента OOBЕ, LOS, позволяет получать не худший менее проблемный компонент NLOS.

Базовые станции с FDD, как правило, имеют множество антенн для разнесения, формирования луча, MIMO или для других целей. Согласно этому сценарию, изображенному на фиг. 14, на каждом строении 1431–1433 имеется множество антенн
 10 1411. Таким образом, вместо одиночной антенны 1530 FDD BTS, изображенной на фиг. 15a, 15b, 15c и 15d, как правило, будет применено множество антенн 1411 FDD BTS. Когда любые такие антенны осуществляют передачу, описанная выше и изображенная на фиг. 14 система MU-MAS будет принимать передачу от каждой из антенн 1411, которую она будет использовать для получения CSI для каждой антенны и обнуления
 15 компонента LOS из передач от точек AP 109 на эту антенну. В другом варианте осуществления нулевые значения будут созданы только для некоторых антенн 1411 BTS. Например, можно не применять некоторые из антенн 1411 при приеме по линии UL, и для них не потребуются создавать нулевое значение.

При широкомасштабном развертывании вышеупомянутых вариантов осуществления
 20 многие антенны TDD BTS и смежные антенны FDD BTS смежной подполосы будут распределены по большой зоне покрытия (например, город, регион, страна или континент). Конечно, не все антенны будут находиться в пределах досягаемости друг от друга и, таким образом, необходимо будет только обнулить передачу TDD BTS DL, которая характеризуется достаточными уровнями мощности для создания помех для
 25 данной антенны FDD BTS. В одном варианте осуществления VRM 108 принимает от точек AP 109 передачи TDD BTS DL от антенн 1403 FDD FTS и оценивает уровень мощности, поступающей от точек AP 109 TDD BTS на каждую антенну 1403 FDD BTS от каждой точки AP 109 TDD BTS. Для выполнения этой оценки можно использовать различные средства, включая использование взаимности каналов. VRM 108 синтезирует
 30 только нулевые значения на антеннах 1403 FDD BTS, которые будут принимать OOBЕ или мощность блокировки приемника/снижения чувствительности приемника выше заданного порогового значения. Можно устанавливать пороговое значение с любым уровнем, включая, без ограничений, пороговые значения, которые определены как пороговое значение помехи или пороговое значение, установленное регламентами для
 35 диапазона частот.

Нулевые pCell 1411 аналогичны pCell 103, передающим сигнал, поскольку им требуются вычислительные ресурсы и ресурсы точек AP 109. Таким образом, предпочтительно минимизировать количество ресурсов точек AP 109, необходимых для создания нулевых pCell во всей зоне покрытия. В другом варианте осуществления
 40 можно использовать методики кластеризации, например, ранее описанные в родственных патентах и заявках, для уменьшения количества точек AP 109, требуемых для синтеза pCell 103, необходимых для пользовательских устройств, и pCell 1411, необходимых для обнуления антенн 1403 во всей зоне покрытия.

Описанные выше варианты осуществления обеспечивают создание нулевых значений
 45 для антенн FDD DL, которые не обладают информацией об осуществлении режима TDD в смежном диапазоне частот. В другом варианте осуществления антенны FDD DL обладают информацией об осуществлении TDD в смежном диапазоне частот и взаимодействуют с системой TDD. В одном варианте осуществления антенны 1403 FDD

DL регулярно передают подготовительный сигнал в пределах полосы TDD (например, такой как сигнал LTE SRS), который обеспечивает для системы MU-MAS по фиг. 14 IB-эталон для определения точной CSI для антенн 1403 FDD DL. С помощью точной CSI VRM 108 сможет синтезировать нулевое значение для обоих компонентов LOS и NLOS, что позволит использовать передачу TDD DL очень высокой мощности в смежном диапазоне частот, поскольку даже сигнал NLOS будет обнулен. В другом варианте осуществления передача FDD DL представляет собой время и/или частоту, перемежающиеся с подготовительными сигналами от устройств UE (такими как SRS) или TDD DL BTS. В другом варианте осуществления антенны 1403 FDD DL также передают подготовительный сигнал IB в собственном диапазоне частот линии UL (например, выбирая время отсутствия одновременной активности в линии UL), который VRM 108 может использовать для определения CSI OOBЕ и создания нулевых значений для NLOS, а также LOS OOBЕ.

В другом варианте осуществления антенны 1403 являются антеннами TDD, используемыми в смежном диапазоне частот TDD. Когда смежные системы TDD синхронизируют в линии UL и DL, происходит сведение к минимуму помех от OOBЕ и блокировок приемника/снижения чувствительности приемника, поскольку все BST одновременно находятся в режиме передачи или приема. Иногда необходимо, чтобы смежная система TDD работала без синхронизации времени линий DL и UL, например, если для смежных сетей требуется разное соотношение линий DL и UL или если в них установлены разные требования к задержке, например, если в одной сети требуются меньшие интервалы линий DL или UL для уменьшения двусторонней задержки. В этих сценариях смежные полосы будут использованы одновременно в линиях UL и DL. Можно использовать вышеописанные методики в одной или обеих системах для синтеза нулевых значений на антеннах BST другой системы в течение интервалов линии DL. Согласно вышеописанным методикам можно обнулять одну или обе из внутрисполосной и OOBЕ передач, кроме того, либо обнуляют компонент LOS, либо компонент NLOS.

В одном варианте осуществления один и тот же диапазон частот для системы MU-MAS по фиг. 14 используют для обеспечения наземных услуг беспроводной связи и его одновременно используют в качестве полосы линии DL (т.е. для передач, направленных в небо) для воздушного судна. Хотя система MU-MAS предназначена для наземного использования, если воздушное судно попадает в диаграмму направленности антенн точек AP 109, тракт от точек AP 109 к воздушному судну будет LOS или в значительной степени LOS и потенциально может создавать помехи для линии DL к воздушному судну. В случае приема линии UL (т.е. передачи, направленной к земле) от воздушного судна VRM может устанавливать CSI для антенн воздушного судна с помощью описанных ранее методик и, таким образом, синтезировать нулевое значение в местах расположения антенн воздушного судна. Поскольку тракт к воздушному судну является трактом LOS, CSI может быть очень точной, даже если сигнал линии UL воздушного судна является OOB. Следовательно, таким образом можно одновременно использовать диапазон частот в линии DL воздушного судна. Это очень эффективное использование диапазона частот, поскольку воздушные суда пролетают не очень часто, и если бы диапазон частот был зарезервирован исключительно для воздушных судов, большую часть времени он был бы незадействован.

