



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H04B 7/024 (2006.01); H04B 7/0417 (2006.01); H04B 7/0452 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2015125268, 25.11.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
25.11.2013

Дата регистрации:  
10.08.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
26.11.2012 US 61/729,990;  
21.11.2013 US 14/086,700

(43) Дата публикации заявки: 10.01.2017 Бюл. № 1

(45) Опубликовано: 10.08.2018 Бюл. № 22

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 26.06.2015

(86) Заявка РСТ:  
US 2013/071749 (25.11.2013)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2014/082048 (30.05.2014)

Адрес для переписки:  
109012, Москва, ул. Ильинка, 5/2, ООО  
"Союзпатент"

(72) Автор(ы):

ФОРЕНЦА Антонио (US),  
ПЕРЛМАН Стивен Дж. (US)

(73) Патентообладатель(и):  
РИАРДЕН, ЛЛК (US)

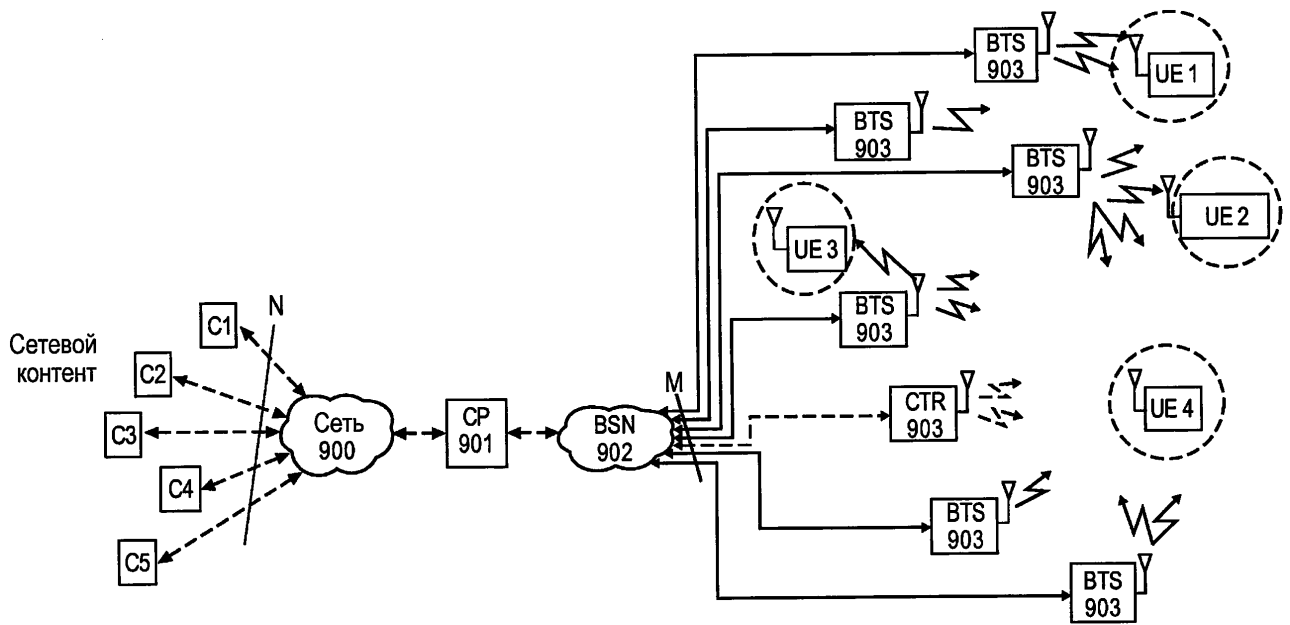
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: WO 2004/077730 A1, 10.09.2004. RU  
2169990 C1, 27.06.2001. US 2010/0316163 A1,  
16.12.2010. US 2012/0108278 A1, 03.06.2012.

(54) ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЖСОТОВОГО ПРИРОСТА ЗА СЧЕТ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ В  
БЕСПРОВОДНЫХ СОТОВЫХ СИСТЕМАХ

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике связи и может использоваться в системах мобильной связи. Технический результат состоит в повышении помехоустойчивости и пропускной способности сети путем использования межсотового прироста за счет мультиплексирования. Для этого описаны системы и способы использования межсотовой интерференции для достижения прироста за счет

мультиплексирования в многоантенной системе (MAS) с многопользовательскими (MU) передачами (MU-MAS). Например, MU-MAS одного варианта осуществления содержит беспроводную сотовую сеть с множеством распределенных антенн, которые функционируют при взаимодействии для устранения межсотовой интерференции. 2 н. и 42 з.п. ф-лы, 12 ил.



Фиг. 9

RU 2663829 C2

RU 2663829 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

**H04B 7/024** (2006.01); **H04B 7/0417** (2006.01); **H04B 7/0452** (2006.01)(21)(22) Application: **2015125268, 25.11.2013**(24) Effective date for property rights:  
**25.11.2013**Registration date:  
**10.08.2018**

Priority:

(30) Convention priority:  
**26.11.2012 US 61/729,990;**  
**21.11.2013 US 14/086,700**(43) Application published: **10.01.2017** Bull. № 1(45) Date of publication: **10.08.2018** Bull. № 22(85) Commencement of national phase: **26.06.2015**(86) PCT application:  
**US 2013/071749 (25.11.2013)**(87) PCT publication:  
**WO 2014/082048 (30.05.2014)**Mail address:  
**109012, Moskva, ul. Ilinka, 5/2, OOO "Soyuzpatent"**

(72) Inventor(s):

**FORENTSA Antonio (US),**  
**PERLMAN Stiven Dzh. (US)**

(73) Proprietor(s):

**RIARDEN, LLK (US)**(54) **EXPLOITING INTER-CELL MULTIPLEXING GAIN IN WIRELESS CELLULAR SYSTEMS**

(57) Abstract:

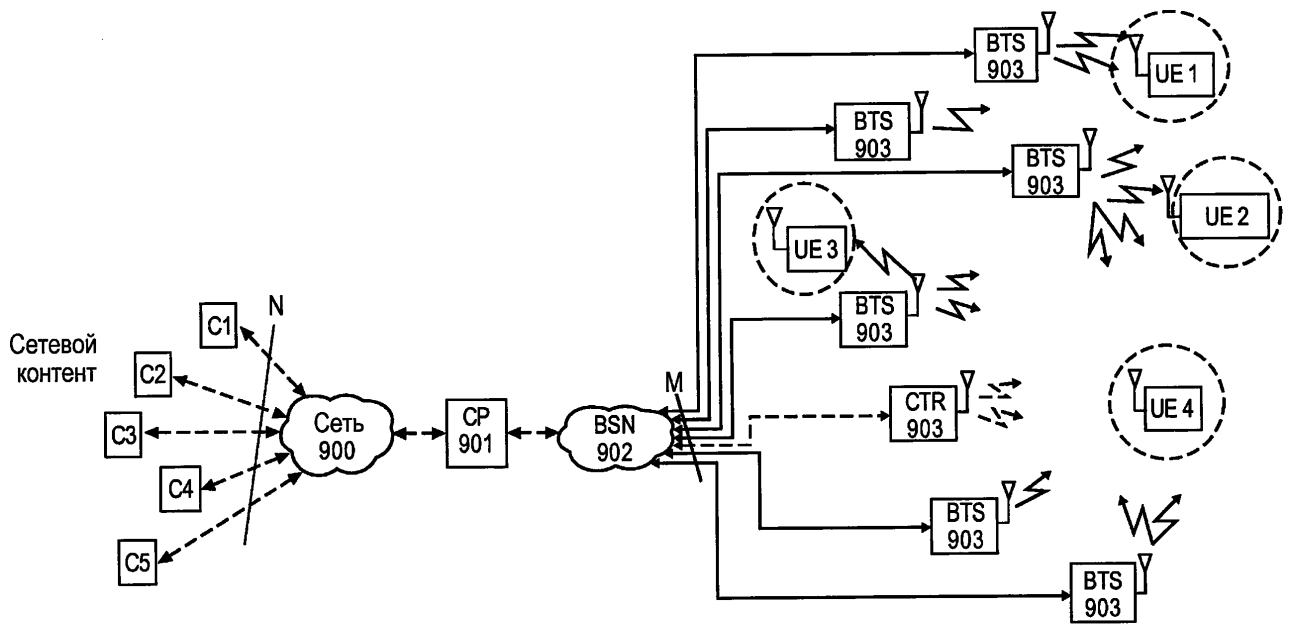
FIELD: electrical communication equipment.

SUBSTANCE: invention relates to communication equipment and can be used in mobile communication systems. To this end, systems and methods are described for exploiting inter-cell interference to achieve multiplexing gain in a multiple antenna system (MAS) with multi-user (MU) transmissions (MU-MAS). For example, a MU-MAS of one embodiment comprises a

wireless cellular network with multiple distributed antennae operating cooperatively to eliminate inter-cell interference.

EFFECT: technical result consists in increasing the noise immunity and network capacity by exploiting inter-cell multiplexing gain.

44 cl, 12 dwg



Фиг. 9

RU 2 6 6 3 8 2 9 C 2

RU 2 6 6 3 8 2 9 C 2

### Право приоритета

Настоящая заявка испрашивает преимущество находящейся на одновременном рассмотрении предварительной заявки на патент США №61/729,990, озаглавленной «Системы и способы использования межсотового прироста за счет мультиплексирования в беспроводных сотовых системах посредством технологии распределенного входа - распределенного выхода», поданной 26 ноября 2012 г., которая переуступлена правопреемнику настоящей заявки. Данная заявка полностью включена в настоящий документ путем ссылки.

### Смежные заявки

Данная заявка может быть связана с представленными ниже заявками на патенты США, находящимися на одновременном рассмотрении.

Заявка на патент США с сер. №13/233,006, озаглавленная «Система и способы планового развития и устаревания многопользовательского спектра».

Заявка на патент США с сер. №13/232,996, озаглавленная «Системы и способы использования областей когерентности в беспроводных системах».

Заявка на патент США с сер. №13/464,648, озаглавленная «Система и способы компенсации эффектов Доплера в системах распределенного входа - распределенного выхода».

Патент США №8,542,763, выданный 24 сентября 2013 г., озаглавленный «Системы и способы координации передач в распределенных беспроводных системах посредством кластеризации пользователей».

Заявка на патент США с сер. №12/802,988, озаглавленная «Контроль помех, эстафетная передача, управление мощностью и адаптация линий связи в системах связи с распределенным входом - распределенным выходом (DIDO)».

Патент США №8,170,081, выданный 1 мая 2012 г., озаглавленный «Система и способ регулирования подавления помех в системах DIDO на основе измерений мощности сигнала».

Заявка на патент США с сер. №12/802,974, озаглавленная «Система и способ управления межкластерной эстафетной передачей клиентов, проходящих через множество кластеров DIDO».

Заявка на патент США с сер. №12/802,989, озаглавленная «Система и способ управления эстафетной передачей клиента между разными сетями с распределенным входом - распределенным выходом (DIDO) на основе определения скорости клиента».

Заявка на патент США с сер. №12/802,958, озаглавленная «Система и способ управления мощностью и группировки антенн в сетях с распределенным входом - распределенным выходом (DIDO)».

Заявка на патент США с сер. №12/802,975, озаглавленная «Система и способ адаптации линий связи в системах DIDO с несколькими несущими».

Патент США №8,571,086, выданный 29 октября 2013 г., озаглавленный «Система и способ интерполяции предварительного кодирования в системах DIDO с несколькими несущими».

Заявка на патент США с сер. №12/630,627, озаглавленная «Система и способ беспроводной связи с распределенными антеннами».

Патент США №7,599,420, выданный 6 октября 2009 г., озаглавленный «Система и способ беспроводной связи с распределенным входом - распределенным выходом».

Патент США №7,633,994, выданный 15 декабря 2009 г., озаглавленный «Система и способ беспроводной связи с распределенным входом - распределенным выходом».

Патент США №7,636,381, выданный 22 декабря 2009 г., озаглавленный «Система и

способ беспроводной связи с распределенным входом - распределенным выходом».

Патент США №8,160,121, выданный 17 апреля 2012 г., озаглавленный «Система и способ беспроводной связи с распределенным входом - распределенным выходом».

Патент США №7,711,030, выданный 4 мая 2010 г., озаглавленный «Система и способ  
5 связи с пространственно мультиплексированным тропосферным рассеянием».

Патент США №7,418,053, выданный 26 августа 2008 г., озаглавленный «Система и способ беспроводной связи с распределенным входом - распределенным выходом».

Патент США №7,885,354, выданный 8 февраля 2011 г., озаглавленный «Система и способ повышения качества связи за счет волн с почти вертикальным ионосферным  
10 отражением (NVIS) с применением пространственно-временного кодирования».

#### Уровень техники

За последние три десятка лет во всем мире на рынке беспроводной сотовой связи наблюдается рост числа абонентов, который сопровождается ростом спроса на более качественные услуги, со смещением от голосовых данных к навигации по веб-страницам  
15 и потоковому видео HD в реальном времени. Этот растущий спрос на услуги, требующие более высокой скорости передачи данных, более низкой задержки и повышенной надежности, стимулировал радикальное развитие беспроводных технологий за счет разных стандартов, начиная с аналоговых стандартов AMPS и TACS первого поколения (для голосовых услуг) в начале 1980-х, затем цифровых стандартов GSM 2G и 2.5G, IS-  
20 95 и GPRS (для голосовых услуг и услуг передачи данных) в 1990-х, 3G с поддержкой технологий UMTS и CDMA2000 (для навигации по веб-страницам) в начале 2000-х и, наконец, стандарта LTE (для высокоскоростного Интернет-соединения), который в настоящее время развертывается в разных странах по всему миру.

Стандарт долгосрочного развития сетей связи (LTE) представляет собой стандарт,  
25 разработанный в рамках Партнерского проекта по системам 3-го поколения (3GPP) для беспроводных сотовых систем четвертого поколения (4G). С помощью LTE можно добиться 4-кратного повышения спектральной эффективности нисходящих линий связи в сравнении с предыдущими стандартами 3G и HSPA+ благодаря использованию пространственных компонентов беспроводных каналов посредством технологии  
30 «множественный вход - множественный выход» (MIMO). Стандарт LTE-Advanced, который разрабатывается в настоящее время, представляет собой развитие стандарта LTE. Он позволит добиться 8-кратного повышения спектральной эффективности в сравнении с системами стандарта 3G.

Несмотря на такое развитие технологий, высока вероятность того, что в последующие  
35 три года беспроводные системы связи не смогут удовлетворить растущую потребность в скорости передачи данных, связанную с ростом рынка смартфонов и планшетов, для которых все чаще предлагаются приложения, обрабатывающие большие потоки данных, такие как потоковое видео HD в реальном времени, видеоконференции и игры. По оценкам, в Европе в 2011-2015 гг. пропускная способность беспроводных сетей возрастет  
40 в 5 раз благодаря усовершенствованным технологиям, таким как LTE, а также выделению правительством дополнительного диапазона частот [25]. Например, Федеральная комиссия по связи (FCC) в рамках Национального плана развития широкополосного доступа к 2020 г. планирует высвободить диапазон 500 МГц (из которых 300 МГц будут доступны к 2015 г.) для обеспечения возможности  
45 беспроводного подключения к сети Интернет на территории США [24]. К сожалению, по прогнозам для Европы [25], к 2015 г. использование пропускной способности в сравнении с 2011 г. возрастет в 23 раза, а аналогичный дефицит диапазона в США ожидается к 2014 г. [26-27]. В связи с необходимостью в такой обработке данных доходы

операторов беспроводной связи могут оказаться ниже их капитальных (CAPEX) и операционных (ОРЕХ) затрат, что потенциально может оказать разрушительное влияние на рынок беспроводной связи [28].

Поскольку прирост пропускной способности, обеспечиваемый развертыванием LTE и расширением диапазона, недостаточен, единственное предполагаемое решение для предотвращения надвигающегося кризиса, связанного с дефицитом диапазона частот, заключается во внедрении новых беспроводных технологий [29]. Ожидается, что стандарт LTE-Advanced (развитие стандарта LTE) позволит получить дополнительный прирост в сравнении с LTE за счет использования передовых методик ММО, а также путем повышения плотности «малых сот» [30]. Тем не менее существуют ограничения на число сот, которые можно разместить на определенной площади без возникновения проблем, связанных с интерференцией, или без повышения сложности транспортной сети, обеспечивающей координацию между сотами.

Краткое описание чертежей

Файл патента или заявки содержит по меньшей мере один цветной чертеж. Копии настоящего патента или публикации с цветными чертежами предоставляются Бюро по регистрации патентов и торговых марок США по запросу и после уплаты необходимых взносов.

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

На фиг. 1 представлены соты, разделенные на зону мультиплексирования и зону разнесения.

На фиг. 2 представлена межсотовая интерференция во множестве разных зон.

На фиг. 3 представлен вариант осуществления, в котором мощность, передаваемая с трех базовых приемопередающих станций (BTS), осуществляющих передачу одновременно на одной и той же частоте, возрастает, что приводит к более высокому уровню интерференции во всей соте.

