



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H04L 5/00 (2024.01); H04W 24/10 (2024.01); H04W 72/0446 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2024106582, 13.03.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
13.03.2024Дата регистрации:  
15.08.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 13.03.2024

(45) Опубликовано: 15.08.2024 Бюл. № 23

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО  
"Юридическая фирма Городисский и  
Партнеры"

(72) Автор(ы):

Давыдов Алексей Владимирович (RU),  
Морозов Григорий Владимирович (RU),  
Дикарев Дмитрий Сергеевич (RU),  
Ермолаев Григорий Александрович (RU),  
Пестрецов Владимир Александрович (RU),  
Есюнин Денис Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

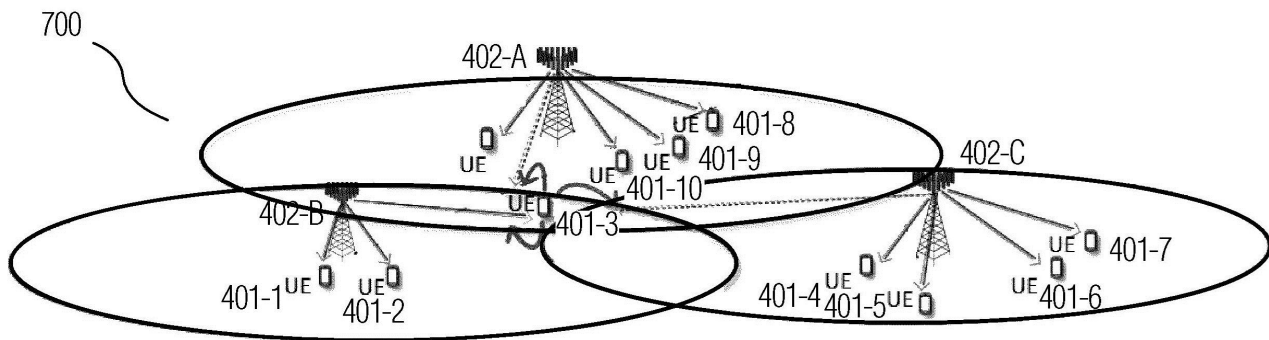
САМСУНГ ЭЛЕКТРОНИКС КО., ЛТД.  
(KR)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2810537 C1, 27.12.2023. RU  
2801697 C1, 18.05.2017. US 2023/048243 A1,  
16.02.2023. WO 2018/060974 A1, 05.04.2018. WO  
2017134954 A1, 10.08.2017.

## (54) УСТРОЙСТВА И СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОПОРНЫХ СИГНАЛОВ ИНФОРМАЦИИ СОСТОЯНИЯ КАНАЛА В СИСТЕМЕ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к беспроводной связи. Технический результат обеспечивает поддержку требуемого количества цифровых портов (до 256) с возможностью систематического формирования CDM-групп с их частотно-временным размещением по группам PRB/слотов, с большей гибкостью в плане выделения частотно-временных ресурсов отдельным CDM-группам и с возможностью вложенного масштабирования портов CSI-RS прозрачным образом для базовой станции и пользовательского устройства. Для этого на базовой станции в системе беспроводной связи для заданного количества  $N_p$  используемых

цифровых портов определяют структуру CSI-RS, состоящую из ресурсных элементов, где каждый ресурсный элемент в частотной области определяется поднесущей и во временной области - OFDM-символом. Для структуры CSI-RS: задают группу из  $N_{PRB}$  смежных физических ресурсных блоков (PRB) в частотной области и группу из  $N_{TTI}$  смежных временных слотов во временной области; задают количество  $N_{CDM}$  CDM-групп; определяют CDM-группу и задают частотно-временное расположение  $N_{CDM}$  CDM-групп. Структура CSI-RS является повторяющейся по группам PRB. 6 н. и 41 з.п. ф-лы, 25 ил., 5 табл.



ФИГ. 4

RU 2824924 C1

RU 2824924 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H04W 24/10* (2009.01)  
*H04W 72/04* (2009.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*H04L 5/00* (2024.01); *H04W 24/10* (2024.01); *H04W 72/0446* (2024.01)

(21)(22) Application: **2024106582**, **13.03.2024**

(24) Effective date for property rights:  
**13.03.2024**

Registration date:  
**15.08.2024**

Priority:

(22) Date of filing: **13.03.2024**

(45) Date of publication: **15.08.2024** Bull. № 23

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO  
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**Davydov Alexei Vladimirovich (RU),  
Morozov Gregory Vladimirovich (RU),  
Dikarev Dmitry Sergeyeovich (RU),  
Ermolaev Gregory Aleksandrovich (RU),  
Pestretsov Vladimir Alexandrovich (RU),  
Esiunin Denis Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. (KR)**

(54) **DEVICES AND METHODS FOR GENERATING CHANNEL STATE INFORMATION REFERENCE SIGNALS IN WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM**

(57) Abstract:

FIELD: wireless communication.