В другом варианте осуществления антенну (-ы) воздушного судна рассматривают как одно или более устройств UE наряду с наземными устройствами UE, и когда воздушное судно пролетает в пределах диапазона действия системы MU-MAS,

показанной на фиг. 14, оно использует пропускную способность линий UL и DL так же, как любые другие устройства UE. Для увеличения пропускной способности для воздушного судна можно использовать множество антенн. Можно располагать эти антенны на расстоянии друг от друга на или в воздушном судне и можно поляризовать их для увеличения пропускной способности. Люди в воздушном судне могут также использовать свои устройства (например, мобильные телефоны) в том же диапазоне частот, подключаясь к той же системе MU-MAS. MU-MAS будет создавать независимые рCell для антенн воздушного судна и пользовательских устройств UE.

Варианты осуществления настоящего изобретения могут включать в себя различные этапы, как описано выше. Такие этапы можно реализовать в исполняемых компьютером командах, которые можно использовать для инициирования выполнения этапов универсальным или специализированным процессором. В альтернативном варианте осуществления специализированные аппаратные компоненты, которые содержат аппаратную логику выполнения этапов, или любые комбинации программируемых компьютерных компонентов и специальных аппаратных компонентов могут выполнять эти этапы.

Как описано в настоящем документе, инструкции могут относиться к определенным конфигурациям аппаратного обеспечения, таким как специализированные интегральные схемы (ASIC), выполненные с возможностью осуществления определенных операций или имеющие предварительно заданные функциональные возможности, или к программным инструкциям, хранящимся в памяти, встроенной в энергонезависимый машиночитаемый носитель. Поэтому методики, показанные на фигурах, можно реализовать с помощью кода и данных, хранящихся и исполняемых на одном или более электронных устройствах. Такие электронные устройства хранят и передают (внутри системы и/или с помощью других электронных устройств по сети) код и данные с использованием машиночитаемых электронных носителей, таких как энергонезависимые машиночитаемые электронные носители данных (например, магнитные диски; оптические диски; оперативное запоминающее устройство; постоянное запоминающее устройство; устройства флеш-памяти; запоминающее устройство на фазовых переходах) и временные машиночитаемые электронные средства обмена данными (например, электрические, оптические, акустические распространяющиеся сигналы или распространяющиеся сигналы других форм, такие как несущие волны, инфракрасные сигналы, цифровые сигналы и т.д.).

В представленном подробном описании для целей объяснения приведены многочисленные конкретные подробности, чтобы обеспечить полное понимание настоящего изобретения. Однако специалисту в данной области будет очевидно, что настоящее изобретение можно использовать без некоторых из таких конкретных подробностей. В некоторых примерах хорошо известные структуры и функции не описывали подробно, чтобы облегчить понимание объекта настоящего изобретения. Соответственно, объем и сущность изобретения необходимо рассматривать с точки зрения формулы изобретения, приведенной далее.

(57) Формула изобретения

1. Система беспроводной связи, содержащая:

первую беспроводную сеть, работающую в режиме дуплексной передачи с временным разделением каналов (TDD) и содержащую множество беспроводных приемопередающих станций, которые выполнены с возможностью совместно использовать один и тот же идентификатор соты и совместно передавать множество одновременных

неинтерферирующих предварительно кодированных потоков данных множеству устройств пользовательского оборудования (UE) в пределах одной полосы частот, вторую беспроводную сеть, работающую в режиме дуплексной передачи с частотным разделением каналов (FDD) и содержащую одну или множество антенн,

5 причем первая беспроводная сеть создает одну или множество точек с нулевой радиочастотной (РЧ) энергией в месте расположения по меньшей мере одной из множества антенн.

2. Система по п. 1, в которой точки с нулевой РЧ-энергией создают для уменьшения внеполосного излучения (OOBE) или блокировки от первой беспроводной сети ко
10 второй беспроводной сети.

3. Система по п. 1, в которой первая беспроводная сеть представляет собой многопользовательскую многоантенную систему (MU-MAS), в которой используют предварительное кодирование для создания точек с нулевой РЧ-энергией.

4. Система по п. 3, в которой предварительное кодирование вычисляют на основании
15 информации о состоянии канала (CSI) между множеством беспроводных приемопередающих станций первой беспроводной сети и одной или множеством антенн второй беспроводной сети.

5. Система по п. 4, в которой CSI оценивают с использованием внутripолосных или внеполосных подготовительных сигналов, отправленных по множеству беспроводных
20 линий связи между беспроводными приемопередающими станциями и одной или множеством антенн.

6. Система беспроводной связи, содержащая:

первую беспроводную сеть, работающую в режиме дуплексной передачи с временным разделением каналов (TDD) и содержащую множество беспроводных приемопередающих станций, которые выполнены с возможностью совместно использовать
25 один и тот же идентификатор соты и совместно передавать множество одновременных неинтерферирующих предварительно кодированных потоков данных множеству устройств пользовательского оборудования (UE) в пределах одной полосы частот,

вторую беспроводную сеть, работающую в режиме дуплексной передачи с частотным
30 разделением каналов (FDD) и содержащую одну или множество антенн,

причем первая беспроводная сеть создает одну или множество точек с нулевой радиочастотной (РЧ) энергией в месте расположения по меньшей мере одной из множества антенн, а

35 вторая беспроводная сеть не обладает информацией о работе режима TDD в первой беспроводной сети.

7. Система беспроводной связи, содержащая:

первую беспроводную сеть, работающую в режиме дуплексной передачи с временным разделением каналов (TDD) и содержащую множество беспроводных приемопередающих станций, которые выполнены с возможностью совместно использовать
40 один и тот же идентификатор соты и совместно передавать множество одновременных неинтерферирующих предварительно кодированных потоков данных множеству устройств пользовательского оборудования (UE) в пределах одной полосы частот,

вторую беспроводную сеть, работающую в режиме дуплексной передачи с частотным разделением каналов (FDD) и содержащую одну или множество антенн,

45 причем первая беспроводная сеть создает одну или множество точек с нулевой радиочастотной (РЧ) энергией в месте расположения по меньшей мере одной из множества антенн, а

вторая беспроводная сеть обладает информацией о работе режима TDD в первой

беспроводной сети.