На фиг. 4 представлен один вариант осуществления, в котором добавлено множество дополнительных точек доступа для преднамеренного повышения уровня интерференции некогерентных сигналов по всей соте.

На фиг. 5 представлено множество элементов сети LTE, используемых в одном варианте осуществления настоящего изобретения.

На фиг. 6a-6c представлена подробная информация, связанная с кадрами LTE.

На фиг. 7a-b представлен «ресурсный элемент», представляющий собой наименьшую структуру модуляции в LTE, которая состоит из одной поднесущей OFDM в частотной области и одной длительности символа OFDM во временной.

На фиг. 8 представлено распределение SNR для развертывания на практике одного варианта осуществления настоящего изобретения в центральной части г. Сан-Франциско, штат Калифорния, США.

На фиг. 9 представлена архитектура системы, используемая в одном варианте осуществления настоящего изобретения.

Подробное описание

Одним из решений по преодолению многих из упомянутых выше ограничений предшествующего уровня техники является вариант осуществления технологии распределенного входа - распределенного выхода (DIDO). Технология DIDO описана в следующих патентах и патентных заявках, которые все переуступлены правопреемнику настоящего патента и включены в него посредством ссылки. Данные патенты и заявки в настоящем документе иногда в совокупности называются «смежными патентами и

заявками».

Заявка на патент США с сер. №13/233,006, озаглавленная «Система и способы планового развития и устаревания многопользовательского спектра».

5 Заявка на патент США с сер. №13/232,996, озаглавленная «Системы и способы использования областей когерентности в беспроводных системах».

Заявка на патент США с сер. №13/475,598, озаглавленная «Системы и способы компенсации эффектов Доплера в беспроводных системах с распределенным входом - распределенным выходом».

10 Заявка на патент США №13/464,648, озаглавленная «Системы и способы компенсации эффектов Доплера в системах распределенного входа - распределенного выхода».

Патент США №8,542,763, выданный 24 сентября 2013 г., озаглавленный «Системы и способы координации передач в распределенных беспроводных системах посредством кластеризации пользователей».

15 Заявка на патент США с сер. №12/802,988, озаглавленный «Контроль помех, эстафетная передача, управление мощностью и адаптация линий связи в системах связи с распределенным входом - распределенным выходом (DIDO)».

Патент США №8,170,081, выданный 1 мая 2012 г., озаглавленный «Система и способ регулирования подавления помех в системах DIDO на основе измерений мощности сигнала».

20 Заявка на патент США с сер. №12/802,974, озаглавленная «Система и способ управления межкластерной эстафетной передачей клиентов, которые проходят через множество кластеров DIDO».

25 Заявка на патент США с сер. №12/802,989, озаглавленная «Система и способ управления эстафетной передачей клиента между разными сетями с распределенным входом - распределенным выходом (DIDO) на основе определения скорости клиента».

Заявка на патент США с сер. №12/802,958, озаглавленная «Система и способ управления мощностью и группировки антенн в сетях с распределенным входом - распределенным выходом (DIDO)».

30 Заявка на патент США с сер. №12/802,975, озаглавленная «Система и способ адаптации линий связи в системах DIDO с несколькими несущими».

Патент США №8,571,086, выданный 29 октября 2013 г., озаглавленный «Система и способ интерполяции предварительного кодирования в системах DIDO с несколькими несущими».

35 Заявка на патент США с сер. №12/630,627, озаглавленная «Система и способ беспроводной связи с распределенными антеннами».

Патент США №7,599,420, выданный 6 октября 2009 г., озаглавленный «Система и способ беспроводной связи с распределенным входом - распределенным выходом».

Патент США №7,633,994, выданный 15 декабря 2009 г., озаглавленный «Система и способ беспроводной связи с распределенным входом - распределенным выходом».

40 Патент США №7,636,381, выданный 22 декабря 2009 г., озаглавленный «Система и способ беспроводной связи с распределенным входом - распределенным выходом».

Патент США №8,160,121, выданный 17 апреля 2012 г., озаглавленный «Система и способ беспроводной связи с распределенным входом - распределенным выходом».

45 Патент США №7,711,030, выданный 4 мая 2010 г., озаглавленный «Система и способ связи с пространственно-мультиплексированным тропосферным рассеянием».

Патент США №7,418,053, выданный 26 августа 2008 г., озаглавленный «Система и способ беспроводной связи с распределенным входом - распределенным выходом».

Патент США №7,885,354, выданный 8 февраля 2011 г., озаглавленный «Система и

способ повышения качества связи за счет волн с почти вертикальным ионосферным отражением (NVIS) с применением пространственно-временного кодирования».

Для сокращения размера и уменьшения сложности настоящей патентной заявки раскрытие некоторых смежных патентов и заявок в явном виде ниже не представлено.

5 Для получения полного текста описания обратитесь к смежным патентам и заявкам.

Одна из многообещающих технологий, которая сможет на порядок повысить спектральную эффективность беспроводных линий связи, но при этом свободна от ограничений, присущих обычным сотовым системам, - это технология распределенного входа - распределенного выхода (DIDO) (см. смежные патенты и заявки, перечисленные выше). В настоящем изобретении описана технология DIDO, использованная в контексте 10 сотовых систем (таких как LTE или LTE-Advanced) как в условиях ограничений, налагаемых стандартами сотовой связи, так в их отсутствие, для обеспечения значительных преимуществ по производительности в сравнении с обычными беспроводными системами. Сначала будет представлен краткий обзор технологии MIMO и анализ разных пространственных методик обработки сигнала, которые 15 используются в стандартах LTE и LTE-Advanced. Затем будет продемонстрировано, каким образом настоящее изобретение обеспечивает значительный прирост пропускной способности в беспроводных системах следующего поколения в сравнении с подходами предшествующего уровня техники.

В технологии MIMO используется множество антенн на сторонах передатчика и 20 приемника беспроводной линии связи и применяется пространственная обработка сигнала для повышения надежности линии связи посредством методик разнесенного приема (т.е. увеличение коэффициента усиления за счет разнесенного приема) или же обеспечивается более высокая скорость передачи данных посредством схем 25 мультиплексирования (т.е. прирост за счет мультиплексирования) [1-2]. Коэффициент усиления при разнесенном приеме - это мера повышения устойчивости сигнала к замиранию, в результате чего повышается отношение сигнал-шум (SNR) для фиксированной скорости передачи данных. В схемах мультиплексирования прирост обеспечивается за счет использования дополнительных пространственных степеней 30 свободы беспроводного канала для повышения скорости передачи данных с фиксированной вероятностью ошибки. Базовые условия согласования разнесенного приема и мультиплексирования в системах MIMO были описаны в [3-4].

В реализованных на практике системах MIMO для динамического переключения между схемами разнесения и мультиплексирования в зависимости от условий 35 распространения сигнала могут применяться методики адаптации линии связи [20-23]. Например, на схемах адаптации линии связи, описанных в [22-23], показано, что в режиме с низким SNR или при наличии каналов, характеризующихся низкой пространственной селективностью, предпочтительно использовать формирование луча или ортогональные пространственно-временные блочные коды (OSTBC). Напротив, 40 пространственное мультиплексирование может обеспечить значительный прирост скорости передачи данных по каналам с высоким SNR и высокой пространственной селективностью. Например, на фиг. 1 показано, что соты можно разделить на две зоны: i) зону мультиплексирования 101, характеризующуюся высоким SNR (вследствие близости к сотовой вышке или базовой станции), где для повышения скорости передачи 45 данных можно использовать пространственные степени свободы канала посредством пространственного мультиплексирования; ii) зону разнесенного приема, или край соты, 102, где методики пространственного мультиплексирования не столь эффективны, а для повышения SNR и улучшения покрытия можно использовать способы разнесенного

приема (которые приводят лишь к незначительному повышению скорости передачи данных). Обратите внимание на то, что на фиг. 1 на круге, изображающем макросоты, заштрихованная центральная часть круга обозначает «зону мультиплексирования» 101, а незаштрихованная внешняя часть круга - «зону разнесенного приема» 102. Такая же разметка зон используется и на фиг. 1-4, где заштрихованная область - это «зона мультиплексирования», а незаштрихованная область - это «зона разнесенного приема», даже если на них отсутствуют обозначения.

Стандарты LTE (версия 8) и LTE-Advanced (версия 10) определяют множество из десяти режимов передачи (ТМ), включающих либо схемы разнесения, либо схемы мультиплексирования [35, 85-86]:

- режим 1: одноантенный порт, порт 0;
- режим 2: разнесенная передача;
- режим 3: разнесение с большой величиной циклической задержки (CDD), расширение пространственного мультиплексирования без обратной связи для однопользовательской MIMO (SU-MIMO);
- режим 4: пространственное мультиплексирование с обратной связью для SU-MIMO;
- режим 5: многопользовательская MIMO (MU-MIMO);
- режим 6: пространственное мультиплексирование с обратной связью с применением одного уровня передачи;
- режим 7: одноантенный порт, опорные сигналы (RS), характерные для UE (порт 5);
- режим 8: одно- или двухуровневая передача с RS, характерными для UE (порты 7 и/или 8);
- режим 9: SU-MIMO с обратной связью с использованием от одного до максимум восьми уровней (добавлен в версии 10);
- режим 10: многоуровневая SU-MIMO с обратной связью с использованием максимум восьми уровней (добавлен в версии 10).

Ниже описаны схемы разнесения и мультиплексирования, обычно применяемые в сотовых системах, а также специфические способы, используемые в системах LTE, как кратко указано выше, и их сравнение с методиками, уникальными для систем связи DIDO. Прежде всего, определено два типа способов передачи: i) внутрисотовые способы (с использованием микроразнесения в сотовых системах) с применением множества антенн для повышения надежности линии связи или скорости передачи данных в пределах одной соты; ii) межсотовые способы (с использованием макроразнесения), которые обеспечивают взаимодействие между сотами с получением дополнительного прироста при разнесении или мультиплексировании. После этого описано, каким образом настоящее изобретение обеспечивает значительные преимущества (включая прирост пропускной способности диапазона) в сравнении с предшествующим уровнем техники.

#### 1. Внутрисотовые способы разнесения

Внутрисотовые способы разнесения действуют в пределах одной соты и выполнены с возможностью повышения SNR в сценариях с низким качеством линии связи (например, в случае с пользователями в зоне края соты, получающими сигнал от центральной вышки или базовой станции с высокими потерями в среде распространения). В системах связи MIMO используются такие типичные схемы разнесенного приема, как формирование луча [5-11] и ортогональные пространственно-временные блочные коды (OSTBC) [12-15].

Стандарт LTE поддерживает методики разнесения, такие как разнесенная передача,

предварительное кодирование 1 ранга с обратной связью и выделенное формирование луча [31-35]. Схема разнесенной передачи поддерживает две или четыре передающих антенны для нисходящей линии связи (DL) и лишь две антенны для восходящей линии связи (UL). В канале DL она реализована посредством пространственно-частотных

5 блоковых кодов (SFBC), объединенных с разнесенной передачей с переключением частоты (FSTD) для использования пространственной и частотной селективности [31]. Предварительное кодирование 1 ранга позволяет создать выделенный луч к одному пользователю на основе квантованных весовых коэффициентов, выбранных из кодовой книги (предварительно созданной с применением методик ограниченной обратной

10 связи [36-42]), с целью сокращения затрат, связанных с обеспечением обратной связи от пользовательского оборудования (UE) к базовой приемопередающей станции (BTS или eNodeB по терминологии LTE). Альтернативно весовые коэффициенты при формировании выделенного луча также могут быть рассчитаны на основе опорного сигнала для конкретного UE.

## 15 2. Внутрисотовые способы мультиплексирования

Схемы мультиплексирования MIMO [1, 19] обеспечивают прирост скорости передачи данных в режиме высокого SNR и в сценариях с достаточным числом пространственных степеней свободы в канале (например, в случае сред с высокими уровнями многолучевого распространения и пространственной селективности [16-18]) для

20 поддержания множества параллельных потоков данных по беспроводным линиям связи.

Стандарт LTE поддерживает разные методики мультиплексирования для однопользовательских схем MIMO (SU-MIMO) и многопользовательских схем MIMO (MU-MIMO) [31]. У схем SU-MIMO есть два режима работы: i) режим с обратной

25 связью, в котором используется ответная информация от абонентского оборудования (UE) для выбора весовых коэффициентов предварительного кодирования DL; ii) режим без обратной связи, применяемый, когда обратная связь от UE недоступна или когда UE перемещается слишком быстро для того, чтобы поддерживать схемы с обратной связью. В схемах с обратной связью применяется множество предварительно

30 рассчитанных весовых коэффициентов, выбранных из кодовой книги. Эти весовые коэффициенты могут поддерживать две или четыре передающих антенны и от одного до четырех параллельных потоков данных (определяемых по числу слоев матрицы предварительного кодирования) в зависимости от запроса UE и решения, принимаемого планировщиком на BTS. В LTE-Advanced будут включены новые режимы передачи

35 вплоть до MIMO 8x8 с возможностью обеспечивать максимальное повышение спектральной эффективности в 8 раз посредством пространственной обработки сигнала [62].

Схемы MU-MIMO определены как для каналов UL, так и для каналов DL [31, 50]. Что касается UL, то каждое UE направляет на BTS опорный сигнал, состоящий из

40 циклически смещенной версии последовательности Задова-Чу [33]. Эти опорные сигналы ортогональны, так что BTS может оценить канал от всех UE и демодулировать потоки данных от множества UE одновременно посредством пространственной обработки. На линии DL весовые коэффициенты предварительного кодирования для разных UE выбираются из кодовых книг на основе обратной связи от UE и планировщика

45 (аналогично схемам SU-MIMO с обратной связью), и для каждого UE разрешено только предварительное кодирование 1 ранга (например, каждое UE принимает только один поток данных).

Методики внутрисотового мультиплексирования, в которых используется

пространственная обработка, обеспечивают удовлетворительную производительность только в сценариях распространения, характеризующихся высоким значением SNR (или SINR) и высокой пространственной селективностью (среды с высоким уровнем многолучевого распространения). В обычных макросотах эти условия могут быть

5 труднодостижимы, так как BTS, как правило, расположены далеко от UE, а распределение SINR, как правило, центрировано при низких значениях [43]. В этих сценариях схемы MU-MIMO или методики разнесения могут быть лучшим выбором, чем SU-MIMO с пространственным мультиплексированием.

Другие методики и сетевые решения, которые предполагается использовать в LTE-Advanced для получения дополнительного прироста за счет мультиплексирования (не требующего пространственной обработки сигнала по MIMO), - это агрегирование несущих (CA) и малые соты. CA [30, 44-47] объединяет разные части диапазона радиочастот (РЧ) для расширения полосы пропускания сигнала до 100 МГц [85], таким образом давая более высокие скорости передачи данных. Внутриполосная CA

15 объединяет разные полосы в пределах одной и той же части диапазона. Таким образом, она может использовать одну и ту же цепь РЧ для множества каналов, и множество потоков данных рекомбинируются с помощью программного обеспечения. При межполосной CA для работы в разных частях диапазона требуются разные цепи РЧ и обработка сигнала для рекомбинации множества потоков данных из разных полос.

Основная идея малых сот [30, 47] заключается в уменьшении размера обычных макросот, что обеспечивает более высокую плотность сот и пропускную способность на площадь покрытия. Как правило, малые соты разворачивают с использованием недорогих точек доступа с маломощной передачей (как показано на фиг. 1), в отличие от дорогих высоких сотовых вышек, которые применяют в макросотах. В LTE-Advanced

25 определены два типа малых сот: i) метросоты для установки снаружи зданий в городских зонах, которые поддерживают от 32 до 64 пользователей одновременно, и ii) фемтосоты для использования внутри зданий, которые обслуживают не более 4 активных пользователей. Одним из преимуществ малых сот является то, что плотность UE, находящихся близко к BTS, статистически выше, что дает лучшее значение SNR, чем можно получить посредством пространственного мультиплексирования для повышения скорости передачи данных. Тем не менее, многие вопросы практического разворачивания малых сот, в особенности вопросы, связанные с транспортной сетью, все еще требуют решения. В действительности доступ к BTS каждой малой соты посредством высокоскоростных проводных соединений может быть сложной задачей, в особенности

35 если учитывать высокую плотность метросот и фемтосот на заданной площади покрытия. Хотя транспортную сеть с прямой видимостью (LOS) для малых сот часто можно реализовать экономично в сравнении с проводной транспортной сетью, зачастую отсутствуют практичные способы создания транспортной сети LOS в предпочтительных местах размещения BTS малых сот, а также общее решение беспроводной транспортной сети без прямой видимости (NLOS) для BTS малых сот. Наконец, требуется обеспечить сложную координацию между BTS малых сот в реальном времени, чтобы избежать интерференции, как это происходит в самоорганизованных сетях (SON) [30, 51-52], и использовать сложные инструменты планирования сот (даже более сложные, чем в обычных сотовых системах, из-за более высокой плотности малых сот) для

40 планирования их оптимального размещения [48,49].