SUBSTANCE: at a base station in a wireless communication system for a given number of  $N_p$  used digital ports, determining a CSI-RS structure consisting of resource elements, where each resource element in the frequency domain is determined by a subcarrier and in the time domain – by an OFDM symbol. For the CSI-RS structure: setting a group of  $N_{PRB}$  adjacent physical resource blocks (PRB) in the frequency domain and a group of  $N_{TTI}$  adjacent time slots in the time domain; setting the number of  $N_{CDM}$  CDM groups; CDM-group

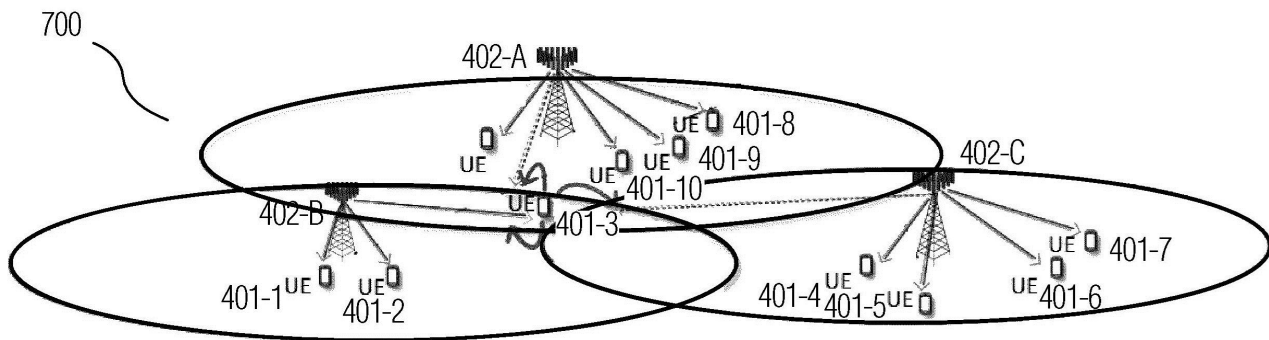
is determined and frequency-time location of  $N_{CDM}$  CDM-groups is specified. CSI-RS structure is repeating across PRB groups.

EFFECT: provides support for the required number of digital ports (up to 256) with the possibility of systematic formation of CDM-groups with their frequency-time arrangement by groups of PRB/slots, with greater flexibility in terms of allocating frequency-time resources to separate CDM-groups and with possibility of nested scaling of CSI-RS ports in a transparent manner for a base station and a user device.

47 cl, 25 dwg, 5 tbl

**RU 2 824 924 C1**

**RU 2 824 924 C1**



ФИГ. 4

RU 2824924 C1

RU 2824924 C1

## ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Настоящее изобретение относится, в общем, к беспроводной связи и, более конкретно, к устройствам и способам формирования опорных сигналов (RS) информации состояния канала (CSI).

### 5 ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

На современном этапе имеет место все более и более активное развертывание сетей беспроводной связи 5<sup>го</sup> поколения (5G) стандарта New Radio (NR), преимущества и возможности которых широко известны.

10 На базовых станциях (BS) в системе 5G NR используются массивные антенные решетки, содержащие множественные приемопередающие антенные элементы (AE), которые позволяют эффективно реализовать технологию MIMO (“многоканальный вход - многоканальный выход”), когда для передачи данных (например, физического нисходящего совместно используемого канала (PDSCH)) на одно или несколько пользовательских устройств (UE) формируется ряд одновременно передаваемых 15 пространственных MIMO-слоев (MIMO layers).