8. Система беспроводной связи, содержащая:

первую беспроводную сеть, работающую в режиме дуплексной передачи с временным разделением каналов (TDD) и содержащую множество беспроводных приемо-
5 передающих станций, которые выполнены с возможностью совместно использовать один и тот же идентификатор соты и совместно передавать множество одновременных неинтерферирующих предварительно кодированных потоков данных множеству устройств пользовательского оборудования (UE) в пределах одной полосы частот,

вторую беспроводную сеть, работающую в режиме дуплексной передачи с частотным
10 разделением каналов (FDD) и содержащую одну или множество антенн,

причем первая беспроводная сеть создает одну или множество точек с нулевой радиочастотной (РЧ) энергией в месте расположения по меньшей мере одной из множества антенн, и

первая беспроводная сеть обеспечивает наземные услуги беспроводной связи, а
15 вторая беспроводная сеть обеспечивает услуги беспроводной связи для воздушных судов.

9. Способ осуществления связи по сети, содержащий:

первую беспроводную сеть, работающую в режиме TDD и содержащую множество беспроводных приемо-передающих станций, которые совместно используют один и
20 тот же идентификатор соты и совместно передают множество одновременных неинтерферирующих предварительно кодированных потоков данных множеству устройств пользовательского оборудования (UE) в пределах одной полосы частот,

вторую беспроводную сеть, работающую в режиме FDD и содержащую одну или множество антенн,

причем первая беспроводная сеть создает одну или множество точек с нулевой радиочастотной (РЧ) энергией в месте расположения по меньшей мере одной из
25 множества антенн.

10. Способ по п. 9, согласно которому точки с нулевой РЧ-энергией создают для уменьшения внеполосного излучения (OOBE) или блокировки от первой беспроводной
30 сети ко второй беспроводной сети.

11. Способ по п. 9, согласно которому первая беспроводная сеть представляет собой многопользовательскую многоантенную систему (MU-MAS), в которой используют предварительное кодирование для создания точек с нулевой РЧ-энергией.

12. Способ по п. 11, в котором предварительное кодирование вычисляют на основании
35 информации о состоянии канала (CSI) между множеством беспроводных приемо-передающих станций первой беспроводной сети и одной или множеством антенн второй беспроводной сети.

13. Способ по п. 12, в котором CSI оценивают с использованием внутриполосных или внеполосных подготовительных сигналов, отправленных по множеству
40 беспроводных линий связи между беспроводными приемо-передающими станциями и одной или множеством антенн.

14. Способ осуществления связи по сети, содержащий:

первую беспроводную сеть, работающую в режиме TDD и содержащую множество беспроводных приемо-передающих станций, которые совместно используют один и
45 тот же идентификатор соты и совместно передают множество одновременных неинтерферирующих предварительно кодированных потоков данных множеству устройств пользовательского оборудования (UE) в пределах одной полосы частот,

вторую беспроводную сеть, работающую в режиме FDD и содержащую одну или

множество антенн,

причем первая беспроводная сеть создает одну или множество точек с нулевой радиочастотной (РЧ) энергией в месте расположения по меньшей мере одной из множества антенн, и

5 при этом вторая беспроводная сеть не обладает информацией о работе режима TDD в первой беспроводной сети.

15. Способ осуществления связи по сети, включающий:

первую беспроводную сеть, работающую в режиме TDD и содержащую множество беспроводных приемо-передающих станций, которые совместно используют один и тот же идентификатор соты и совместно передают множество одновременных неинтерферирующих предварительно кодированных потоков данных множеству устройств пользовательского оборудования (UE) в пределах одной полосы частот,

вторую беспроводную сеть, работающую в режиме FDD и содержащую одну или множество антенн,

15 причем первая беспроводная сеть создает одну или множество точек с нулевой радиочастотной (РЧ) энергией в месте расположения по меньшей мере одной из множества антенн, и

при этом вторая беспроводная сеть обладает информацией о работе режима TDD в первой беспроводной сети.

20 16. Способ осуществления связи по сети, включающий:

первую беспроводную сеть, работающую в режиме TDD и содержащую множество беспроводных приемо-передающих станций, которые совместно используют один и тот же идентификатор соты и совместно передают множество одновременных неинтерферирующих предварительно кодированных потоков данных множеству

25 устройств пользовательского оборудования (UE) в пределах одной полосы частот,

вторую беспроводную сеть, работающую в режиме FDD и содержащую одну или множество антенн,

причем первая беспроводная сеть создает одну или множество точек с нулевой радиочастотной (РЧ) энергией в месте расположения по меньшей мере одной из множества антенн, и

при этом первая беспроводная сеть обеспечивает наземные услуги беспроводной связи, а вторая беспроводная сеть обеспечивает услуги беспроводной связи для воздушных судов.