Легко показать, что не существует практичного общего решения, которое обеспечило бы сосуществование малых сот с макросотами и оптимальную или обязательно равномерно повышенную пропускную способность. Среди множества подобных

неразрешимых ситуаций есть и такая, когда малая сота размещена таким образом, что ее UE неизбежно перекрываются с передачей в макросоте, и малые соты и макросоты используют одни и те же частоты, чтобы обратиться к соответствующим UE. В этой ситуации очевидно, что передача в макросотах будет интерферировать с передачей в малых сотах. Хотя может существовать подход, ограничивающий такую интерференцию в конкретных условиях для конкретной макросоты, конкретной малой соты, конкретных задействованных UE макросоты и малой соты, требований к пропускной способности этих UE, а также условий среды распространения; любой из таких подходов будет высокоспецифичным не только для статичного плана макросоты и малой соты, но и для динамических условий конкретного интервала времени. Как правило, невозможно достичь полной пропускной способности канала до каждого UE.

### 3. Межсотовые способы разнесения

Межсотовые методики передачи обеспечивают взаимодействие между BTS для повышения производительности беспроводных сетей. Данные методики представляют собой особый случай способов, перечисленных в смежных патентах и заявках, обеспечивающих взаимодействие между беспроводными приемопередатчиками в общем случае распределенных антенных сетей для множества UE, все из которых используют одну и ту же частоту одновременно. Взаимодействие между BTS для устранения межсотовой интерференции в конкретном случае сотовых систем для одного UE в заданное время при заданной частоте было описано в [53]. В системе, описанной в [53], каждую макросоту подразделяли на множество подсот и обеспечивали мягкую эстафетную передачу между подсотоми с использованием формирования выделенного луча от скоординированных BTS для повышения надежности линии связи на одном UE и на одной частоте по мере его перемещения вдоль границ подсоты.

Не так давно этот класс взаимодействующих беспроводных сотовых сетей определили в литературе о MIMO как систему «сетевой MIMO» или «скоординированную многоточку» (CoMP). Теоретический анализ и моделирование результатов преимуществами, полученными в сетевом MIMO путем устранения межсотовой интерференции, представлены в [54-61]. Ключевым преимуществом сетевого MIMO и скоординированной многоточечной связи (CoMP) является устранение межсотовой интерференции в перекрывающихся зонах 201-203 сот, показанных на фиг.2.

Сети CoMP активно вводятся в стандарт LTE-Advanced как решение, позволяющее ограничить межсотовую интерференцию в сотовых сетях следующего поколения [62-64]. К настоящему времени для включения в стандарт были предложены два решения CoMP для устранения межсотовой интерференции: i) скоординированное планирование/формирование луча (CS/CB), когда UE принимает свой поток данных только от одной BTS посредством формирования луча, а между BTS разрешена координация для устранения интерференции посредством методик формирования луча или планирования; ii) совместная обработка (JP), когда данные для заданного UE совместно передаются от множества BTS для повышения качества полученного сигнала и устранения межсотовой интерференции. CoMP-JP дает больший прирост, чем CoMP-CS/CB при более высоких затратах в транспортной сети на обеспечение координации между BTS.

### 4. Межсотовые способы мультиплексирования

Многопользовательские беспроводные системы предшествующего уровня техники усложняют беспроводные сети и налагают на них ограничения, в результате чего на работу заданного пользователя (например, в отношении доступной пропускной способности, задержки, предсказуемости, надежности) влияет факт использования диапазона другими пользователями в пределах зоны. Учитывая растущий спрос на

совокупную пропускную способность в пределах диапазона беспроводной связи, совместно используемого множеством пользователей, а также растущее число приложений, основанных на надежности, предсказуемости и низкой задержке многопользовательской беспроводной сети для заданного пользователя, очевидно, что

5 многопользовательская технология беспроводной связи предшествующего уровня техники имеет множество ограничений. Действительно, при ограниченной доступности спектра, пригодного для определенных типов беспроводной связи (например, длины волн, которые могут эффективно проникать через стены здания), беспроводных

10 способов предшествующего уровня техники будет недостаточно для удовлетворения растущего спроса на пропускную способность, которая надежна, предсказуема и обладает низкой задержкой.

Способы разнесения и мультиплексирования предшествующего уровня техники могут теоретически обеспечить максимум 4-кратное повышение пропускной способности в текущих сотовых сетях для LTE (за счет MIMO 4×4) или теоретически максимум 8-

15 кратное повышение для LTE-Advanced (за счет MIMO 8×8), хотя более высокие порядки MIMO дают убывающее повышение пропускной способности в заданной среде с многолучевым распространением, в частности, по мере того как UE (например, смартфоны) становятся все меньшими по размеру и все более ограниченными в отношении возможности размещения антенны. Другие незначительные показатели

20 прироста пропускной способности в сотовых системах следующего поколения могут быть получены за счет выделения дополнительного диапазона (например, в рамках Национального плана развития широкополосного доступа FCC), используемого посредством методик агрегирования несущих, и более плотного распределения BTS посредством сетей с малыми сотами и SON [30, 46]. Однако все вышеупомянутые

25 методики по-прежнему сильно зависят от методик совместного использования диапазона или времени при многопользовательских передачах, так как показатели прироста спектральной эффективности, обеспечиваемые за счет пространственной обработки сигнала, ограничены.

Хотя межсотовые способы предшествующего уровня техники (например, сетевые

30 системы MIMO и CoMP [53-64]) могут повышать надежность сотовых сетей путем устранения межсотовой интерференции, они дают лишь незначительные показатели прироста пропускной способности. Фактически в этих системах передача мощности от каждой BTS ограничена в пределах границ соты, поэтому в связи со снижением мощности между сотами они эффективны лишь для устранения межсотовой

35 интерференции. На фиг. 2 показан один пример сотовых сетей с тремя BTS 210-212, каждая из которых характеризуется своей собственной площадью покрытия или сотой. Мощность, передаваемая от каждой BTS 210-212, сдерживается с целью ограничения интерференции между сотами в зонах, которые на фиг.2 показаны как области перекрывания сот. Поскольку эти системы в зоне интерференции функционируют в

40 режиме низкого SINR, они дают лишь незначительные показатели прироста спектральной эффективности аналогично внутрисотовым схемам для SU-MIMO. Чтобы действительно получить значительные показатели прироста пропускной способности в сетях с межсотовым взаимодействием, необходимо смягчить условие ограничения мощности границами соты и обеспечить применение методик пространственного

45 мультиплексирования по всей площади сот с высоким SINR (не только на краю соты с низким SINR, как в подходах предшествующего уровня техники).

Таким образом, желательным было бы создание системы, обеспечивающей повышение спектральной эффективности на порядки путем устранения любых

ограничений на мощность, передаваемую от распределенных BTS, и использующей межсотовый прирост за счет мультиплексирования посредством пространственной обработки. На фиг. 3 показан случай повышения мощности, передаваемой от трех BTS 301-303 одновременно на одной и той же частоте, таким образом дается более высокий уровень интерференции по всей соте. В системах предшествующего уровня техники такая интерференция привела бы к некогерентной интерференции (нарушающей прием сигнала на UE) в зонах интерференции BTS, но эта интерференция фактически используется в вариантах осуществления настоящего изобретения путем применения инновационных межсотовых способов мультиплексирования с пространственной обработкой сигнала для создания зон когерентной интерференции (усиливающей прием сигнала на UE) вокруг каждого UE, таким образом обеспечивая одновременные неинтерферирующие потоки данных к каждому UE и повышая их SINR по всей соте.

В одном примере осуществления настоящего изобретения этот прирост за счет межсотового мультиплексирования достигается с помощью систем с распределенным входом - распределенным выходом (DIDO) [0014-0020] и [77-78]. На фиг. 4 показан один пример, в котором добавлено множество дополнительных точек доступа 401 для преднамеренного повышения уровня некогерентной интерференции по всей соте, который используется в настоящем изобретении для генерации зон когерентной интерференции вокруг UE и дает прирост за счет межсотового мультиплексирования. В качестве таких дополнительных BTS можно использовать маломощные приемопередатчики, аналогичные недорогим точкам доступа Wi-Fi, таким образом обеспечивая меньшие площади покрытия, перекрывающиеся по всей макросоте, как показано на фиг. 4.

Можно видеть, что в межсотовых способах предшествующего уровня техники некогерентную интерференцию предотвращают путем намеренного ограничения мощности передачи от каждой BTS 210-212, как показано на фиг. 2, а остаточная межсотовая интерференция (в перекрывающихся областях между сотами) устраняется посредством пространственной обработки, таким образом обеспечивая повышение SINR и коэффициента усиления при межсотовом разнесении. Напротив, в настоящем изобретении некогерентная интерференция используется для создания когерентной интерференции вокруг UE путем передачи большей мощности от каждой BTS. Это позволяет повысить качество сигнала на UE, что является необходимым условием получения межсотового прироста за счет мультиплексирования по всей соте посредством пространственной обработки. Таким образом, системы, описанные на предшествующем уровне техники, нельзя применять для достижения межсотового прироста за счет мультиплексирования посредством пространственной обработки, так как качество сигнала на всей площади соты является недостаточным (вследствие ограничения мощности передачи от BTS) для того, чтобы было возможно использовать способы межсотового мультиплексирования, применяемые в настоящем изобретении. Более того, с помощью систем, описанных на предшествующем уровне техники, было бы невозможно достичь прироста за счет мультиплексирования, получаемого в настоящем изобретении, как показано на фиг. 3-4, учитывая, что системы предшествующего уровня техники были разработаны с целью предотвращения межсотовой интерференции в пределах зон разнесения, показанных в заштрихованной области на фиг. 1-4, а не с целью использования межсотовой интерференции в зонах мультиплексирования для получения за счет мультиплексирования межсотового прироста, который достигается в настоящем изобретении.

Варианты осуществления настоящего изобретения включают систему и способы

использования межсотового прироста за счет мультиплексирования в беспроводных сетях связи посредством пространственной обработки с использованием многоантенной системы (MAS) с многопользовательскими (MU) передачами (многопользовательская многоантенная система, или MU-MAS). В одном варианте осуществления настоящего изобретения мощность, передаваемая с множества антенн, ограничена с целью сведения к минимуму интерференции на границах соты (как в обычных сотовых системах), а способы пространственной обработки используются только для устранения межсотовой интерференции. В другом варианте осуществления настоящего изобретения мощность, передаваемая с множества антенн, не ограничена каким-либо конкретным уровнем мощности (до тех пор пока уровень излучения мощности не выходит за пределы установленных законодательством норм или норм безопасности), таким образом создавая по всей соте преднамеренно более высокие уровни межсотовой интерференции, которая используется для достижения межсотового прироста за счет мультиплексирования и повышения пропускной способности беспроводной сети связи.

В одном варианте осуществления беспроводная сеть связи представляет собой сотовую сеть, как показано на фиг. 1-2, такую как сотовая сеть на основе стандартов LTE. В другом варианте осуществления настоящего изобретения беспроводная сеть связи не ограничена какой-либо конкретной схемой расположения сот, а границы соты могут охватывать более крупные зоны, как на фиг. 3-4. Например, беспроводная сеть связи может представлять собой беспроводную локальную сеть (WLAN) или ячеистую узкоспециализированную или сенсорную сеть, распределенную систему антенн или систему DIDO с точками доступа, размещенными интуитивно без каких-либо ограничений на передачу мощности. Но общая применимость настоящего изобретения с беспроводными сетями связи не ограничена такими примерами сетевых структур.

Настоящее изобретение применимо к любой беспроводной сети, в которой прирост за счет мультиплексирования достигается путем передачи сигналов с множества антенн, интерферирующих при приеме множеством UE, с созданием одновременных неинтерферирующих потоков данных к множеству UE.

Как показано на фиг. 9, один вариант осуществления MU-MAS состоит из централизованного процессора 901, сети базовых станций (BSN) 902 и M базовых приемопередающих станций (BTS) 903, взаимодействующих беспроводным образом с N клиентских устройств, также называемых пользовательским оборудованием UE (показаны как UE 1-4). Централизованный процессорный блок 901 принимает N потоков информации по сети 900 (например, по сети Интернет) с разным сетевым контентом C1-5 (например, видео, веб-страницы, видеоигры, текст, голосовые данные и т.д., поток которых исходит с веб-серверов или других сетевых источников), предназначенным для разных клиентских устройств UE 1-4. В дальнейшем под термином «поток информации» подразумевается любой поток данных, направляемых по сети 900, содержащий информацию, которую можно демодулировать или декодировать как отдельный поток в соответствии с определенной схемой или протоколом модуляции/кодирования для формирования любых данных, включая, без ограничений, аудио-, веб- и видеоконтент. В одном варианте осуществления поток информации представляет собой последовательность битов, имеющую сетевой контент, которую можно демодулировать или декодировать как отдельный поток.

Централизованный процессор 901 использует предварительное кодирование с преобразованием для объединения (в соответствии с алгоритмами, такими как описанные в смежных патентах и заявках) N потоков информации сетевого контента в M битовых потоков. Для примера, но не в качестве ограничения, предварительное кодирование с

преобразованием может быть линейным (например, обращение в нуль незначимых коэффициентов [65], блочная диагонализация [66-67], инверсия матрицы и т.д.) или нелинейным (например, кодирование dirty paper [68-70] или предварительное кодирование Томлинсона-Харашимы [71-72], методики решетчатого кодирования, или треллис-модуляции [73-74], методики векторного кодирования [75-76]). В дальнейшем под термином «поток битов» подразумевается любая последовательность битов, которая необязательно содержит полезные биты данных и которую по этой причине нельзя демодулировать или декодировать как отдельный поток для восстановления сетевого контента. В одном варианте осуществления изобретения поток битов представляет собой сложный сигнал основной полосы частот, который формируется централизованным процессором и квантуется заданным числом битов для передачи на одну из М приемопередающих станций.

В одном варианте осуществления MAS представляет собой систему распределенного входа - распределенного выхода (DIDO), описанную в смежных патентах и заявках. В этом варианте осуществления система DIDO состоит из следующего.

- Пользовательское оборудование (UE) 1-4. Приемопередатчик РЧ для неподвижных или мобильных клиентов, принимающих потоки данных через нисходящий (DL) канал транспортной сети DIDO и передающих данные в транспортную сеть DIDO через восходящий (UL) канал.

- Базовая приемопередающая станция (BTS) 903. BTS взаимодействуют с транспортной сетью DIDO через беспроводной канал. BTS в одном варианте осуществления представляют собой точки доступа, состоящие из ЦАП/АЦП и радиочастотной (РЧ) цепи для преобразования сигнала основной полосы частот в РЧ. В некоторых случаях BTS представляет собой простой РЧ приемопередатчик, оснащенный усилителем мощности/антенной, а РЧ сигнал передается к BTS посредством технологии «РЧ канал по оптоволокну», описанной в смежных патентах и заявках.

- Контроллер (CTR) 905. CTR 905 представляет собой конкретный тип BTS, разработанный для выполнения специальных функций, таких как передача обучающих сигналов для синхронизации BTS и/или UE по времени/частоте, получение/передача управляющей информации от/к UE, получение информации о состоянии канала (CSI) или информации о качестве канала от UE. В любую систему DIDO можно включить одну или множество станций CTR. Если доступно множество CTR, информацию, передаваемую этим станциям или принимаемую от них, можно объединить для увеличения разнесения и повышения качества линии связи. В одном варианте осуществления CSI принимается от множества CTR посредством методик объединения сигналов с максимальным отношением (MRC) для улучшения демодуляции CSI. В другом варианте осуществления управляющая информация отправляется от множества CTR посредством передачи сигналов с максимальным отношением (MRT) для повышения SNR на стороне приемника. Объем изобретения не ограничивается методиками MRC или MRT, и для повышения качества беспроводных линий связи между CTR и UE можно использовать любой другой способ разнесения (например, выбор антенн и т.д.).

- Централизованный процессор (CP) 901. CP представляет собой сервер DIDO, взаимодействующий с сетью Интернет или внешними сетями других типов через транспортную сеть DIDO. В одном варианте осуществления CP производит расчеты при обработке сигнала основной полосы частот DIDO и отправляет сформированные сигналы распределенным BTS для передачи через DL.

- Сеть базовых станций (BSN) 902. BSN представляет собой сеть, которая соединяет CP и распределенные BTS и передает информацию либо в канал DL, либо в канал UL.

BSN представляет собой проводную сеть, беспроводную сеть или их комбинацию. Например, BSN представляет собой сеть DSL, кабельную, оптоволоконную сеть или беспроводную линию связи с прямой видимостью или без прямой видимости. Более того, BSN представляет собой частную сеть, локальную вычислительную сеть или сеть Интернет.

Далее описано, каким образом структура вышеуказанной системы DDO может быть встроена в стандарт LTE для сотовых систем (а также для несотовых систем, в которых используются протоколы LTE) для достижения показателей дополнительного прироста спектральной эффективности. Сначала будет представлен общий обзор структуры LTE и методик модуляции, используемых в каналах DL и UL. Затем будет дано краткое описание структуры кадров на физическом уровне и выделение ресурсов в стандарте LTE. Наконец, будут определены способы предварительного кодирования DDO для нисходящих (DL) и восходящих (UL) каналов в многопользовательских сценариях, в которых применяется структура LTE. Для схем DL предложены два решения: схемы DDO без обратной связи и с обратной связью.