Обобщенно говоря, цифровой сигнал передается с помощью одного или нескольких цифровых портов, связанных с антенными элементами базовой станции, посредством радиочастотного блока, выполняющего функцию преобразования цифрового сигнала в аналоговый и обратно. Так, для диапазона частот 3.5 ГГц могут задействоваться до 20 64 цифровых антенных портов, позволяющих на базовых станциях использовать различные схемы пространственной цифровой обработки сигнала (прекодинга). Например, с помощью технологии пространственного мультиплексирования (SM) обеспечивается возможность повторного использования одних и тех же частотно-временных ресурсов для DL передачи множественных сигналов (MIMO-слоев) на одно 25 или несколько пользовательских устройств, а с помощью технологии адаптивного формирования диаграммы направленности (beamforming, BF) обеспечивается динамическое фокусирование мощности передаваемого сигнала в одном или более заданных направлениях. За счет применения передовых методов модуляции, таких как модуляция с ортогональным частотным разделением и мультиплексированием (OFDM), 30 обеспечивается эффективная широкополосная передача сигнала.

Ниже в целях обеспечения понимания технического контекста настоящего изобретения дается более подробное изложение соответствующих аспектов, отвечающих 5G NR, которые были затронуты выше.

35 На Фиг. 1 проиллюстрирован пример части двумерной антенной решетки базовой станции, в которой антенные элементы (условно обозначенные как  $\times$  на данной фигуре) виртуализированы в  $N_1 = 2$  антенных порта по горизонтали и  $N_2 = 2$  антенных порта по вертикали. Как видно из иллюстрации, каждому антенному порту в данном случае соответствует поднабор из трех смежных антенных элементов. Также учитывается 40 возможность каждого порта излучать сигнал с одной из двух разных, ортогональных поляризаций ( $P = 2$ ). Этими ортогональными поляризациями могут быть линейные (вертикальная и горизонтальная) поляризации, а также круговые (правая и левая) поляризации. В результате, рассматриваемая подрешетка антенны поддерживает  $N_1 \cdot N_2 \cdot P = 8$  цифровых антенных портов. По сути,  $N_1$  соответствует размерности по 45 одному (здесь горизонтальному) пространственному направлению,  $N_2$  соответствует размерности по другому (здесь вертикальному) пространственному направлению, и  $P$  соответствует размерности по поляризации. Естественно, аналогичное рассмотрение

применимо к подрешеткам с другими требующимися размерами ( $N_1, N_2$ ).

Для получения пользовательскими устройствами информации о состоянии канала цифровых антенных портов базовой станции, с базовой станции передаются опорные сигналы информации состояния канала (CSI-RS). В зависимости от реализации, каждый CSI-RS может соответствовать одному цифровому антенному порту, либо выполняется дополнительная виртуализация, так что каждый CSI-RS может соответствовать более чем одному (например, двум) цифровому антенному порту. Иными словами, учитывая данную дополнительную виртуализацию, в конечном итоге может быть задействовано виртуализованное представление антенных элементов антенной решетки базовой станции в виде антенных портов CSI-RS. Следует отметить, что при сообщении с базовой станцией пользовательское устройство рассматривает каждый антенный порт CSI-RS как единый излучающий элемент, безотносительно охватываемых им антенных элементов.

Пользовательское устройство(а) выполняет измерения в отношении CSI-RS, принимаемых от базовой станции, и, по приему от базовой станции запроса CSI, пользовательское устройство на основе выполненных измерений CSI-RS осуществляет вычисления для формирования CSI. На пользовательском устройстве при этом вычисляется ряд параметров, которые включаются в формируемую CSI. В частности, пользовательское устройство выбирает предпочтительное количество MIMO-слоев, соответствующее числу одновременно передаваемых с базовой станции потоков данных, которое пользовательское устройство намеревается принимать. Это количество MIMO-слоев отражается параметром RI в составе CSI. Также пользовательское устройство формирует матрицу прекодинга из векторов дискретного преобразования Фурье (DFT-векторов), которые выбираются из заранее заданной кодовой книги (code book). Сформированная матрица прекодинга отражается параметром PMI в составе CSI. Помимо этого, пользовательское устройство определяет показатель качества канала (CQI), также включаемый в CSI. Сформированная CSI, включающая в себя, помимо прочего, RI, PMI, CQI, передается с пользовательского устройства на базовую станцию в качестве канальной информации обратной связи в ответ на упомянутый запрос CSI. По приему CSI базовая станция, в частности, использует CQI для выбора схемы модуляции и скорости помехоустойчивого кодирования (MCS) и применяет полученную матрицу прекодинга для цифрового формирования диаграммы направленности для осуществления нисходящей (DL) передачи (например, PDSCH) на пользовательское устройство.