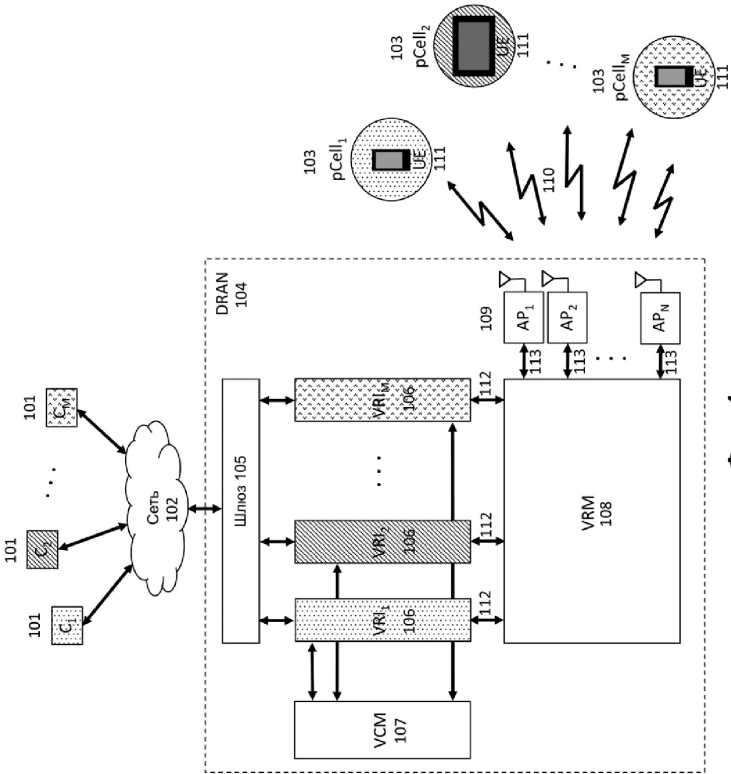
35

40

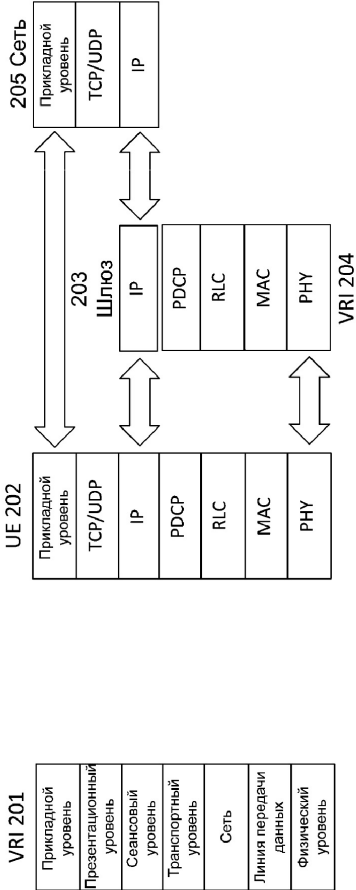
45

1

1/17

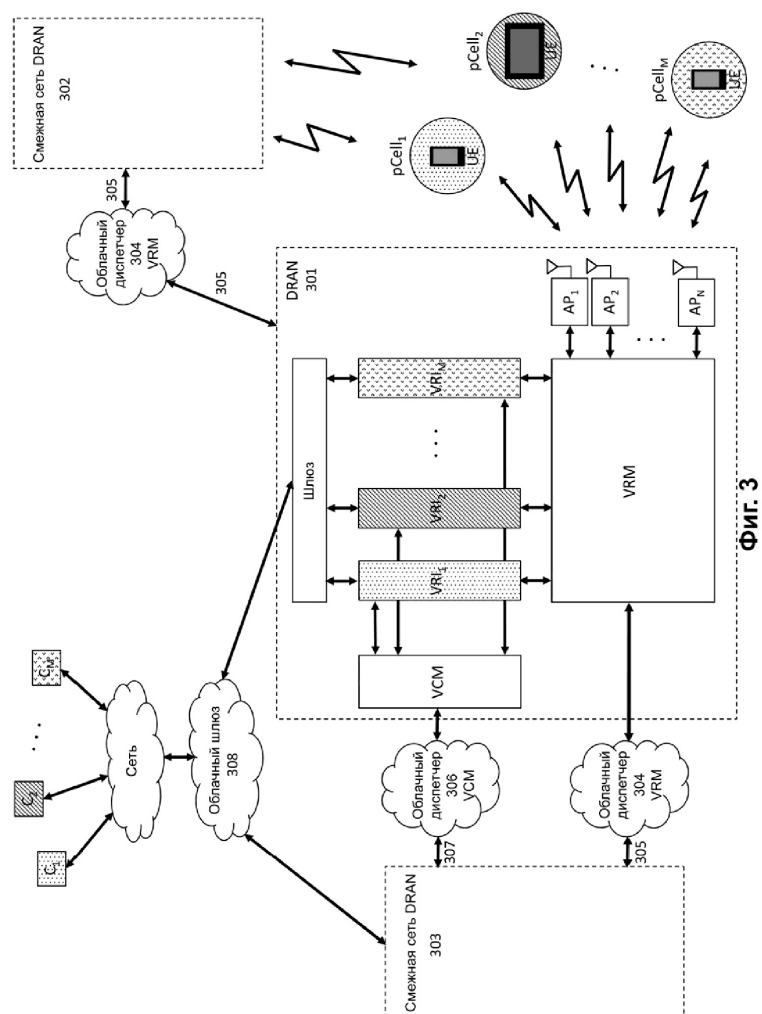


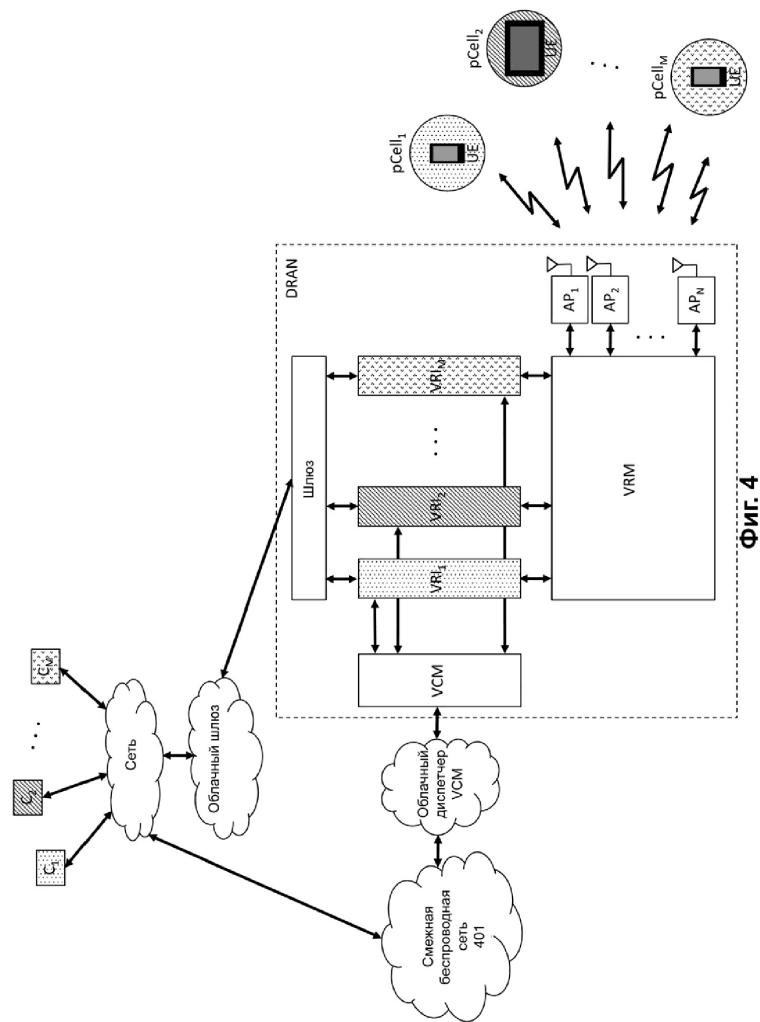
2



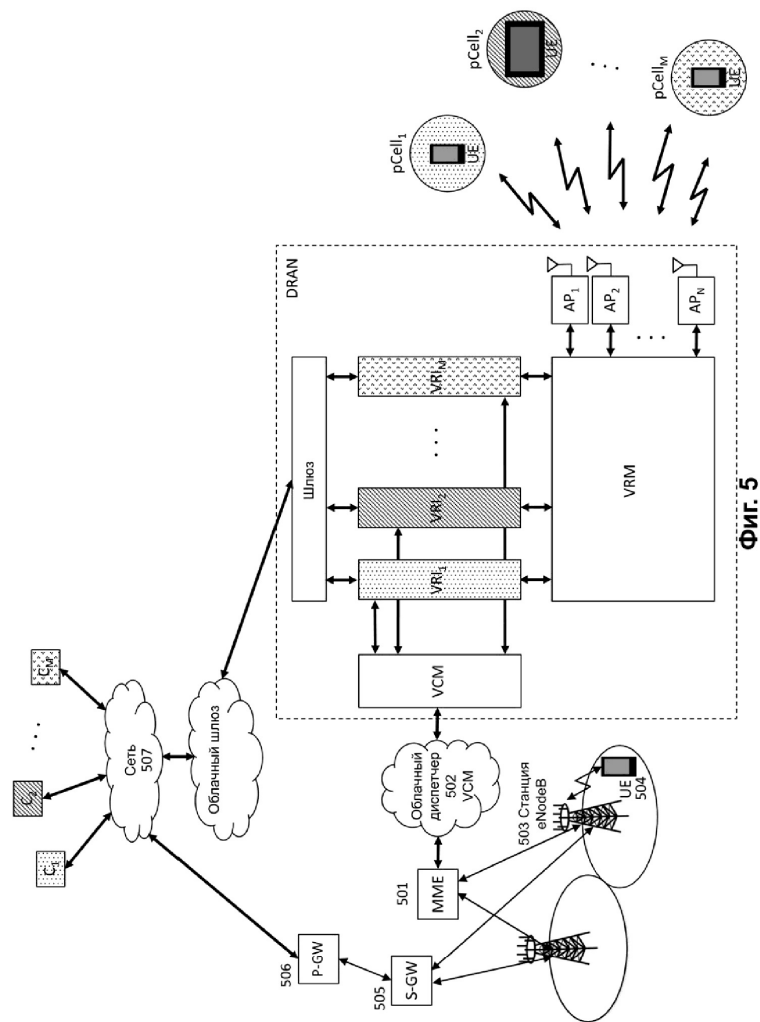