LTE разработан на основе плоской сетевой архитектуры (в противоположность иерархической архитектуре предшествующих сотовых стандартов) для обеспечения сокращения задержки, снижения потерь пакетов посредством ARQ, сокращения времени установления соединения, улучшения покрытия и повышения пропускной способности посредством макроразнесения. На фиг. 5 представлены следующие сетевые элементы сетей LTE [79].

- GW (шлюз) 501-502 - маршрутизатор, соединяющий сеть LTE с внешними сетями (например, сетью Интернет). GW разделен на обслуживающий шлюз (S-GW) 502, который завершает взаимодействие E-UTRAN, и шлюз PDN (P-GW) 501, обеспечивающий взаимодействие с внешними сетями. S-GW 502 и P-GW 501 входят в так называемое усовершенствованное пакетное ядро (EPC).

- MME (узел управления мобильностью) 503 управляет мобильностью, параметрами безопасности и идентичностью UE. MME 503 тоже входит в состав EPC LTE.

- eNodeB (усовершенствованный Node-B) 504 - базовая станция, которая осуществляет управление радиоресурсами, пользовательской мобильностью и планированием.

- UE (пользовательское оборудование) 505 - мобильные станции.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения сеть LTE представляет собой сеть DDO, в которой DDO-UE представляет собой UE в сетях LTE, DDO-BTS представляет собой eNodeB LTE, DDO-CTR представляет собой eNodeB или MME LTE, DDO-CP представляет собой GW LTE.

Длительность кадра LTE составляет 10 мс, и кадр состоит из десяти подкадров, как показано на фиг. 6а-с [33, 80]. Каждый подкадр разделен на два слота длительностью 0,5 мс каждый. В стандартах LTE определены два типа кадров: i) тип 1 для работы в режиме FDD, как показано на фиг. 6а, в котором все подкадры назначены либо нисходящим (DL), либо восходящим (UL) каналам; ii) тип 2 для работы в режиме TDD, как показано на фиг. 6б, в котором часть подкадров назначена DL, а часть - UL (в зависимости от выбранной конфигурации), тогда как несколько подкадров зарезервированы для «специального применения». Каждый кадр содержит по меньшей мере один специальный подкадр, который состоит из трех полей: i) пилотный временной слот нисходящего направления (DwPTS), зарезервированный для передачи DL; ii) защитный интервал (GP); iii) пилотный временной слот восходящего направления (UpPTS) для передачи UL.

В LTE используется мультиплексирование с ортогональным частотным разделением

каналов (OFDM) и модуляция на основе многостанционного доступа с ортогональным частотным разделением каналов (OFMDA) для DL и FDMA с одной несущей (SC-FDMA) для UL. «Ресурсный элемент» (RE) представляет собой наименьшую структуру модуляции в LTE и состоит из одной поднесущей OFDM по частоте и одной длительности символа OFDM по времени, как показано на фиг. 7. «Ресурсный блок» (RB) состоит из 12 поднесущих по частоте и одного слота 0,5 мс по времени (состоящего из 3-7 символов OFDM в зависимости от соотношения каналов DL и UL и типа циклического префикса).

#### 1. Нисходящие линии связи DIDO с обратной связью в LTE

Схемы DIDO с обратной связью можно применять либо в дуплексных системах с временным разделением (TDD), либо в дуплексных системах с частотным разделением каналов (FDD). В системах FDD каналы DL и UL функционируют на разных частотах, поэтому оценка информации о состоянии канала (CSI) DL должна выполняться на стороне UE и передаваться обратно на CP через BTS или CTR посредством канала UL. В системах TDD каналы DL и UL настроены на одну и ту же частоту, и в системе могут использоваться либо методики с обратной связью, либо схемы без обратной связи, в которых используется принцип взаимности каналов (как описано в представленном ниже разделе). Основным недостатком схем с обратной связью является необходимость получения ими обратной связи, что приводит к повышению затрат на управляющую информацию по UL.

Один вариант осуществления механизма для схем с обратной связью в системах DIDO представляет собой следующий: i) BTS 903 направляют сигнальную информацию на UE по DL; ii) UE используют эту сигнальную информацию для оценки информации о состоянии канала (CSI) DL от всех «активных BTS»; iii) UE квантуют CSI DL или применяют кодовые книги для выбора весовых коэффициентов предварительного кодирования, которые используются для следующей передачи; iv) UE направляют квантованную CSI или индекс кодовой книги на BTS 903 или CTR 905 посредством канала UL; v) BTS 903 или CTR 905 передают информацию на CSI или индекс кодовой книги на CP 901, который рассчитывает весовые коэффициенты предварительного кодирования для передачи данных по DL. «Активные BTS» определены как множество BTS, доступных для заданного UE. Например, в смежной находящейся на одновременном рассмотрении заявке на патент США с сер. №12/802,974, озаглавленной «Система и способ управления межкластерной эстафетной передачей клиентов, проходящих через множество кластеров DIDO», и смежной находящейся на одновременном рассмотрении заявке на патент США с сер. №12/917,257, озаглавленной «Системы и способы координации передач в распределенных беспроводных системах посредством кластеризации пользователей» «кластер пользователей» определен как множество BTS, доступных заданному UE. Число активных BTS ограничено кластером пользователей, чтобы сократить число CSI от BTS к заданному UE, для которых требуется оценка, таким образом сокращая затраты на обратную связь по UL и сложность расчетов предварительного кодирования DIDO на CP 901.

##### 1.1 Передача сигналов по нисходящей линии связи DIDO в рамках стандарта LTE

В стандарте LTE определены два типа опорных сигналов (RS), которые можно применять для передачи сигналов по DL в схемах с обратной связью [33, 50, 82-83]: i) опорный сигнал конкретной соты (CRS); ii) опорный сигнал конкретного UE, такой как опорный сигнал информации о состоянии канала (CSI-RS) и RS демодуляции (DM-RS). RS конкретной соты предварительно не кодируется, тогда как RS конкретного UE предварительно кодируется [50]. CRS применяется в LTE версии 8, в которой используются методики SU/MU-MIMO на основе кодовых книг, и каждая сота содержит

максимум четыре антенны. В LTE-Advanced версии 10 поддерживаются схемы SU/MU-MIMO, не основанные на кодовых книгах, включающие максимум восемь передающих антенн, а также схемы CoMP с антеннами, распределенными по разным сотам. Таким образом, версия 10 позволяет обеспечить более высокую гибкость схем передачи сигнала посредством CSI-RS. В настоящем изобретении описано, каким образом каждый из типов схем передачи сигналов можно применять в системах DIDO для обеспечения предварительного кодирования.

#### 1.1.1 Передача сигналов в DIDO с применением CRS

CRS используется в системах LTE (версия 8) для оценки CSI от всех передающих антенн BTS на UE [80, 84]. CRS получают как произведение двухмерной ортогональной последовательности и двухмерной псевдослучайной числовой (PRN) последовательности. Существует три ортогональных и 170 возможных последовательностей PRN, образующих в совокупности 510 разных последовательностей CRS. Каждая последовательность уникальным образом идентифицирует одну соту. CRS передается в пределах первого и третьего - последнего символа OFDM каждого слота, а также каждой шестой поднесущей. Для каждой передающей антенны BTS разработаны ортогональные модели по времени и частоте для уникальной оценки CSI от каждой из четырех антенн на UE. Данная высокая плотность CRS по времени и частоте (т.е. направление сигнала в каждом слоте 0,5 мс и с каждой шестой поднесущей), обеспечивающая 5% затрат, была разработана преднамеренно с целью поддержки сценариев с быстрыми изменениями каналов по времени и частоте [83].

В реализуемых на практике системах DIDO может быть так, что каждый UE «увидит» более четырех BTS в своем кластере пользователей. Например, на фиг. 8 показано распределение SNR для развертывания систем DIDO на практике в центральной части г. Сан-Франциско, штат Калифорния, США. Модель распространения основана на модели 3GPP для потерь в среде распространения/затенения [81], и в ней предполагается частота несущей 900 МГц. Точками на карте указано расположение DIDO-BTS, тогда как темный круг представляет собой кластер пользователей (в котором UE размещен в центре круга). В малонаселенных областях UE «видит» лишь несколько BTS в пределах своего кластера пользователей (например, всего три BTS в примере на фиг. 8), тогда как в густонаселенных областях каждый кластер пользователей может содержать до 26 BTS, как на фиг. 8.

Высокая избыточность CRS может использоваться в системах DIDO для обеспечения оценки CSI от любого числа передающих антенн, превышающего четыре. Например, если канал является фиксированным и беспроводным или характеризуется низким уровнем эффектов Доплера, нет необходимости рассчитывать CSI от всех четырех передающих антенн каждые 0,5 мс (длительность слота). Аналогичным образом, если канал обладает равномерной частотой, оценка CSI с каждой шестой поднесущей избыточна. В этом случае ресурсные элементы (RE), занятые избыточным CRS, можно повторно выделить для других передающих антенн или BTS в системе DIDO. В одном варианте осуществления настоящего изобретения система выделяет ресурсные элементы избыточного CRS дополнительным антеннам или BTS в системе DIDO. В другом варианте осуществления система оценивает временную и частотную селективность канала и динамически выделяет CRS для разных BTS или только для BTS в пределах кластера пользователей для разных ресурсных элементов.

#### 1.1.2 Передача сигналов в DIDO с применением CSI-RS и DM-RS

В стандарте LTE-Advanced (версия 10) CSI-RS применяется каждым UE для оценки CSI от BTS [33, 83]. В стандарте определен ортогональный CSI-RS для разных

передатчиков на BTS, так что UE может различать CSI от разных BTS. CSI-RS поддерживает максимум восемь передающих антенн на BTS, как в таблицах 6.10.5.2-1,2 в [33]. CSI-RS направляется с периодичностью в диапазоне от 5 до 80 подкадров (т.е. CSI-RS направляется каждые 5-80 мс), как в таблицах 6.10.5.3-1 в [33]. Для периодичности CSI-RS в LTE-Advanced было преднамеренно задано более высокое значение, чем для CRS в LTE, чтобы избежать избыточных затрат на управляющую информацию, в особенности для устаревших терминалов LTE, которые не могут использовать эти дополнительные ресурсы. Другой опорный сигнал, применяемый для оценки CSI, - это демодуляция RS (DM-RS). DM-RS представляет собой опорный сигнал демодуляции, предназначенный для конкретного UE и передаваемый только в ресурсном блоке, назначенном для передачи этому UE.

Когда в пределах кластера пользователей находится более восьми антенн (максимальное число передатчиков, поддерживаемых стандартом LTE-Advanced), для обеспечения соответствия системы стандарту LTE-Advanced необходимо использовать альтернативные методики для обеспечения предварительного кодирования DIDO. В одном варианте осуществления настоящего изобретения каждый UE применяет CSI-RS или DM-RS или комбинацию обоих для оценки CSI от всех активных BTS в своем собственном кластере пользователей. В этом же варианте осуществления система DIDO обнаруживает число BTS в пределах кластера пользователей, а также соответствие кластера пользователей стандарту LTE-Advanced (который поддерживает не более восьми антенн). В случае несоответствия система DIDO использует альтернативные методики для обеспечения передачи сигналов по DL от BTS на текущий UE. В одном варианте осуществления мощность, передаваемая от BTS, снижается до тех пор, пока для UE достижимыми будут не более восьми BTS в пределах его кластера пользователей. Однако это решение вследствие уменьшения площади покрытия может снижать скорость передачи данных.

Другое решение заключается в том, чтобы разделить BTS в кластере пользователей на подмножества, и за один раз отправлять одно множество CSI-RS для каждого подмножества. Например, если периодичность CSI-RS составляет 5 подкадров (т.е. 5 мс), как в таблице 6.10.5.3-1 в [33], то каждые 5 мс выполняется отправка CSI-RS от нового подмножества BTS. Следует отметить, что это решение работает до тех пор, пока периодичность CSI-RS достаточно мала для покрытия всех подмножеств BTS в пределах времени когерентности каналов UE (которое является функцией доплеровской скорости UE). Например, если выбранная периодичность CSI-RS составляет 5 мс, а время когерентности канала составляет 100 мс, можно определить максимум 20 подмножеств BTS по 8 BTS в каждой, добавив в совокупности максимум 160 BTS в пределах кластера пользователей. В другом варианте осуществления настоящего изобретения система DIDO оценивает время когерентности UE и принимает решение о том, сколько BTS можно поддерживать в пределах кластера пользователей для заданной периодичности CSI-RS, чтобы избежать снижения эффективности вследствие изменений в канале и эффекта Доплера.

Все предложенные для CSI-RS решения соответствуют стандарту LTE и могут быть развернуты в рамках структуры обычных систем LTE. Например, предложенный способ, который обеспечивает использование более восьми антенн на кластер пользователей, не потребует модификаций оборудования UE LTE и внедрения программного обеспечения, а для выбора подмножества BTS в любое заданное время требуется лишь небольшое изменение протоколов, применяемых на BTS и CP. Эти модификации можно легко реализовать на облачной платформе программно определяемой радиосвязи

(SDR), представляющей собой один из многообещающих примеров развертывания систем DIDO. Альтернативно, если возможно смягчить ограничения стандарта LTE, можно разработать несколько модифицированное аппаратное и программное обеспечение для UE LTE с целью поддержки аналогичных, но не соответствующих требованиям LTE режимов работы DIDO, так чтобы UE могли функционировать в режиме полного соответствия LTE или в модифицированном режиме, поддерживающем работу систем DIDO, не соответствующих требованиям LTE. Например, другое решение заключается в увеличении числа CSI-RS для обеспечения большего числа BTS в системе. В другом варианте осуществления настоящего изобретения в качестве средства увеличения числа поддерживаемых BTS на кластер пользователей используют разные модели и периодичности для CSI-RS. Такие незначительные модификации стандарта LTE могут быть достаточно малыми, чтобы можно было применять существующие чипсеты UE LTE с внесением простой модификации в программное обеспечение. Или, если потребуется модифицировать аппаратную часть чипсетов, изменения будут небольшими.

## 1.2 Способы обратной связи с использованием CSI в восходящей линии связи DIDO в рамках стандарта LTE

В стандартах LTE и LTE-Advanced UE направляет информацию об обратной связи на BTS, чтобы сообщить о текущих условиях своего канала и весовых коэффициентах предварительного кодирования для передачи с обратной связью по каналу DL. В эти стандарты включены три разных показателя канала [35].

- Показатель ранга (RI) указывает на то, сколько пространственных потоков передано на заданный UE. Это число всегда равно или меньше числа передающих антенн.

- Показатель матрицы предварительного кодирования (PMI) представляет собой индекс кодовой книги, применяемый для предварительного кодирования по каналу DL.

- Показатель качества канала (CQI) определяет схему кодирования модуляции и прямого исправления ошибок (FEC) для применения по DL с целью сохранения предопределенной частоты ошибок для заданных состояний канала.

Для всей полосы пропускания отмечен лишь один PJ, тогда как передача PMI и CQI может быть широкополосной или может обеспечиваться для подполосы, в зависимости от частотной селективности канала. Эти показатели передаются в UL по физическим каналам двух разных типов: i) восходящий управляющий физический канал (PUSCH), применяемый только для управляющей информации; ii) общий восходящий физический канал (PUSCH), применяемый как для данных, так и для управляющей информации, выделенный на один ресурсный блок (RB) на основе подкадра. В PUSCH процедура передачи RI, PMI и CQI является периодической, а показатели могут быть либо широкополосными (для каналов с равномерной частотой), либо выбираемыми UE на основе подполосы (для каналов с частотной селективностью). В PUSCH процедура обратной связи является аperiodической и может выбираться UE на основе подполосы (для каналов с частотной селективностью) или быть сконфигурированной на более высоком уровне на основе подполосы (например, для режима передачи 9 в LTE-Advance с восемью передатчиками).

В одном варианте осуществления настоящего изобретения в системе DIDO используются RI, PMI и CQI для передачи своего текущего состояния канала и информации предварительного кодирования BTS и CP. В одном варианте осуществления UE применяет канал PUSCH для передачи этих показателей на CP. В другом варианте осуществления в том случае, если для предварительного кодирования DIDO требуется

большее число показателей, UE использует PUSCH для передачи дополнительных показателей на CP. Если канал обладает равномерной частотой, UE может использовать дополнительные ресурсы UL для передачи PMI на большее число антенн в системах DIDO. В одном варианте осуществления настоящего изобретения UE, BTS или CP оценивают частотную селективность канала, и в том случае, если канал обладает равномерной частотой, UE использует дополнительные ресурсы UL для передачи PMI на большее число BTS.