Отвечающие 5G NR аспекты, связанные, в частности, с реализацией кодовой книги, оценкой CSI-RS и вычислением матрицы прекодинга на стороне пользовательского устройства, конкретикой представления RI, PMI, CQI и прочих параметров в составе CSI, раскрыты в спецификации TS 38.214, v.18.1.0, а также отражены в публикации RU 281 1989, обе из которых во всей своей полноте включены в настоящее описание посредством ссылки. В частности, в качестве кодовой книги может использоваться кодовая книга Type 1 5G NR (см. Таблицу 5.2.2.2.1-2 из указанной спецификации).

Из вышеприведенного обобщенного изложения видна высокая важность оценки CSI-RS и связанных с ней операций для осуществления требующейся DL передачи.

Для одновременной передачи множественных CSI-RS в системе связи 5G NR применяется надлежащее их мультиплексирование по ресурсным элементам (RE), где каждый ресурсный элемент определяется поднесущей в частотной области и OFDM-символом во временной области. Согласно 5G NR, полоса частот системы разбивается на совокупность поднесущих, и каждая из поднесущих может модулироваться данными;

общее количество поднесущих зависит от полосы частот системы.

Ниже со ссылкой на Фиг. 2-3 дана иллюстрация основных аспектов, связанных с мультиплексированной передачей CSI-RS в 5G NR.

На Фиг. 2а, аналогично Фиг. 1, показана антенная подрешетка базовой станции с  
 5 четырьмя антенными портами по первой пространственной размерности ( $N_1 = 4$ ) и  
 четырьмя антенными портами по второй пространственной размерности ( $N_2 = 4$ ), при  
 этом в левой части Фиг. 2а рассматриваемая антенная подрешетка показана для первой  
 поляризации, что иллюстрируется косой штриховкой с наклоном влево, а в правой ее  
 10 части та же самая подрешетка показана для второй поляризации, что иллюстрируется  
 косой штриховкой с наклоном вправо. Как было отмечено выше, эти две поляризации  
 ( $P = 2$ ) являются ортогональными друг другу. Таким образом, рассматриваемой  
 подрешеткой обеспечивается поддержка 32 цифровых портов базовой станции.

Также на Фиг. 2а показана используемая в 5G NR индексация цифровых портов по  
 15 антенной решетке, порядок которой реализуется по принципу ‘сначала по первой  
 пространственной размерности ( $N_1$ ), потом по второй пространственной размерности  
 ( $N_2$ ), затем по размерности поляризации ( $P$ )’.

На Фиг. 2b показан соответственный иллюстративный вариант отображения  
 цифровых портов, показанных на Фиг. 2а, на частотно-временные ресурсы. По сути,  
 20 на Фиг. 2b иллюстрируется составленная из ресурсных элементов структура CSI-RS,  
 посредством которой обеспечивается ортогональное мультиплексирование CSI-RS,  
 которые, согласно рассматриваемому примеру, передаются с 32 цифровых портов  
 базовой станции. Прежде всего, как видно из Фиг. 2b, осуществлено разделение частотно-  
 25 временных ресурсов структуры CSI-RS по восьми группам мультиплексирования с  
 кодовым разделением (CDM-группам), которые организованы регулярным образом  
 по частоте и времени - так, расстояние между соседними CDM-группами по частоте  
 есть одна поднесущая, а расстояние между соседними CDM-группами по времени  
 составляет один OFDM-символ. Далее, в каждой из восьми CDM-групп  
 30 мультиплексирование CSI-RS сигналов обеспечивается посредством применения двух  
 ортогональных кодов (ОСС) в частотной области (FD) длины 2 и двух ОСС во временной  
 области (TD) длины 2. Таким образом, в рассматриваемой структуре CSI-RS  
 обеспечивается мультиплексирование 32 CSI-RS для 32 цифровых портов базовой  
 станции: 8 CDM-групп  $\times$  2 FD-ОСС длины 2  $\times$  2 TD-ОСС длины 2. Соответственно, каждая  
 CDM-группа показана на Фиг. 2b состоящей из четырех смежных ресурсных элементов  
 35 - двух по частоте и двух по времени.