Фиг. 2b

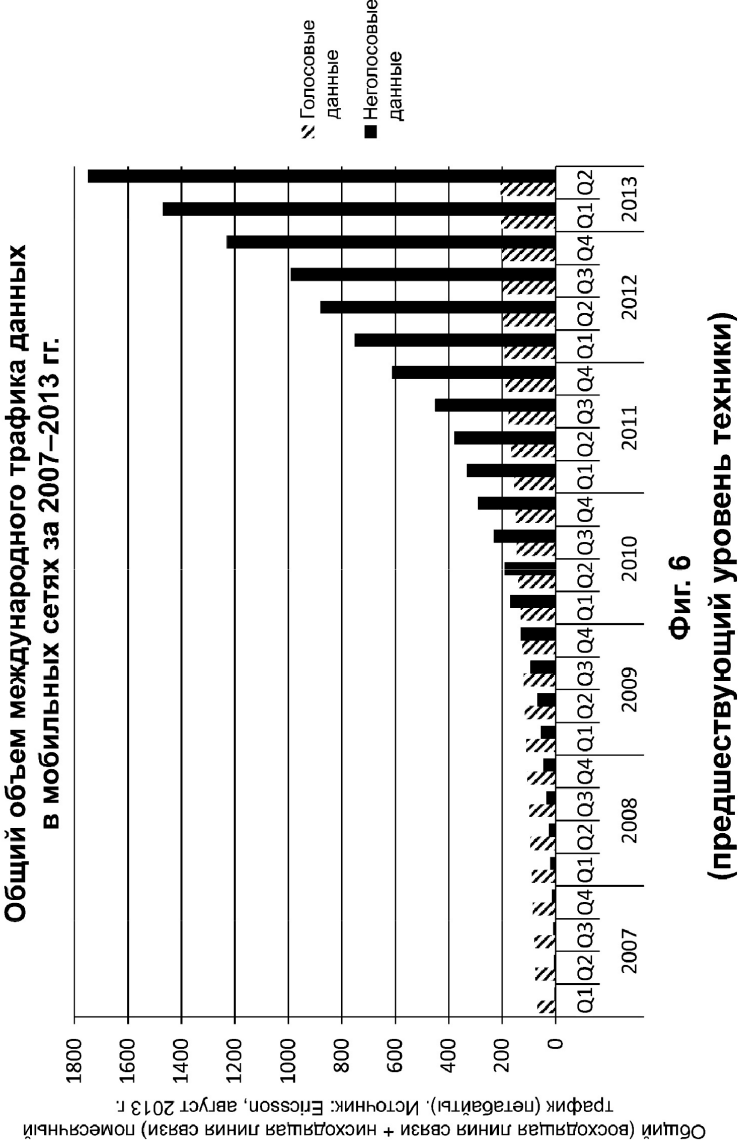
Фиг. 2a



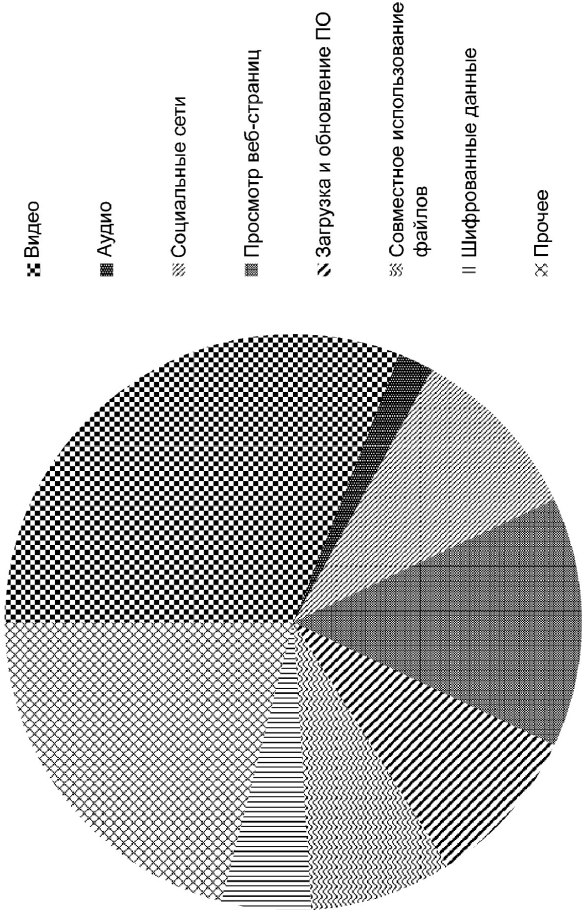


Фиг. 4



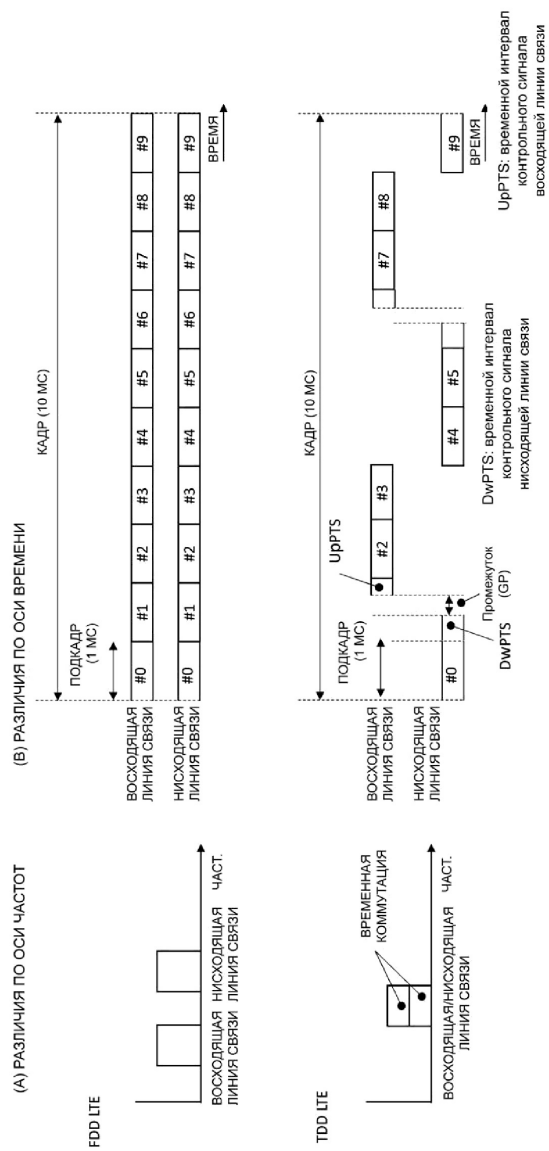


Трафик данных в мобильных сетях, распределенный по типам приложений, 2012 г.