2. Нисходящие линии связи DIDO без обратной связи в LTE Схемы DIDO без обратной связи могут применяться только в дуплексных системах с временным разделением (TDD), в которых используется принцип взаимности каналов. Одним вариантом осуществления механизма для схем без обратной связи в системах DIDO является следующий: i) UE 1-4 направляют сигнальную информацию на BTS 903 или CTR 905 по UL; ii) BTS 903 или CTR 905 используют эту сигнальную информацию для оценки CSI UL от всех UE 1-4; iii) BTS 903 или CTR 905 используют калибровку РЧ для преобразования CSI UL в CSI DL; iv) BTS 903 или CTR 905 направляют CSI DL или индекс кодовой книги на CP посредством BSN 902; v) CP 901 на основании этой CSI DL рассчитывает весовые коэффициенты предварительного кодирования для передачи данных по DL. Аналогично схемам DIDO с обратной связью можно использовать кластеры пользователей для уменьшения числа CSI от UE, оцениваемой на BTS, таким образом снижая вычислительную нагрузку на BTS, а также количество сигнальной информации, которую требуется передать по UL. В одном варианте осуществления настоящего изобретения методики предварительного кодирования для систем без обратной связи используются для направления одновременных неинтерферирующих потоков данных от BTS на UE по каналу DL.

В LTE имеются два типа опорных сигналов для восходящего канала [31, 33, 87]: i) зондирующий опорный сигнал (SRS), применяемый для планирования и адаптации линии связи; ii) опорный сигнал демодуляции (DMRS), применяемый для приема данных. В одном варианте осуществления настоящего изобретения SRS или DMRS используется в системах DIDO без обратной связи для оценки каналов UL от всех UE на все BTS. Во временной области DMRS направляется с четвертым символом OFDM (при применении обычного циклического префикса) каждого слота LTE (длительностью 0,5 мс). В частотной области DMRS, направленный по PUSCH, для каждого UE привязывается к одному и тому же ресурсному блоку (RB), применяемому этим UE для передачи данных по UL.

Длина DMRS составляет  $M^{RS} = mN^{RB}$ , где  $m$  представляет собой число RB, а  $N^{RB} = 12$

представляет собой число поднесущих на RB. Для поддержки множества UE генерируется несколько DMRS на основе одной основной последовательности Задова-Чу [88] или генерируемой компьютером последовательности постоянной амплитуды с нулевой автокорреляцией (CG-CAZAC) посредством циклического смещения основной последовательности. Основные последовательности разделены на 30 групп, и соседние соты LTE выбирают DMRS из разных групп для снижения межсотовой интерференции. Например, если максимальное число ресурсных блоков в пределах одного символа OFDM составляет 110 (т.е. если предположить, что общая ширина полосы пропускания сигнала составляет 20 МГц), то возможно сгенерировать максимум  $110 \times 30 = 3300$  разных последовательностей.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения система DIDO назначает UE «виртуальным сотам» для обеспечения максимального числа SRS или DMRS, которые

можно применять в UL. В одном примере осуществления виртуальная сота представляет собой область когерентности (описанную в смежной находящейся на одновременном рассмотрении заявке на патент США с сер. №13/232,996, озаглавленной «Системы и способы использования областей когерентности в беспроводных системах») вокруг UE, а система DIDO генерирует максимум 3300 областей когерентности для разных UE. В другом варианте осуществления настоящего изобретения каждая из 30 основных последовательностей назначается разным кластерам DIDO (определение кластеров дано в смежном патенте США №8,170,081, выданном 1 мая 2012 г., озаглавленном «Система и способ регулирования подавления помех в системах DIDO на основе измерений мощности сигнала») для снижения межкластерной интерференции по смежным кластерам DIDO. В другом варианте осуществления SRS или DMRS назначаются в соответствии с определенными моделями скачкообразной перестройки частоты для использования частотного разнесения каналов.

В том случае, когда ортогональных SRS или DMRS недостаточно для одновременного обслуживания всех UE в DL посредством предварительного кодирования DIDO, в качестве одной из альтернатив можно мультиплексировать SRS или DMRS разных UE во временной области. Например, UE разделены на разные группы, и SRS или DMRS для этих групп направляются в последовательных временных слотах (длительностью 0,5 мс каждый). Однако в этом случае необходимо гарантировать, что периодичность назначения SRS или DMRS разным группам будет ниже, чем время когерентности канала для самого быстро перемещающегося UE. Фактически необходимым условием является гарантия того, что канал для всех UE не изменится с момента оценки CSI с помощью SRS или DMRS до момента передачи системой по DL потоков данных на UE посредством предварительного кодирования DIDO. В одном варианте осуществления настоящего изобретения система делит активные UE на группы и назначает одно и то же множество SRS или DMRS каждой группе в последовательных временных слотах. В этом же варианте осуществления система оценивает самое короткое время когерентности канала для всех активных UE и рассчитывает максимальное число групп UE, а также периодичность временного мультиплексирования SRS или DMRS на основе этой информации.

3. Методики передачи по восходящему каналу DIDO в LTE В вариантах осуществления настоящего изобретения используются схемы MU-MIMO без обратной связи по каналу UL для получения одновременных потоков данных UL от всех UE на BTS. Один из вариантов осуществления схемы MU-MIMO по UL без обратной связи включает следующие этапы: i) UE 1-4 направляют сигнальную информацию и полезную нагрузку на все BTS 903; ii) BTS 903 рассчитывают оценки каналов от всех UE с применением сигнальной информации; iii) BTS 903 направляют оценки каналов и полезную нагрузку на CP 901; iv) CP 901 применяет оценки каналов для устранения межканальной интерференции полезной нагрузки от всех UE посредством пространственного фильтрации и демодулирует потоки данных от всех UE. В одном варианте осуществления система MU-MIMO без обратной связи использует множественный доступ с частотным разделением каналов и одной несущей (SC-FDMA) для увеличения числа каналов UL от UE на BTS и мультиплексирует их в частотной области.

В одном варианте осуществления синхронизация среди UE достигается посредством отправки сигналов от DL, и предполагается, что все BTS 903 связаны с одним и тем же временным/частотным опорным генератором тактовых импульсов в одном варианте осуществления за счет GPSDO либо посредством прямого проводного подключения к одному и тому же генератору, либо путем совместного использования общего

временного/частотного опорного сигнала. Изменения задержки канала, распространяемые на разные UE, могут генерировать изменчивость среди временных опорных сигналов разных UE, что может повлиять на характеристики способов MU-MIMO по UL. В одном варианте осуществления только UE в пределах одного и того же кластера DIDO (например, UE, расположенные в непосредственной близости друг к другу) обрабатываются способами MU-MIMO для сокращения относительной задержки распространения по разным UE. В другом варианте осуществления относительные задержки распространения между UE компенсируются на UE или на BTS, чтобы гарантировать одновременный прием полезных нагрузок от разных UE 1-4 на BTS 903.

Методики обеспечения передачи сигнальной информации для демодуляции данных по UL могут представлять собой те же способы, которые применяются для передачи сигналов по нисходящим линиям связи в схеме DIDO без обратной связи, описанной в предыдущем разделе. CP 901 может использовать разные методики пространственной обработки для устранения межканальной интерференции от полезной нагрузки UE. В одном варианте осуществления настоящего изобретения CP 901 использует нелинейные способы пространственной обработки, такие как приемники с применением метода максимального правдоподобия (ML), метода компенсации с решающей обратной связью (DFE) или последовательного подавления помех (SIC). В другом варианте осуществления CP 901 использует линейные фильтры, такие как приемники с обращением в нуль незначимых коэффициентов (ZF) или с минимальной среднеквадратической ошибкой (MMSE), для устранения межканальной интерференции и индивидуальной демодуляции восходящих потоков данных.

#### 4. Интеграция с существующими сетями LTE

В Соединенных Штатах Америки и других регионах мира сети LTE уже функционируют или находятся в процессе развертывания, и/или принято решение об их развертывании. Для операторов LTE значительным преимуществом будет обеспечение постепенного внедрения возможностей DIDO в существующие развертывания или в развертывания, в отношении которых было принято решение. Таким образом, они смогут развернуть DIDO в областях, где они обеспечат самое быстрое получение преимуществ, и постепенно расширять возможности DIDO, чтобы покрыть большую площадь их сети. Со временем, имея достаточное покрытие DIDO в регионе, они смогут принять решение о полном прекращении применения сот, вместо этого полностью перейдя на DIDO и получая гораздо более высокую спектральную плотность при гораздо более низких затратах. Во время этого полного перехода от сотовых систем к DIDO беспроводные клиенты оператора LTE совсем не ощутят снижения качества обслуживания. Напротив, они ощутят повышение пропускной способности передачи данных и надежности, а оператор будет наблюдать снижение своих затрат.

Имеется несколько вариантов осуществления, которые обеспечат постепенную интеграцию DIDO в существующие сети LTE. Во всех случаях BTS для DIDO будут называться BTS DIDO-LTE и будут использовать один из вышеописанных LTE-совместимых вариантов осуществления DIDO или других LTE-совместимых вариантов осуществления, которые могут быть разработаны в будущем. Или же BTS DIDO-LTE будут использовать облегченный вариант стандарта LTE, такой как описанные выше, а UE будут либо обновлены (например, если программного обновления будет достаточно, чтобы модифицировать UE так, чтобы они стали совместимым с DIDO), либо будет развернуто новое поколение UE, совместимых с DIDO. В любом случае новые BTS, поддерживающие DIDO либо в условиях ограничений стандарта LTE, либо в виде варианта стандарта LTE, ниже будут называться базовыми приемопередающими

станциями (BTS) DIDO-LTE.

Стандарт LTE поддерживает различные значения ширины полосы пропускания каналов (например, 1,4, 3, 5, 10, 15 и 20 МГц). В одном варианте осуществления оператор существующей сети LTE может либо выделить новую полосу пропускания для BTS LTE-DIDO, либо разделить существующий диапазон LTE (например, 20 МГц можно разделить на два блока по 10 МГц) для поддержки обычных BTS LTE в сотовой конфигурации в одном блоке диапазона и BTS DIDO-LTE в другом блоке диапазона. Фактически в результате этого будут созданы две отдельные сети LTE, а устройства UE будут выполнены с возможностью работы с одной или другой сетью или для выбора между двумя сетями. В случае подразделения диапазона диапазон может быть разделен равномерно между обычной сетью LTE и сетью DIDO-LTE или неравномерно с выделением большего диапазона для той сети, которая сможет использовать его наилучшим образом с учетом заданного уровня развертывания сотовых BTS LTE и BTS DIDO-LTE BTS и/или моделей применения UE. Такое подразделение по мере необходимости можно изменять со временем, а в некоторый момент, когда будет выполнено развертывание достаточного числа BTS DIDO-LTE для обеспечения такого же или лучшего покрытия, которое обеспечивается сотовыми BTS, весь диапазон можно будет выделить для BTS DIDO-LTE, а сотовые BTS можно будет вывести из эксплуатации.

В другом варианте осуществления обычные сотовые BTS LTE можно выполнить с возможностью координации с BTS DIDO-LTE так, чтобы они могли совместно использовать один и тот же диапазон поочередно. Например, при равной мере совместного использования диапазона каждая сеть BTS будет поочередно использовать по одному кадру 10 мс, например, один кадр 10 мс для сотовой BTS LTE, а затем один кадр 10 мс для BTS DIDO-LTE. Кадры также можно подразделить на неравные интервалы времени. Такое разбиение на интервалы по мере необходимости можно изменять со временем, а в некоторый момент, когда будет выполнено развертывание достаточного числа BTS DIDO-LTE для обеспечения такого же или лучшего покрытия, которое обеспечивается сотовыми BTS, весь диапазон можно будет выделить для BTS DIDO-LTE с выводом из эксплуатации BTS.

В другом варианте осуществления настоящего изобретения DIDO используется в качестве беспроводной транспортной сети LOS или NLOS для малых сот в сетях LTE и LTE-Advanced. При развертывании малых сот в сетях LTE система DIDO обеспечивает для них высокоскоростную беспроводную транспортную сеть. По мере роста спроса на более высокую скорость передачи данных к сети добавляется все большее число малых сот, до тех пор пока беспроводная сеть не достигнет предела, при котором в заданной области к ней будет невозможно добавить малые соты, не вызвав межсотовой интерференции. В этом же варианте осуществления настоящего изобретения BTS DIDO применяют для постепенного замещения малых сот, таким образом повышая пропускную способность сети с помощью межсотовой интерференции.

#### Ссылки

[1] A. Paulraj, R. Nabar, and D. Gore, Introduction to Space-Time Wireless Communications, Cambridge University Press, 40 West 20th Street, New York, NY, USA, 2003.

[2] D. Gesbert, M. Shafi, D. Shiu, P.J. Smith and A. Naguib, "From theory to practice: an overview of MIMO space-time coded wireless systems", IEEE Journal on Selected Areas on Communications, vol. 2, n. 3, pp. 281-302, Apr. 2003.

[3] L. Zheng and D. N. C. Tse, "Diversity and multiplexing: a fundamental tradeoff in multiple-antenna channels," IEEE Trans. Info. Th, vol. 49, no. 5, pp. 1073-1096, May 2003.

[4] D. N.C. Tse, P. Viswanath, and L. Zheng, "Diversity-multiplexing tradeoff in multiple-

access channels", IEEE Trans. Info. Th., vol. 50, no. 9, pp. 1859-1874, Sept. 2004.

[5] E. Visotsky and U. Madhow, "Space-time transmit precoding with imperfect feedback," IEEE Trans. Info. Th., vol. 47, pp. 2632-2639, Sep. 2001.

[6] S.A. Jafar, S. Vishwanath, and A. Goldsmith, "Channel capacity and beamforming for multiple transmit and receive antennas with covariance feedback," Proc. IEEE Int. Conf. on Comm., vol. 7, pp. 2266-2270, Jun. 2001.

[7] S.A. Jafar and A. Goldsmith, "Transmitter optimization and optimality of beamforming for multiple antenna systems," IEEE Trans. Wireless Comm., vol. 3, pp. 1165-1175, July 2004.

[8] E.A. Jorswieck and H. Boche, "Channel capacity and capacity-range of beamforming in MIMO wireless systems under correlated fading with covariance feedback," IEEE Trans. Wireless Comm., vol. 3, pp. 1543-1553, Sep. 2004.

[9] A.L. Moustakas and S.H. Simon, "Optimizing multiple-input single-output (MISO) communication systems with general Gaussian channels: nontrivial covariance and nonzero mean," IEEE Trans. Info. Th., vol. 49, pp. 2770-2780, Oct. 2003.

[10] M. Kang and M.S. Alouini, "Water-filling capacity and beamforming performance of MIMO systems with covariance feedback," IEEE Work. on Sign. Proc. Adv. in Wire. Comm., pp. 556-560, June 2003.

[11] S.H. Simon and A.L. Moustakas, "Optimizing MIMO antenna systems with channel covariance feedback," IEEE Jour. Select. Areas in Comm., vol. 21, pp. 406-417, Apr. 2003.

[12] S.M. Alamouti, "A simple transmit diversity technique for wireless communications," IEEE Jour. Select. Areas in Comm., vol. 16, no. 8, pp. 1451-1458, Oct. 1998.

[13] V. Tarokh, N. Seshadri, and A.R. Calderbank, "Space-time codes for high data rate wireless communication: Performance criterion and code construction," IEEE Trans. Info. Th., vol. 44, pp. 744-755, Mar. 1998.

[14] V. Tarokh, H. Jafarkhani, and A.R. Calderbank, "Space-time block codes from orthogonal designs," IEEE Trans. Info. Th., vol. 45, pp. 1456-1467, July 1999.

[15] E.N. Onggosanusi, A.G. Dabak, and T.A. Schmidl, "High rate space-time block coded scheme: performance and improvement in correlated fading channels," Proc. IEEE Wireless Comm. and Net. Conf., vol. 1, pp. 194-199, Mar. 2002.

[16] G.D. Durgin, Space-Time Wireless Channels, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA, 2003.

[17] D.-S. Shiu, G.J. Foschini, M.J. Gans, and J.M. Kahn, "Fading correlation and its effect on the capacity of multielement antenna systems," IEEE Trans. Comm., vol. 48, no. 3, pp. 502-513, Mar. 2000.

[18] A. Forenza and R. W. Heath Jr., "Impact of antenna geometry on MIMO communication in indoor clustered channels," Proc. IEEE Antennas and Prop.Symp., vol. 2, pp. 1700-1703, June 2004.

[19] E.A. Jorswieck and H. Boche, "Channel capacity and capacity-range of beamforming in MIMO wireless systems under correlated fading with covariance feedback," IEEE Trans. Wireless Comm., vol. 3, pp. 1543-1553, Sep. 2004.

[20] R.W. Heath Jr. and A. Paulraj, "Switching between multiplexing and diversity based on constellation distance," Proc. of Allerton Conf. on 208, Comm. Control and Comp., Sep. 2000.

[21] S. Catreux, V. Erceg, D. Gesbert, and R. W. Heath Jr., "Adaptive modulation and MIMO coding for broadband wireless data networks," IEEE Comm. Mag., vol. 2, pp. 108-115, June 2002.

[22] A. Forenza, A. Pandharipande, H. Kim, and R.W. Heath Jr., "Adaptive MIMO transmission scheme: Exploiting the spatial selectivity of wireless channels," Proc. IEEE Veh. Technol. Conf., vol. 5, pp. 3188-3192, May 2005.