На Фиг. 2b также показана индексация CSI-RS сигналов (т.е., по сути, цифровых  
 портов (см. Фиг. 2а)) по иллюстрируемой структуре CSI-RS, порядок которой реализуется  
 по принципу ‘сначала внутри CDM-группы, потом по частоте, затем по времени’. На  
 Фиг. 2b предполагается, что CDM-группы в показанной структуре CSI-RS  
 40 последовательно нумеруются по аналогичному принципу - ‘сначала по частоте, затем  
 по времени’. То есть на рассматриваемой фигуре верхняя левая CDM-группа будет  
 иметь индекс  $\Delta = 0$ , нижняя левая CDM-группа будет иметь индекс  $\Delta = 3$ , верхняя правая  
 CDM-группа будет иметь индекс  $\Delta = 4$ , нижняя правая CDM-группа будет иметь индекс  
 45  $\Delta = 7$ .

Здесь следует обратить внимание на то, что частотно-временная область  
 рассматриваемой по Фиг. 2b иллюстративной структуры CSI-RS 5G NR ограничена по  
 частоте одним физическим ресурсным блоком (PRB), состоящим из 12 поднесущих, и

по времени - одним временным слотом, состоящим из 14 OFDM-символов. Также следует пояснить, что, согласно 5G NR, планирование на базовой станции ресурсов во временной области осуществляется с гранулярностью в один интервал времени передачи (TTI), которым для случая передачи CSI-RS является временной слот; аналогичным образом, гранулярность планирования на базовой станции ресурсов в частотной области определяется PRB.

Рассмотренная со ссылкой на Фиг. 2а, 2б иллюстративная конфигурация структуры CSI-RS является не единственно возможной, и ниже в Таблице 1 приведены поддерживаемые в 5G NR конфигурации CSI-RS.

10

№	X	$\rho$	тип CDM	$(\tilde{k}, \tilde{l})$	$\Delta$	$k'$	$l'$
1	1	3	по CDM	$(k_0, l_0), (k_0 + 4, l_0), (k_0 + 8, l_0)$	0, 0, 0	0	0
2	1	1, 0,5	по CDM	$(k_0, l_0)$	0	0	0
3	2	1, 0,5	FD-CDM2	$(k_0, l_0)$	0	0, 1	0
4	4	1	FD-CDM2	$(k_0, l_0), (k_0 + 2, l_0)$	0, 1	0, 1	0
5	4	1	FD-CDM2	$(k_0, l_0 + 1)$	0, 1	0, 1	0
6	8	1	FD-CDM2	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_3, l_0)$	0, 1, 2, 3	0, 1	0
7	8	1	FD-CDM2	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_0, l_0 + 1), (k_1, l_0 + 1)$	0, 1, 2, 3	0, 1	0
8	8	1	CDM4 (FD2, TD2)	$(k_0, l_0), (k_1, l_0)$	0, 1	0, 1	0, 1
9	12	1	FD-CDM2	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_3, l_0), (k_4, l_0), (k_5, l_0)$	0, 1, 2, 3, 4, 5	0, 1	0
10	12	1	CDM4 (FD2, TD2)	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0)$	0, 1, 2	0, 1	0, 1
11	16	1, 0,5	FD-CDM2	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_3, l_0), (k_0, l_0 + 1), (k_1, l_0 + 1), (k_2, l_0 + 1), (k_3, l_0 + 1)$	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	0, 1	0
12	16	1, 0,5	CDM4 (FD2, TD2)	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_3, l_0)$	0, 1, 2, 3	0, 1	0, 1
13	24	1, 0,5	FD-CDM2	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_0, l_0 + 1), (k_1, l_0 + 1), (k_2, l_0 + 1), (k_0, l_1 + 1), (k_1, l_1 + 1), (k_2, l_1 + 1)$	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	0, 1	0
14	24	1, 0,5	CDM4 (FD2, TD2)	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_0, l_1), (k_1, l_1), (k_2, l_1)$	0, 1, 2, 3, 4, 5	0, 1	0, 1
15	24	1, 0,5	CDM8 (FD2, TD4)	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0)$	0, 1, 2	0, 1	0, 1, 2, 3
16	32	1, 0,5	FD-CDM2	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_3, l_0), (k_0, l_0 + 1), (k_1, l_0 + 1), (k_2, l_0 + 1), (k_3, l_0 + 1), (k_0, l_1), (k_1, l_1), (k_2, l_1), (k_3, l_1), (k_0, l_1 + 1), (k_1, l_1 + 1), (k_2, l_1 + 1), (k_3, l_1 + 1)$	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15	0, 1	0
17	32	1, 0,5	CDM4 (FD2, TD2)	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_3, l_0), (k_0, l_1), (k_1, l_1), (k_2, l_1), (k_3, l_1)$	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	0, 1	0, 1
18	32	1, 0,5	CDM8 (FD2, TD4)	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_3, l_0)$	0, 1, 2, 3	0, 1	0, 1, 2, 3