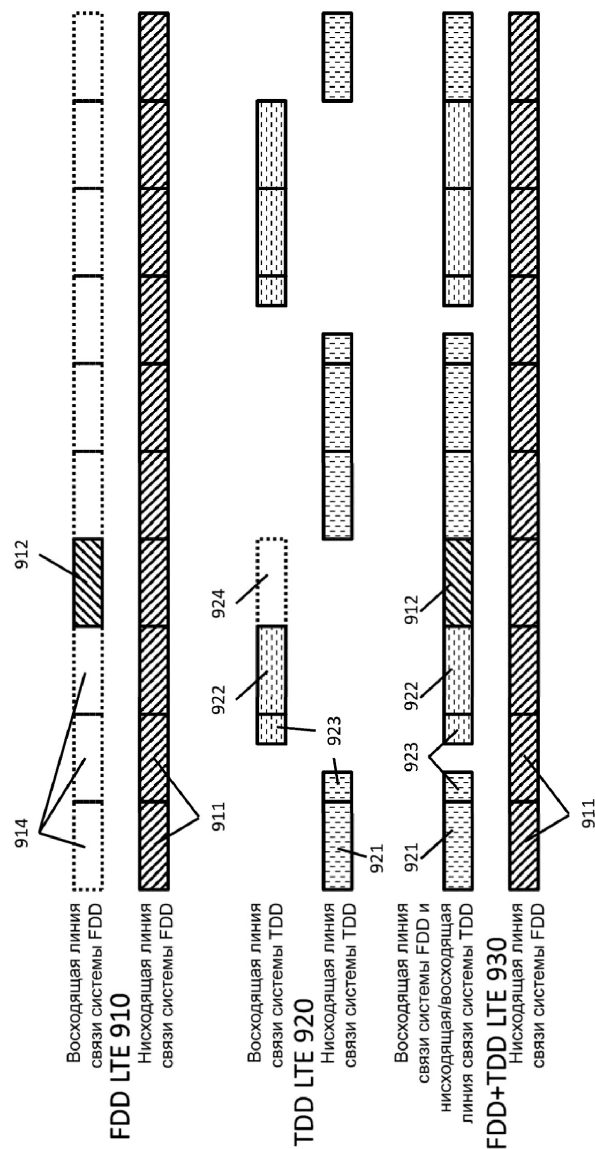


Источник: Ericsson, август 2013 г.

Фиг. 7
(предшествующий уровень техники)



Фиг. 8
(ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ)