[23] C.B. Chae, A. Forenza, R.W. Heath, Jr., M.R. McKay, and I. B. Collings, "Adaptive

MIMO Transmission Techniques for Broadband Wireless Communication Systems," IEEE Communications Magazine, vol. 48, no. 5, pp.112-118, May 2010.

[24] FCC, "Broadband action agenda", National Broadband Plan, 2010 <http://www.broadband.gov/plan/national-broadband-plan-action-agenda.pdf>

[25], N. Delfas, F. Meunier, S. Flannery, T. Tsusaka, E. Gelblum and S. Kovler, "Mobile data wave: who dares to invest, wins", Morgan Stanley Research Global, June 13, 2012.

[26] D. Goldman, "Sorry, America: your wireless airwaves are full", CNN Money [http://money.cnn.com/2012/02/21/technology/spectrum\\_crunch/index.htm](http://money.cnn.com/2012/02/21/technology/spectrum_crunch/index.htm)

[27] P. Rysavy, "No silver bullets for FCC, NTIA spectrum challenge", Daily report for executives, Bloomberg BNA, Aug. 2012 [http://www.rysavy.com/Articles/2012\\_09\\_No\\_Spectrum\\_Silver\\_Bullets.pdf](http://www.rysavy.com/Articles/2012_09_No_Spectrum_Silver_Bullets.pdf)

[28] T.W. Hazlett, "Radio spectrum for a hungry wireless world", Sept. 22, 2011.

[29] B.J. Love, D.J. Love and J.V. Krogmeier, "Like deck chairs on the Titanic: why spectrum reallocation won't avert the coming data crunch but technology might keep the wireless industry afloat", Feb. 2012.

[30] Qualcomm, "The 1000x data challenge, the latest on wireless, voice, services and chipset evolution", 4G World, Oct. 31<sup>st</sup>, 2012.

[31] J. Lee, J.-K. Han, J. Zhang, "MIMO technologies in 3GPP LTE and LTE-advanced", EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, Hindawi, May 2009.

[32] 3GPP, TS 36.201, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); LTE Physical Layer-General Description (Release 8)".

[33] 3GPP, TS 36.211, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation (Release 8)".

[34] 3GPP, TS 36.212, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Multiplexing and channel coding (Release 8)".

[35] 3GPP, TS 36.213, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer procedures (Release 8)".

[36] T. Yoo, N. Jindal, and A. Goldsmith, "Multi-antenna broadcast channels with limited feedback and user selection," IEEE Journal on Sel. Areas in Communications, vol. 25, pp. 1478-91, July 2007.

[37] P. Ding, D. J. Love, and M. D. Zoltowski, "On the sum rate of channel subspace feedback for multi-antenna broadcast channels," in Proc., IEEE Globecom, vol. 5, pp. 2699-2703, November 2005.

[38] N. Jindal, "MIMO broadcast channels with finite-rate feedback," IEEE Trans. on Info. Theory, vol. 52, pp. 5045-60, November 2006.

[39] D.J. Love, R.W. Heath, Jr., V.K. N. Lau, D. Gesbert, B.D. Rao, and M. Andrews, "An Overview of Limited Feedback in Wireless Communication Systems," IEEE Journal on Sel. Areas in Comm., Special Issue on Exploiting Limited Feedback in Tomorrow's Wireless Communication Networks, vol. 26, no. 8, pp. 1341-1365, Oct. 2008.

[40] R. W. Heath, Jr., D.J. Love, V.K. N. Lau, D. Gesbert, B.D. Rao, and M. Andrews, "Exploiting Limited Feedback in Tomorrow's Wireless Communication Networks," IEEE Journal on Sel. Areas in Comm., Special Issue on Exploiting Limited Feedback in Tomorrow's Wireless Communication Networks, vol. 26, no. 8, pp. 1337-1340, Oct. 2008.

[41] D. J. Love, R.W. Heath, Jr., and T. Strohmer, "Grassmannian Beamforming for Multiple-Input Multiple-Output Wireless Systems," IEEE Trans. on Info. Theory special issue on MIMO Communication, vol. 49, pp. 2735-2747, Oct. 2003.

[42] C.B. Chae, D. Mazzarese, N. Jindal and R. W. Heath, Jr., "Coordinated Beamforming with Limited Feedback in the MIMO Broadcast Channel" IEEE Journal on Sel. Areas in Comm.,

Special Issue on Exploiting Limited Feedback in Tomorrow's Wireless Communication Networks, vol. 26, no. 8, pp. 1505-1515, Oct. 2008.

[43] A. Paulraj, "Is OFDMA, MIMO and OS the right stuff for mobile broad-band?" <http://www.ieeevtc.org/vtc2005fall/presentations/paulraj.pdf>, Sept. 2005.

[44] J. Wannstrom, "Carrier aggregation explained", 3GPP  
<http://www.3gpp.org/Carrier-Aggregation-explained>

[45] 3GPP, TS 36.808, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Carrier Aggregation (Release 10)", v10.0.0, June 2012.

[46] Nokia Siemens Networks, "2020: beyond 4G, radio evolution for the gigabit experience", White Paper, 2011, [www.nokiasiemensnetworks.com](http://www.nokiasiemensnetworks.com)

[47] S. Marek, "AT&T's Rinne talks about carrier aggregation trials, small cells and more", <http://www.fiercebroadbandwireless.com/story/atts-rinne-talks-about-carrier-aggregation-trials-small-cells-and-more/2012-11-08>

[48] M. Reed, "InterfereX", Tech 23, 2011

<http://www.youtube.com/watch?v=YpPELm6iip8>

[49] NICTA, "InterfereX",

[http://www.nicta.com.au/research/archive/research\\_themes/networked\\_systems/interferex](http://www.nicta.com.au/research/archive/research_themes/networked_systems/interferex)

[50] J. Duplicity, et al., "MU-MIMO in LTE systems", EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, Mar. 2011.

[51] S. Feng and E. Seidel, "Self-organizing networks (SON) in 3GPP LTE", Nomor research, May 2008.

[52] NEC, "Self organizing networks", White paper, Feb. 2009.

[53] U.S. Patent No. 5,809,422, issued September 15, 1998, entitled "Distributed microcellular communications system", G.R. Raleigh, M.A. Pollack.

[54] G.J. Foschini, H.C. Huang, K. Karakayali, R.A. Valenzuela, and S. Venkatesan. The Value of Coherent Base Station Coordination. In Conference on Information Sciences and Systems (CISS 2005), Mar. 2005.

[55] M.K. Karakayali, G.J. Foschini, R.A. Valenzuela, and R.D. Yates, "On the maximum common rate achievable in a coordinated network," Proc. of the Int'l Conf. on Communications (ICC'06), vol. 9, pp.4333-4338, June 2006.

[56] M.K. Karakayali, G.J. Foschini, and R.A. Valenzuela, "Network coordination for spectrally efficient communications in cellular systems," IEEE Wireless Communications Magazine, vol. 13, no. 4, pp. 56-61, Aug. 2006.

[57] G.J. Foschini, M.K. Karakayali, and R.A. Valenzuela, "Coordinating multiple antenna cellular networks to achieve enormous spectral efficiency," Proceedings of the IEEE, vol. 153, no. 4, pp. 548-555, Aug. 2006.

[58] S. Venkatesan, A. Lozano, and R. Valenzuela, "Network MIMO: overcoming inter-cell interference in indoor wireless systems", Proc. of Asilomar conf., pp. 83-87, Nov. 2007.

[59] S. Venkatesan, H. Huang, A. Lozano, and R. Valenzuela, "A WiMAX-based implementation of network MIMO for indoor wireless systems", EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, Sep. 2009.

[60] Y. Liang, R. Valenzuela, G. Foschini, D. Chizhik, and A. Goldsmith, "Interference suppression in wireless cellular networks through picocells", ACSSC, pp. 1041-1045, Nov. 2007.

[61] A. Papadogiannis, H.J. Bang, D. Gesbert, and E. Hardouin, "Efficient selective feedback design for multicell cooperative networks", IEEE Trans. On Vehicular Techn., pp. 196-205, vol. 60, n. 1, Jan. 2011.

[62] I.F. Akyildiz, D.M. Gutierrez-Estevez, E.C. Reyes, "The evolution to 4G cellular systems: LTE-Advanced", Physical communication, Elsevier, pp. 217-244, 2010.

[63] A. Barbieri, P. Gaal, S. Geirhofer, T. Ji, D. Malladi, Y. Wei, and F. Xue, "Coordinated downlink multi-point communications in heterogeneous cellular networks", (Qualcomm), Information Theory and App. Workshop, pp. 7-16, Feb. 2012.

[64] S. Parkvall, E. Dahlman, A. Furuskar, Y. Jading, M. Olsson, S. Wanstedt, and K. Zangi, "LTE-Advanced - evolving LTE towards IMT-Advanced", (Ericsson) IEEE VTC, pp. 1-5, Sep. 2008.

[65] R.A. Monziano and T.W. Miller, Introduction to Adaptive Arrays, New York: Wiley, 1980.

[66] K.K Wong, R.D. Murch, and K.B. Letaief, "A joint-channel diagonalization for multiuser MIMO antenna systems," IEEE Trans. Wireless Comm., vol. 2, pp. 773-786, Jul 2003.

[67] R. Chen, R.W. Heath, Jr., and J.G. Andrews, "Transmit Selection Diversity for Unitary Precoded Multiuser Spatial Multiplexing Systems with Linear Receivers," IEEE Trans, on Signal Proc., vol. 55, no. 3, pp. 1159-1171, Mar. 2007.

[68] M. Costa, "Writing on dirty paper," IEEE Transactions on Information Theory, Vol.29, No. 3, Page(s): 439-441, May 1983.

[69] G. Caire and S. Shamai, "On the achievable throughput of a multiantenna Gaussian broadcast channel," IEEE Trans. Info. Th., vol. 49, pp. 1691-1706, July 2003.

[70] Nihar Jindal & Andrea Goldsmith, "Dirty Paper Coding vs. TDMA for MIMO Broadcast Channels", IEEE Trans, on Info. Theory, vol. 51, pp. 1783-1794, May 2005.

[71] M. Tomlinson, "New automatic equalizer employing modulo arithmetic," Electronics Letters, Page(s): 138-139, March 1971.

[72] H. Miyakawa and H. Harashima, "A method of code conversion for digital communication channels with intersymbol interference," Transactions of the Institute of Electronic.

[73] U. Erez, S. Shamai (Shitz), and R. Zamir, "Capacity and lattice-strategies for cancelling known interference," Proceedings of International Symposium on Information Theory, Honolulu, Hawaii, Nov. 2000.

[74] W. Yu and J. M. Cioffi, "Trellis Precoding for the Broadcast Channel", IEEE Globecom, vol. 2, pp. 1344-1348, 2001.

[75] B.M. Hochwald, C.B. Peel, and A.L. Swindlehurst, "A Vector-Perturbation Technique for Near-Capacity Multiantenna Multiuser Communication - Part I: Channel Inversion and Regularization", IEEE Trans. On Communications, vol. 53, n. 1, pp. 195-202, Jan. 2005.

[76] B.M. Hochwald, C.B. Peel, and A.L. Swindlehurst, "A Vector-Perturbation Technique for Near-Capacity Multiantenna Multiuser Communication - Part II: Perturbation", IEEE Trans. On Communications, vol. 53, n. 3, pp. 537-544, Mar. 2005.

[77] S. Perlman and A. Forenza, "Distributed-input distributed-output (DIDO) wireless technology: a new approach to multiuser wireless", Rearden Labs White Paper, July 2011, <http://www.reardenwireless.com/110727-DIDO-A%20New%20Approach%20to%20Multiuser%20Wireless.pdf>

[78] A. Vance, "Steve Perlman's wireless fix", Businessweek, July 2011 <http://www.businessweek.com/magazine/the-edison-of-silicon-valley-07272011.html>

[79] M. Lindström (Ericsson), "LTE-Advanced Radio Layer 2 and RRC aspects", 3GPP TSG-RAN WG2.

[80] Anritsu, "LTE resource guide", [www.us.anritsu.com](http://www.us.anritsu.com)

[81] 3GPP, "Spatial Channel Model AHG (Combined ad-hoc from 3GPP & 3GPP2)", SCM Text V6.0, April 22, 2003.

[82] J. Lee, "Introduction of LTE-Advanced DL/UL MIMO", Samsung Electronics, Sep. 2009.

[83] E. Dahlman, S. Parkvall and J. Skold, "4G: LTE/LTE-Advanced for mobile broadband", Elsevier, 2011 г.

[84] J. Syren, "Overview on the 3GPP long term evolution physical layer", Freescale White Paper, July 2007.

[85] M. Baker, "LTE-Advanced physical layer", Alcatel-Lucent, Dec. 2009.

[86] J. Xu, "LTE-Advanced signal generation and measurements using SystemVue", Agilent Technologies.

[87] X. Hou and H. Kayama, "Demodulation reference signal design and channel estimation for LTE-Advanced uplink", DCOMO, Adv. in Vehic. Netw. Tech., Apr. 2011.

[88] D.C. Chu, "Polyphase codes with good periodic correlation properties", IEEE Trans. Info. Theory, vol. 18, n. 4, pp. 531-532, July 1972.

#### (57) Формула изобретения

1. Многоантенная система (MAS) с многопользовательскими (MU) передачами («MU-MAS»), содержащая:

множество беспроводных пользовательских устройств;

множество распределенных взаимодействующих антенн или беспроводных приемопередатчиков, соединенных с возможностью связи с беспроводными устройствами пользователя и с перекрывающим покрытием в местах расположения беспроводных пользовательских устройств; и

логика пространственной обработки, реализующая пространственную обработку для использования межсотовой интерференции для создания множества совпадающих неинтерферирующих нисходящих или восходящих линий передачи данных с пользовательскими устройствами в пределах одного и того же диапазона частот.

2. Система по п. 1, в которой мощность, передаваемая с множества антенн, ограничена для сведения к минимуму интерференции на границах соты, и используется пространственная обработка для устранения межсотовой интерференции.

3. Система по п. 1, в которой мощность, передаваемая с множества антенн, не ограничена каким-либо конкретным уровнем мощности, так что по всей соте преднамеренно создается межсотовая интерференция, которая используется для повышения пропускной способности беспроводной сети связи.

4. Система по п. 1, в которой беспроводная сеть связи представляет собой сотовую сеть, такую как сеть по Стандарту долгосрочного развития сетей связи (LTE).

5. Система по п. 1, в которой беспроводная сеть связи представляет собой распределенную систему антенн с точками доступа, размещенными интуитивно без ограничений на передаваемую мощность для предотвращения межсотовой интерференции.

6. Система по п. 1, содержащая один или множество блоков базовых приемопередающих станций (BTS), один или множество централизованных процессоров (CP) и один или множество блоков пользовательского оборудования (UE).

7. Система по п. 1, в которой способы с предварительным кодированием для систем с обратной связью используются для отправки одновременных неинтерферирующих потоков данных от BTS на UE по нисходящему (DL) каналу.

8. Система по п. 7, в которой каждое UE применяет опорный сигнал конкретной соты (CRS) для оценки информации о состоянии канала (CSI) от всех BTS или только от BTS в пределах своего собственного кластера пользователей, причем кластер пользователей определен как множество BTS, доступных из местоположения UE.

9. Система по п. 8, в которой CP оценивает временную и частотную селективность канала и динамически повторно выделяет CRS разным BTS для разных ресурсных элементов.

10. Система по п. 7, в которой каждое UE применяет опорный сигнал информации о состоянии канала (CSI-RS), или опорный сигнал демодуляции (DM-RS), или комбинацию обоих для оценки CSI от всех BTS или только от BTS в пределах своего собственного кластера пользователей.

5 11. Система по п. 10, в которой передаваемая от BTS мощность снижена, чтобы число BTS в кластере пользователей было ниже максимального числа антенн, поддерживаемого схемой CSI-RS в стандарте LTE.

12. Система по п. 10, в которой BTS в пределах кластера пользователей делятся на подмножества и CSI-RS отправляется от одного подмножества BTS за раз с заданной  
10 периодичностью.

13. Система по п. 12, в которой периодичность CSI-RS для разных подмножеств определяется на основе времени когерентности канала UE, а также периодичности, поддерживаемой стандартом LTE.

14. Система по п. 10, в которой для CSI-RS разрешены модели и значения  
15 периодичности, отличные от предусмотренных в стандарте LTE, для обеспечения большего числа BTS в системе.

15. Система по п. 7, в которой UE передает показатель ранга (RI), показатель матрицы предварительного кодирования (PMI) и показатель качества канала (CQI) на CP посредством восходящего управляющего физического канала (PUCCH).

20 16. Система по п. 7, в которой UE передает RI, PMI и CQI на CP посредством общего восходящего физического канала (PUSCH).

17. Система по п. 16, в которой система оценивает частотную селективность канала и динамически регулирует PMI для поддержки большего числа BTS для одного и того же доступного ресурса восходящей линии связи (UL).