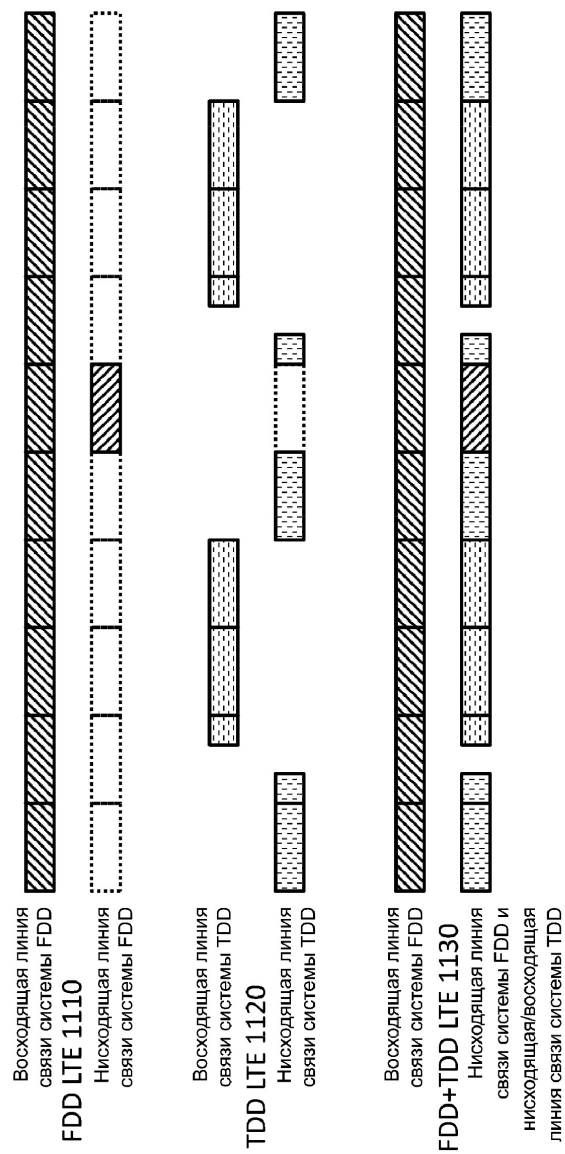


Фиг. 9

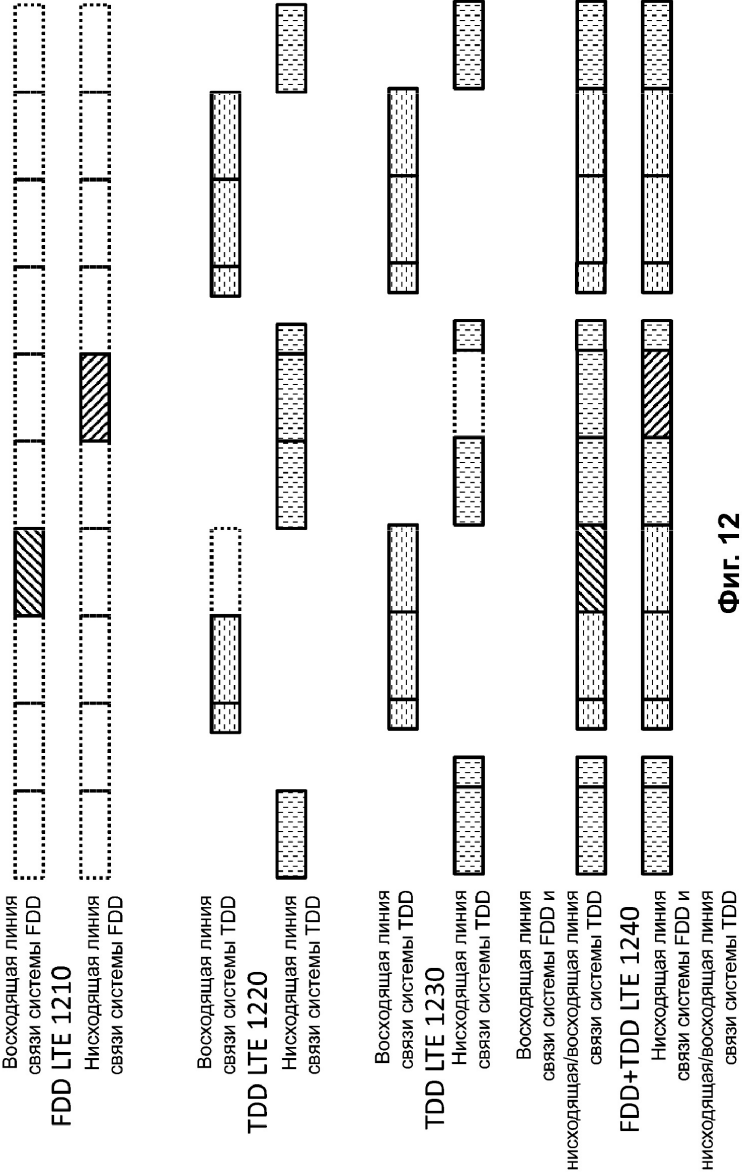
Дуплексные конфигурации системы TDD LTE

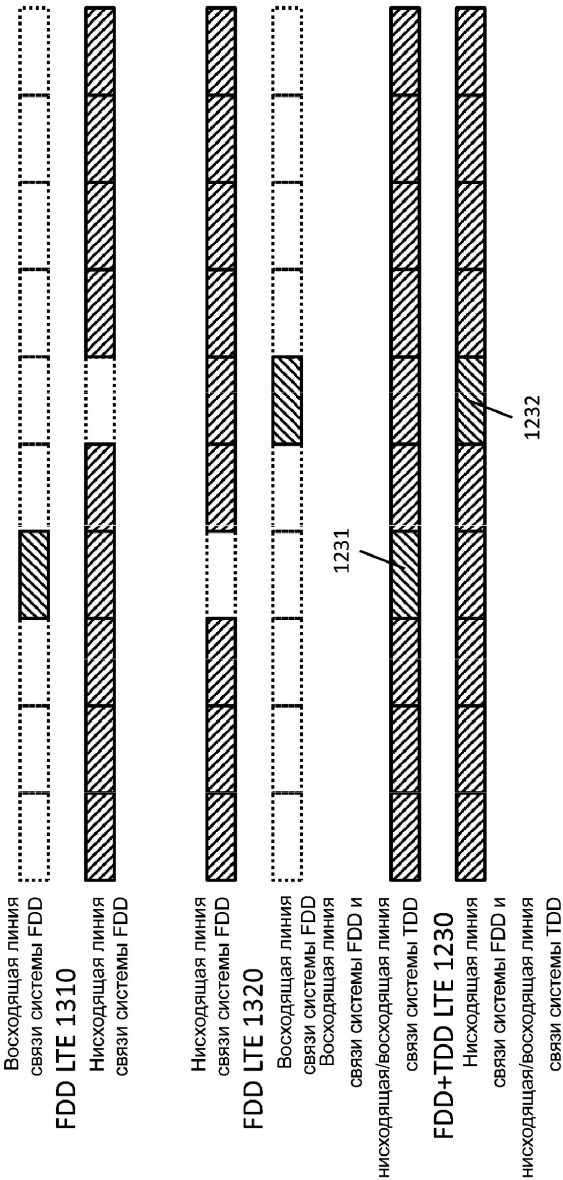
| Конфигурация линий UL/DL | Периодичность переключения линий UL/DL | Номер подкадра | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | 5 MC | D | S | U | U | U | D | S | U | U | U |
| 1 | 5 MC | D | S | U | U | D | D | S | U | U | D |
| 2 | 5 MC | D | S | U | D | D | D | S | U | D | D |
| 3 | 10 MC | D | S | U | U | U | D | D | D | D | D |
| 4 | 10 MC | D | S | U | U | D | D | D | D | D | D |
| 5 | 10 MC | D | S | U | D | D | D | D | D | D | D |
| 6 | 5 MC | D | S | U | U | U | D | S | U | U | D |

Фиг. 10
(предшествующий уровень техники)

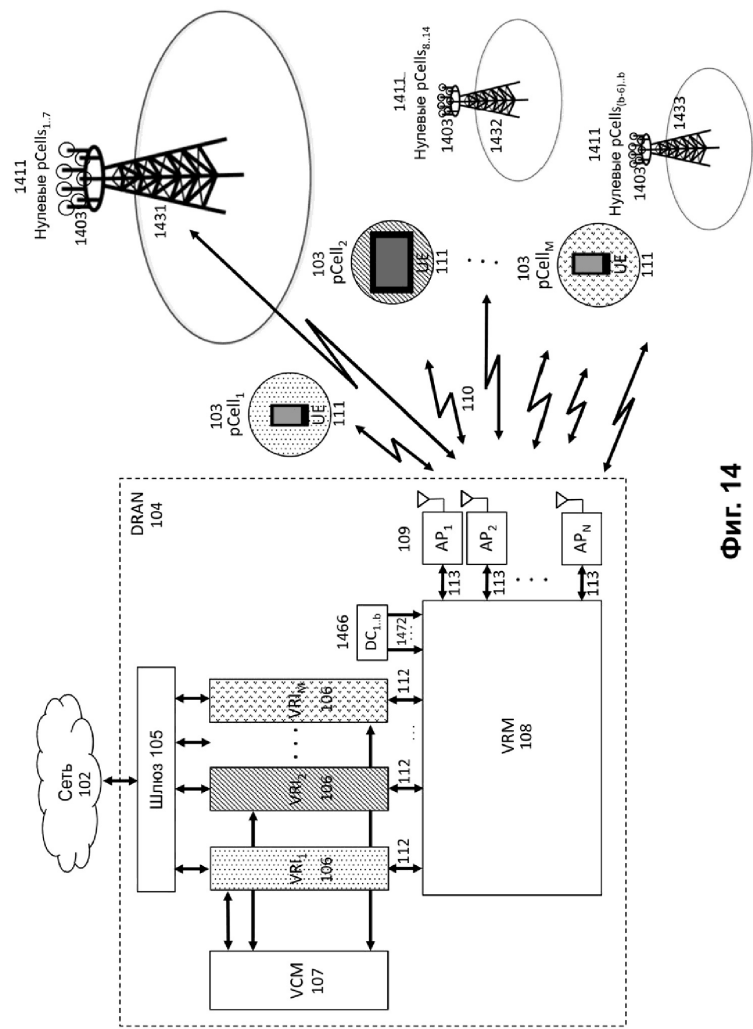


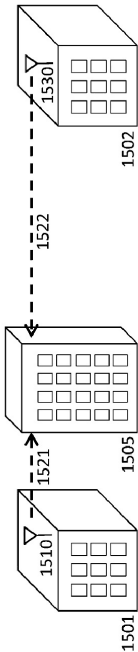
Фиг. 11



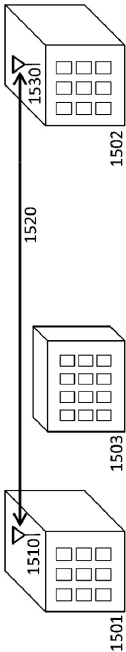


Фиг. 13

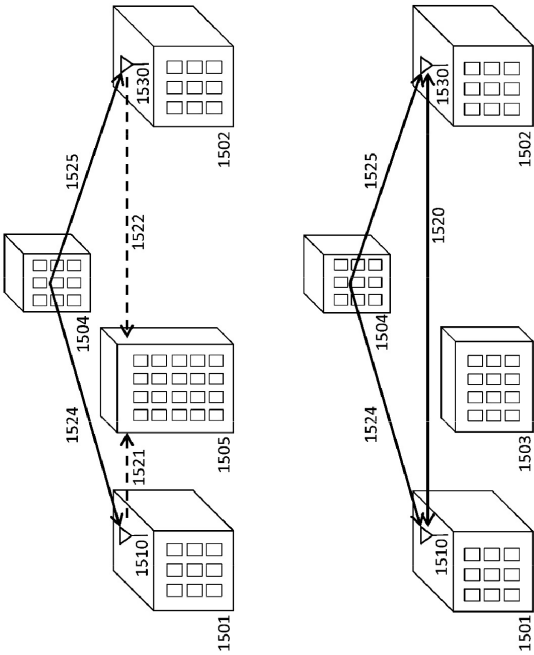




Фиг. 15a

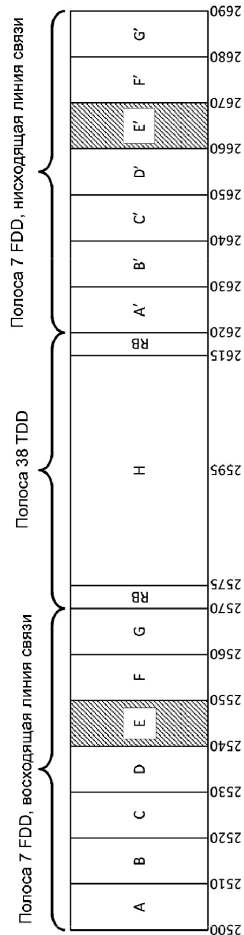


Фиг. 15b

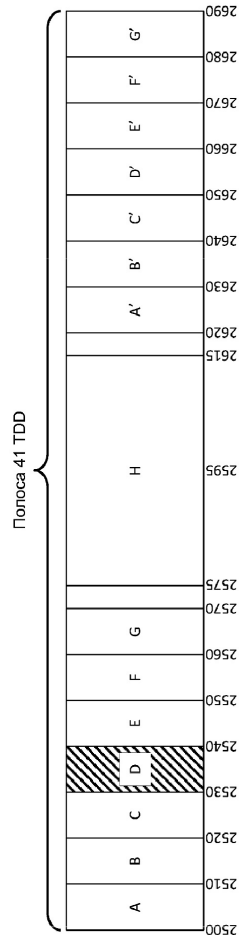


Фиг. 15с

Фиг. 15d



Фиг. 16a
(предшествующий
уровень техники)



Фиг. 16b
(предшествующий
уровень техники)