25 18. Система по п. 1, в которой способы с предварительным кодированием для систем без обратной связи используются для отправки одновременных неинтерферирующих потоков данных от BTS на UE по каналу DL.

19. Система по п. 1, в которой способы для систем без обратной связи используются для приема одновременных неинтерферирующих потоков данных от UE на BTS по  
30 каналу UL.

20. Система по п. 18, в которой зондирующий опорный сигнал (SRS) или DMRS применяются для оценки импульсного ответа канала от всех UE на BTS.

21. Система по п. 20, в которой разные SRS или DMRS назначаются разным антеннам каждого UE.

35 22. Система по п. 20, в которой разные SRS или DMRS назначаются разным подмножествам BTS для снижения интерференции между невзаимодействующими BTS.

23. Система по п. 20, в которой SRS или DMRS назначаются на основе моделей скачкообразной перестройки частоты для использования частотного разнесения каналов.

40 24. Система по п. 20, в которой активные UE делятся на группы таким образом, что одно и то же множество SRS или DMRS назначается каждой группе в последовательных временных слотах.

25. Система по п. 24, в которой выполняется оценка самого короткого времени когерентности канала для всех активных UE, и на основе этой информации выполняется  
45 расчет числа групп UE, а также периодичности схемы временного мультиплексирования SRS или DMRS.

26. Система по п. 19, в которой временная и частотная синхронизация среди UE достигается путем использования сигнальной информации DL.

27. Система по п. 26, в которой BTS синхронизированы с одним и тем же опорным генератором тактовых импульсов посредством прямого проводного подключения к одному и тому же физическому генератору тактовых импульсов или совместного использования общего временного и частотного опорного сигнала с помощью осцилляторов, дисциплинированных по системе глобального позиционирования (GPSDO).

28. Система по п. 26, в которой относительные задержки распространения между UE предотвращаются путем обработки кадров UL только для тех UE, которые связаны с одним и тем же множеством BTS, таким образом гарантируя временную синхронизацию между UE.

29. Система по п. 26, в которой относительные задержки распространения между UE предварительно компенсированы на стороне UE перед передачей по UL, что гарантирует временную синхронизацию UE на приемниках BTS.

30. Система по п. 19, в которой способы для систем без обратной связи содержат нелинейные пространственные фильтры, такие как приемники на основе метода максимального правдоподобия (ML), компенсации с решающей обратной связью (DFE) или последовательного подавления помех (SIC).

31. Система по п. 19, в которой способы для систем без обратной связи содержат линейные пространственные фильтры, такие как приемники на основе обращения в нуль незначимых коэффициентов (ZF) или метода минимальной среднеквадратической ошибки (MMSE).

32. Система по п. 19, в которой для мультиплексирования UE в частотной области применяется SC-FDMA.

33. Система по п. 1, в которой технология MU-MAS постепенно интегрируется в существующие сети LTE.

34. Система по п. 1, в которой BTS или UE совместимы с LTE.

35. Система по п. 1, в которой в BTS и/или UE используется вариант стандарта LTE.

36. Система по п. 1, в которой UE LTE обновлены для обеспечения совместимости с технологией MU-MAS.

37. Система по п. 35, в которой развернуто новое поколение UE, совместимых с технологией MU-MAS.

38. Система по п. 1, в которой диапазон LTE подразделяется для поддержки обычных BTS LTE в сотовой конфигурации в одном блоке диапазона и BTS MU-MAS LTE в другом блоке диапазона.

39. Система по п. 1, в которой обычные сотовые BTS LTE выполнены с возможностью координирования с BTS MU-MAS LTE таким образом, что они совместно используют один и тот же диапазон, но работают в соответствии со схемами многостанционного доступа с временным разделением каналов (TDMA).

40. Система по п. 1, в которой MU-MAS используется как беспроводная транспортная сеть с прямой видимостью (LOS) или без прямой видимости (NLOS) для малых сот LTE.

41. Система по п. 1, в которой малые соты LTE постепенно замещаются BTS MU-MAS.

42. Система по п. 18, в которой для преобразования CSI UL в CSI DL применяется калибровка РЧ, таким образом используя принцип взаимности каналов UL/DL.

43. Система по п. 19, в которой зондирующий опорный сигнал (SRS) или DMRS применяются для оценки импульсного ответа канала от всех UE на BTS.

44. Способ, реализованный в пределах многоантенной системы (MAS) с многопользовательскими (MU) передачами («MU-MAS»), включающий:

множество беспроводных пользовательских устройств;  
множество распределенных взаимодействующих антенн или беспроводных  
приемопередатчиков, соединенных с возможностью связи с беспроводными  
устройствами пользователя и с перекрывающим покрытием в местах расположения  
5 беспроводных пользовательских устройств; и

реализацию пространственной обработки для использования межсотовой  
интерференции для создания множества совпадающих неинтерферирующих нисходящих  
или восходящих линий передачи данных с пользовательскими устройствами в пределах  
одного и того же диапазона частот.

10

15

20

25

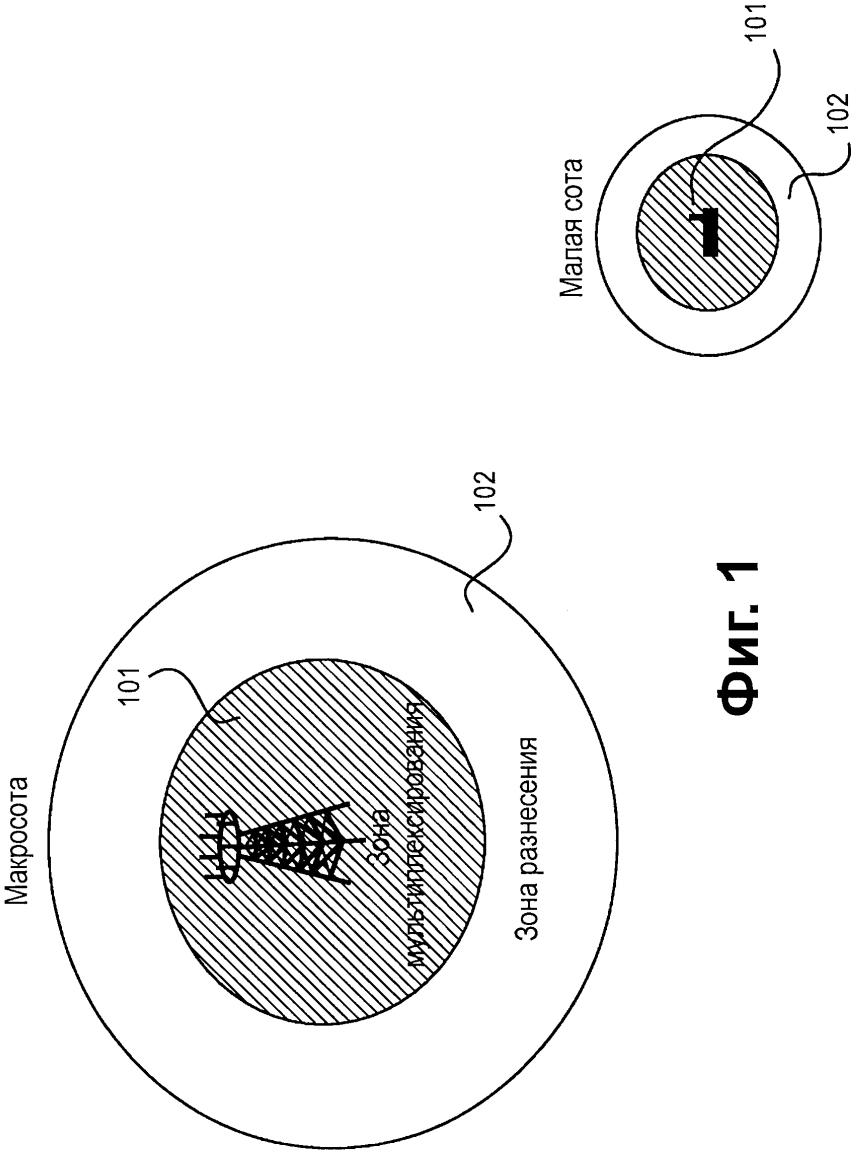
30

35

40

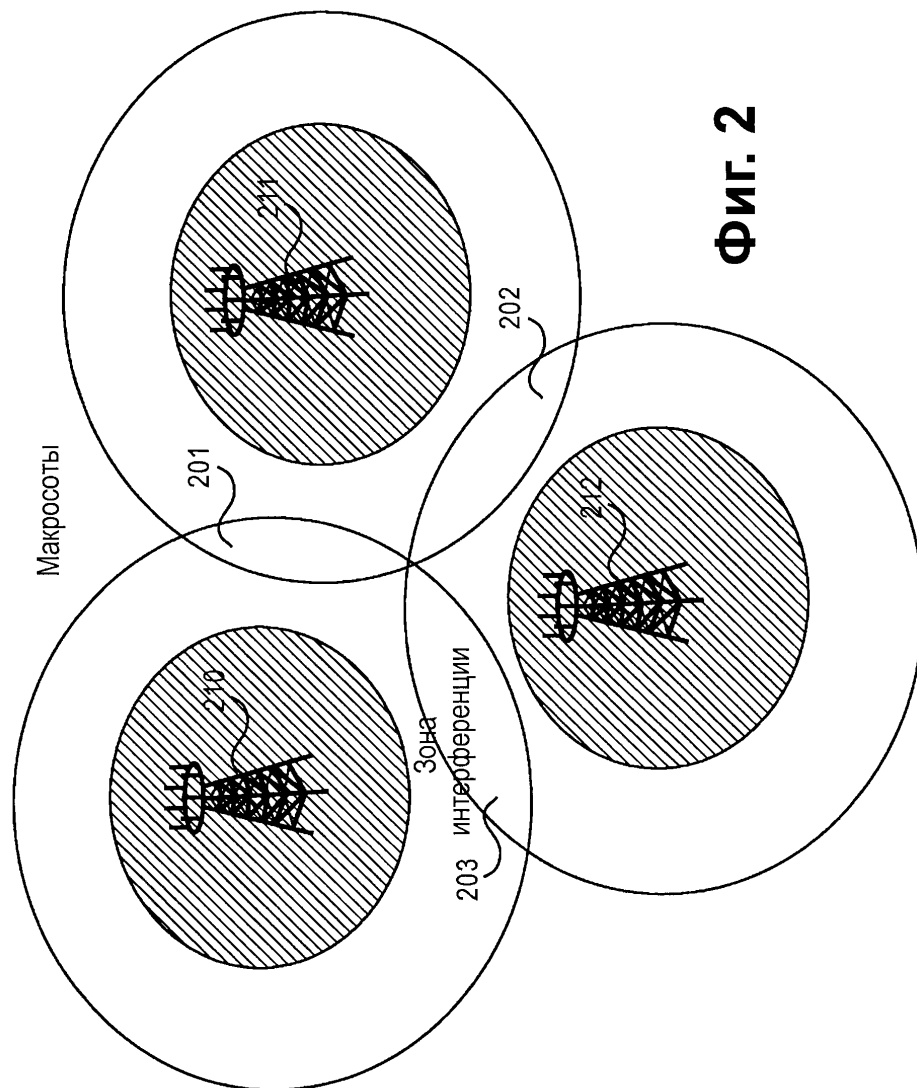
45

1

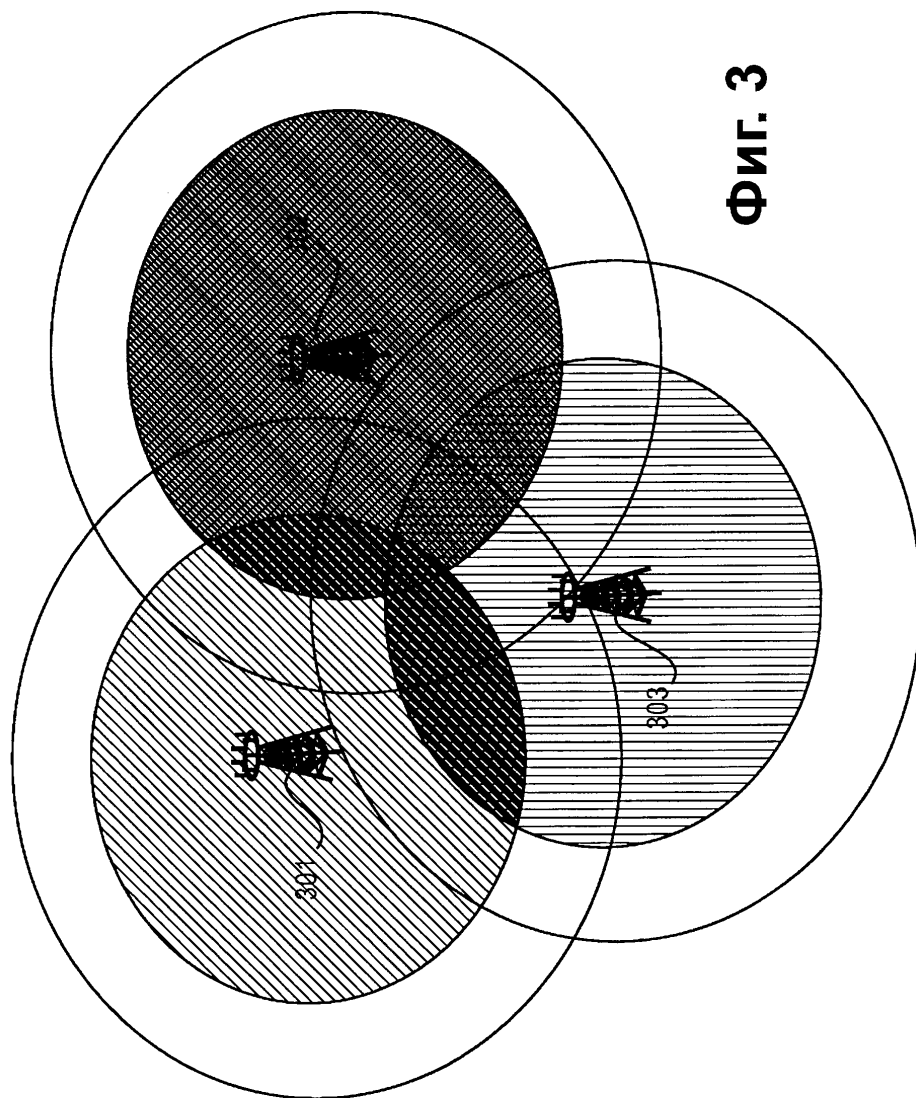


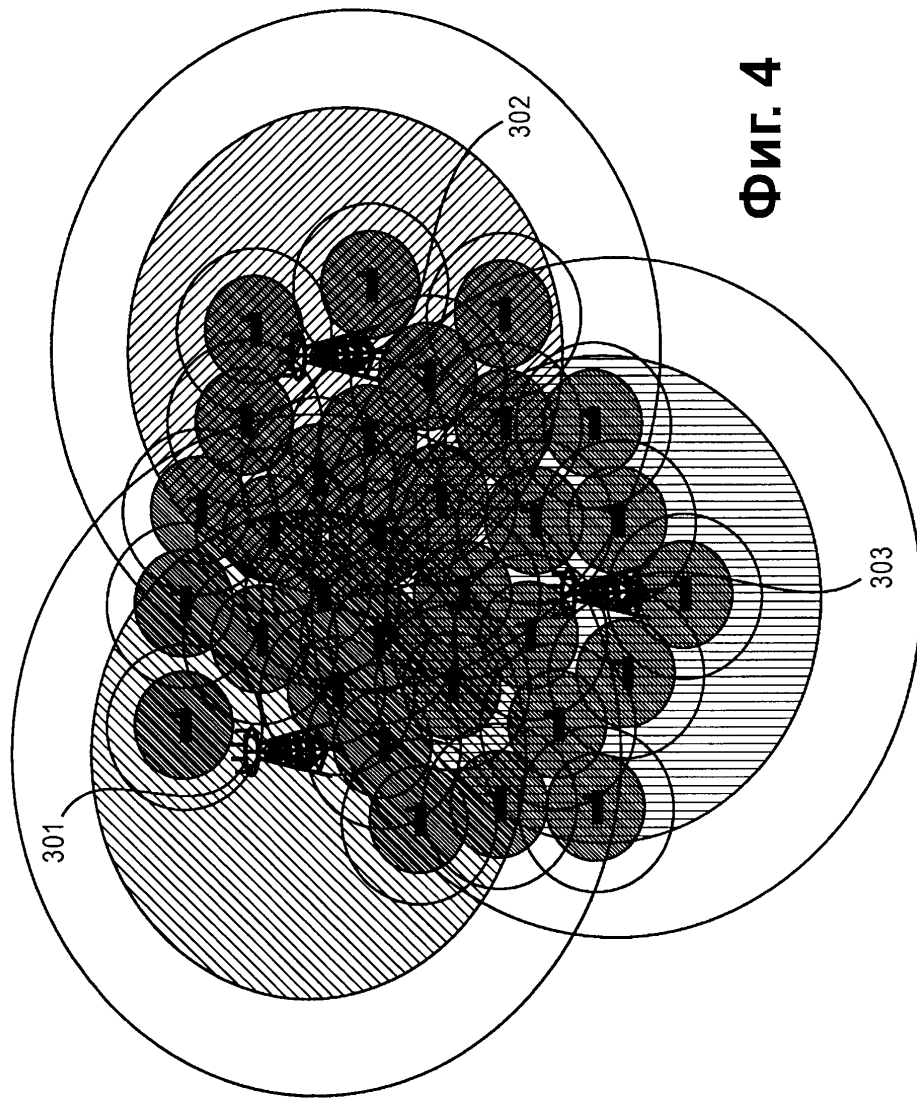
Фиг. 1

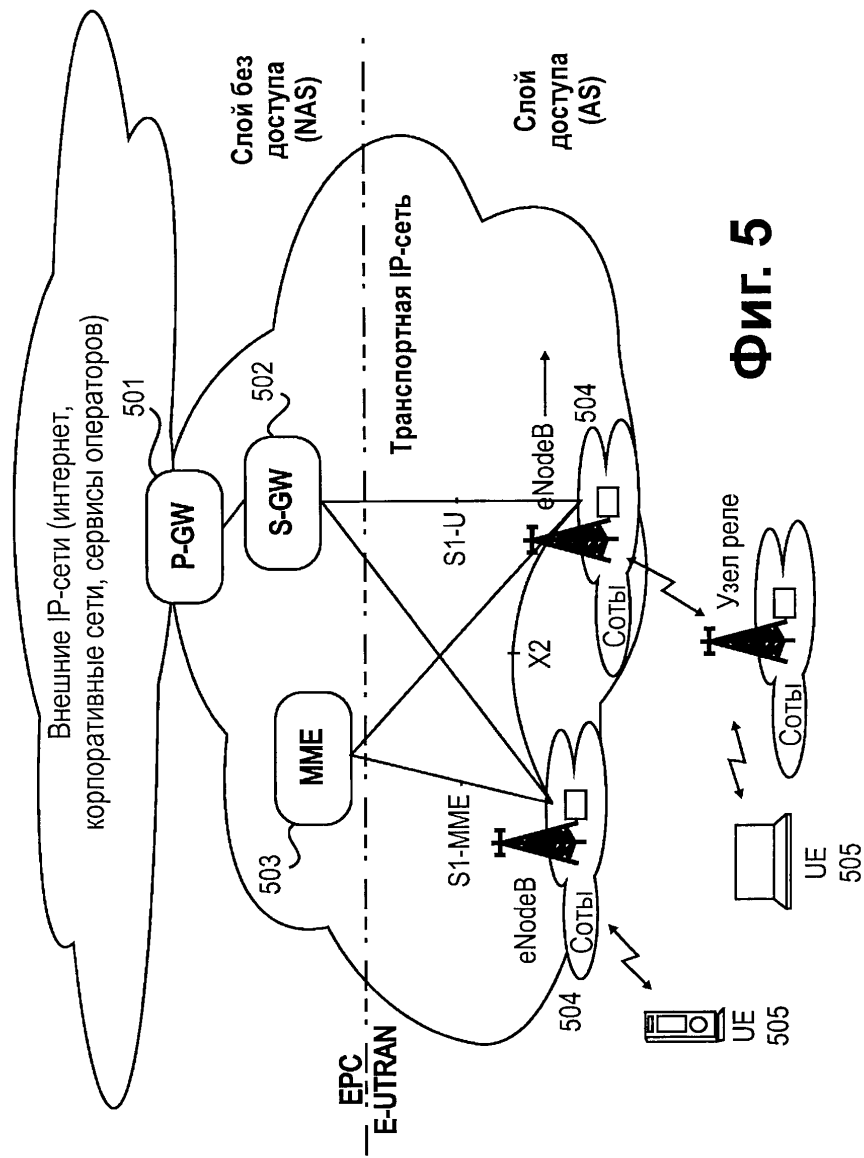
2



Фиг. 2

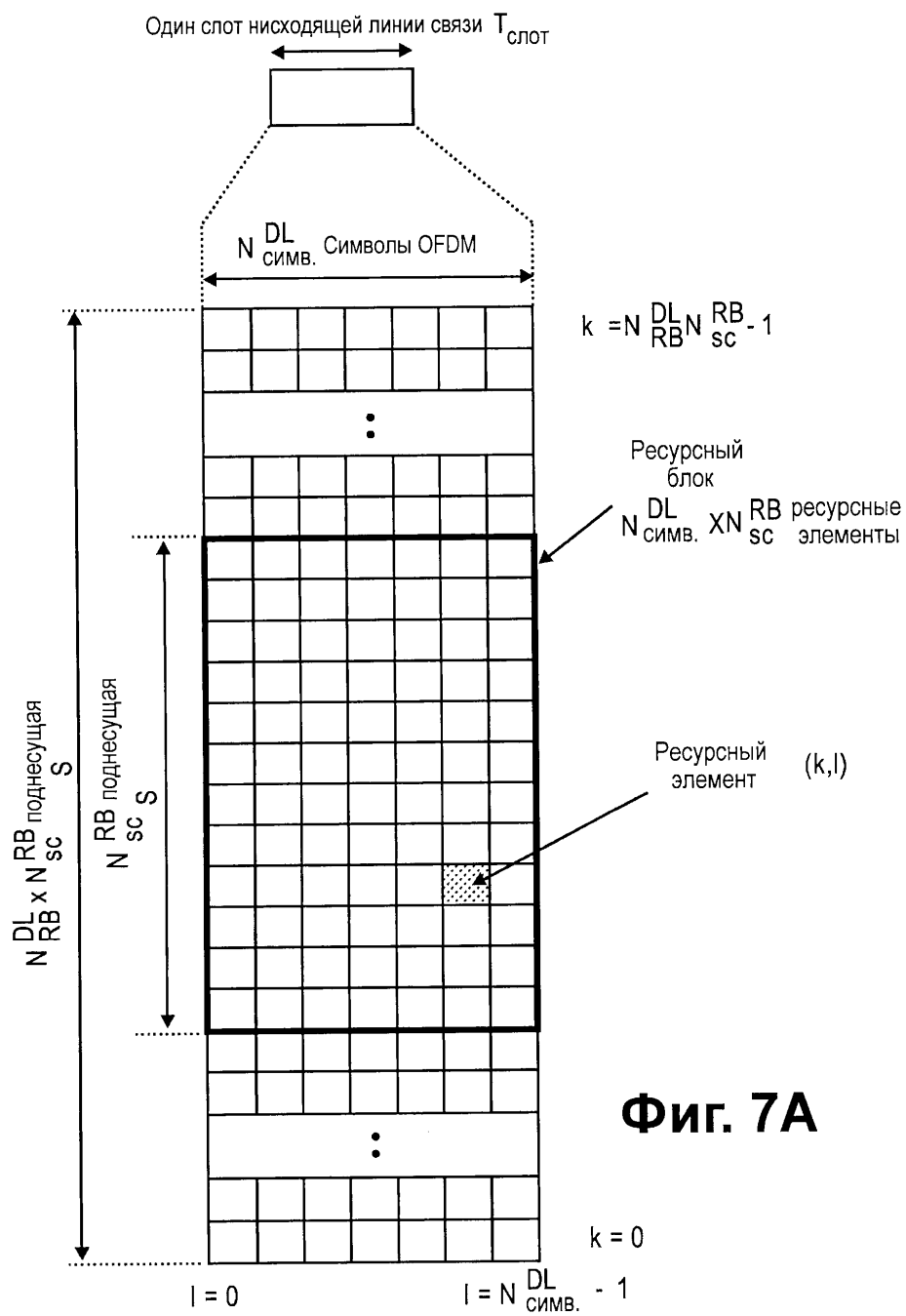




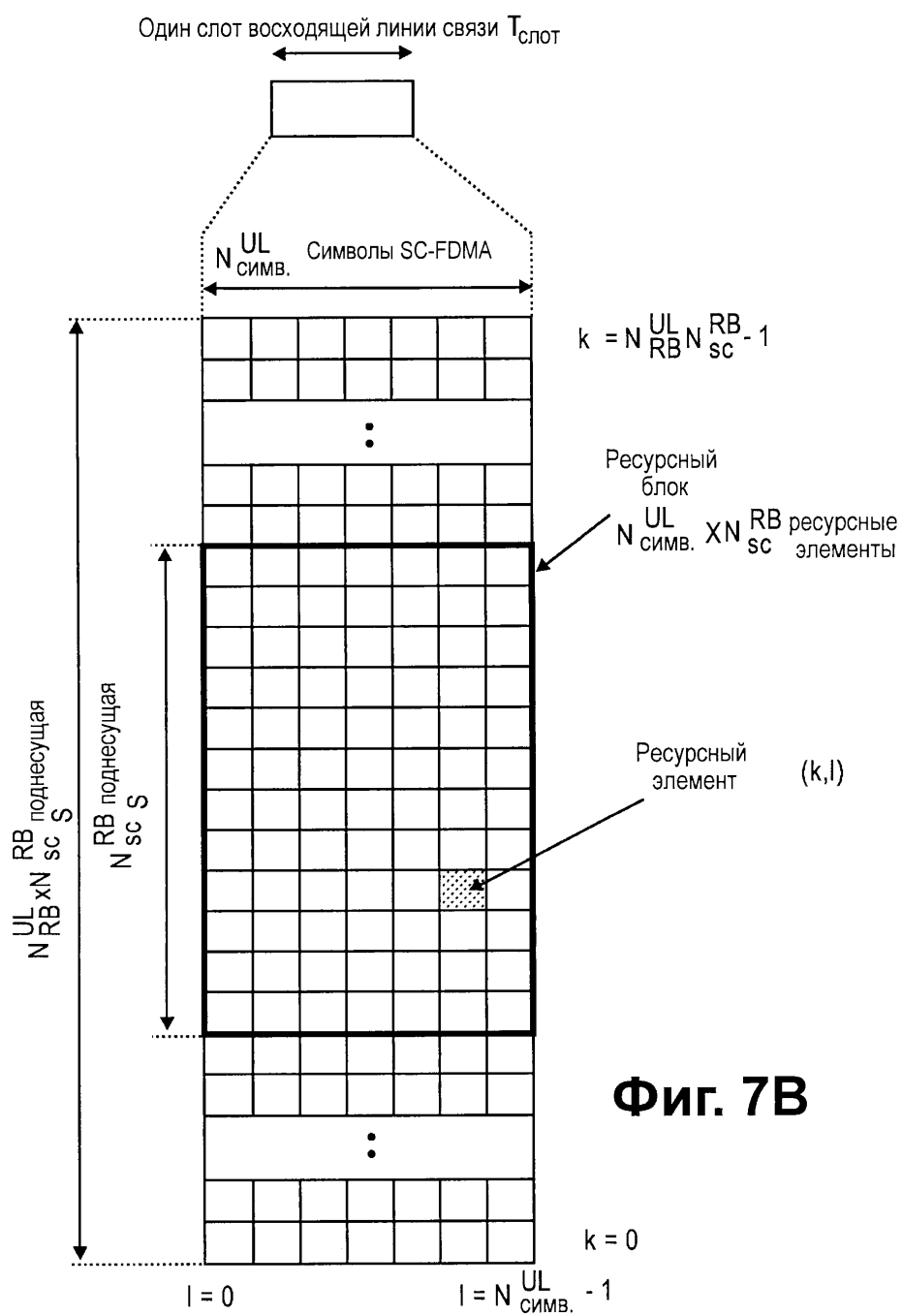


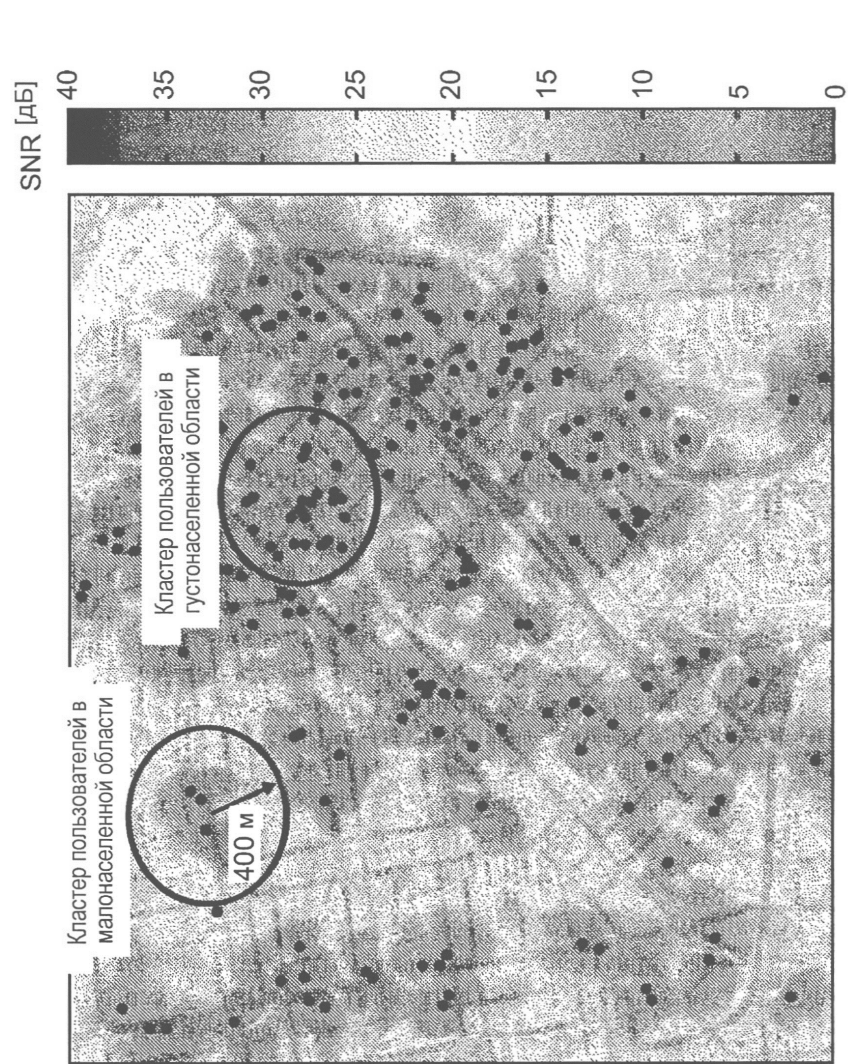
Фиг. 5



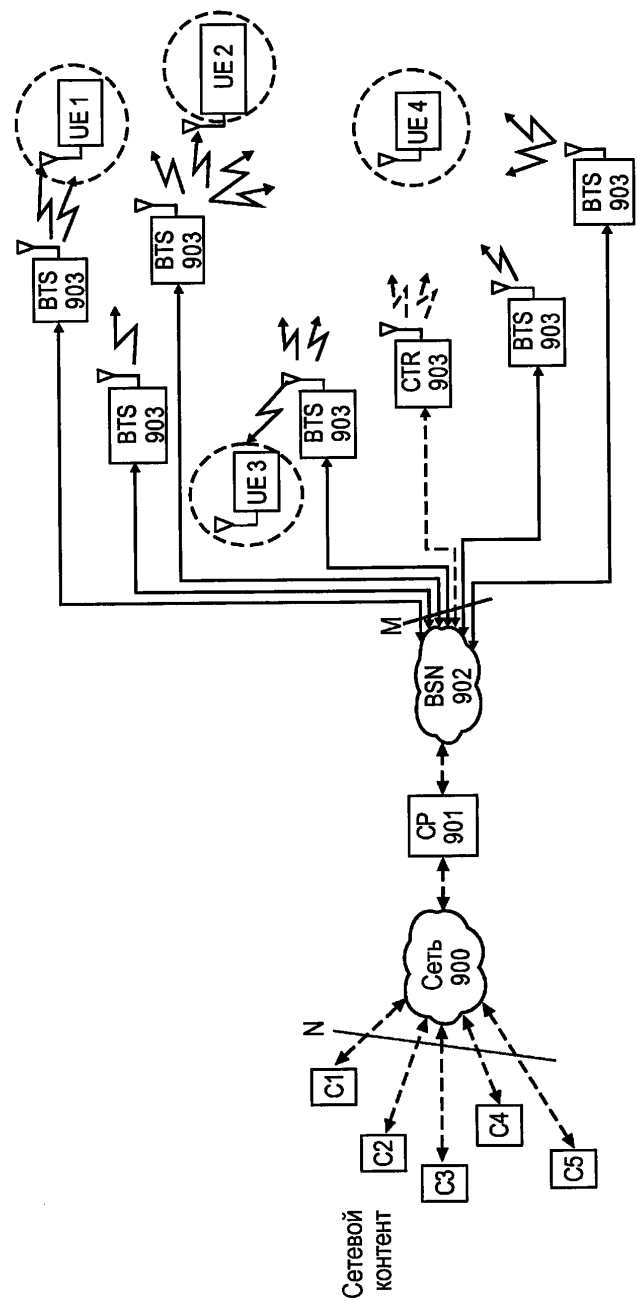


Фиг. 7А





Фиг. 8



Фиг. 9