15

20

25

30

35

Таблица 1

В Таблице 1 X - количество портов базовой станции,  $\rho$  - плотность;  $(\tilde{k}, \tilde{l})$  - индексы, характеризующие частотно-временное расположение CDM-групп, где  $\tilde{k}$  - индекс по частоте (по сути, индекс поднесущей начального RE CDM-группы),  $\tilde{l}$  - индекс по времени (по сути, индекс OFDM-символа начального RE CDM-группы);  $\Delta$  - индексы CDM-групп в структуре CSI-RS;  $k'$  - индексы элементов кодовой последовательности FD-ОСС и  $l'$  - индексы элементов кодовой последовательности TD-ОСС; обозначение типа CDM, по сути, характеризует возможность располагать CDM-группы на разных поднесущих (FDM) и на разных OFDM-символах (TDM) и, более конкретно, соответствует конфигурации из числа задействуемых FD-ОСС и числа задействуемых TD-ОСС.

45

На Фиг. 3а для иллюстрации показана структура CSI-RS, соответствующая строке 12 в Таблице 1 (конфигурация '12'), на частотно-временной области 1 PRB×1 слот.

Индексом  $l_0$  соответственно обозначен стартовый OFDM-символ каждой из четырех CDM-групп, индексами  $k_0, k_1, k_2, k_3$  соответственно обозначены начальные поднесущие CDM-групп, и  $\Delta = 0, 1, 2, 3$  - индексы CDM-групп в рассматриваемой структуре CSI-RS. Типом CDM-группы является CDM4, где для мультиплексирования CSI-RS сигналов в CDM-группе соответственно используются два FD-ОСС длины 2 и два TD-ОСС длины 2. К слову, структура CSI-RS, проиллюстрированная на Фиг. 2b, соответствует строке 17 в Таблице 1 (конфигурация '17').

Плотность  $\rho$  характеризует частоту повторения соответствующей структуры CSI-RS по последовательным PRB. Скажем,  $\rho=0.5$ , указанная для конфигурации '12' в Таблице 1, означает, что данная структура CSI-RS повторяется раз в два PRB. Аналогичное справедливо и в отношении конфигурации '17'. Далее,  $\rho=1$ , указанная, например, для конфигурации '8' в Таблице 1, означает, что соответствующая структура CSI-RS повторяется с каждым PRB. Значение  $\rho=3$  (т.е. повтор три раза за один PRB) возможно только для случая одного порта, когда речь о CDM-группах, естественно, не идет (тип по CDM).

На Фиг. 3b проиллюстрированы указанные в Таблице 1 типы CDM, включая вышеописанный CDM4 (FD2, TD2). Так, для типа FD-CDM2 используются два FD-ОСС длины 2 и один TD-ОСС длины 1, а для типа CDM8 соответственно используются два FD-ОСС длины 2 и четыре TD-ОСС длины 4. Ниже более подробно рассматривается CDM-группа типа CDM8.

Использование ОСС длины 2 для частотной области дает две ОСС последовательности (вектора)  $\mathbf{w}_f(k_f)$ ,  $k_f = 0, 1$ , и элементы каждой кодовой последовательности FD-ОСС нумеруются индексом  $k'$ ,  $k' = 0, 1$ . Аналогично, использование ОСС длины 4 для TD дает четыре ОСС последовательности  $\mathbf{w}_t(k_t)$ ,  $k_t = 0, 1, 2, 3$ , и элементы каждой кодовой последовательности TD-ОСС нумеруются индексом  $l'$ ,  $l' = 0, 1, 2, 3$ .

В случае использования ОСС, основывающегося на ортогональном коде Уолша-Адамара (WH-ОСС), рассматриваемые для CDM8 кодовые последовательности могут иметь следующий вид:  $\mathbf{w}_f(0) = [+1 \ +1]$ ,  $\mathbf{w}_f(1) = [+1 \ -1]$ ,  $\mathbf{w}_t(0) = [+1 \ +1 \ +1 \ +1]$ ,  $\mathbf{w}_t(1) = [+1 \ -1 \ +1 \ -1]$ ,  $\mathbf{w}_t(2) = [+1 \ +1 \ -1 \ -1]$ ,  $\mathbf{w}_t(3) = [+1 \ -1 \ -1 \ +1]$ .

В соответствии с 5G NR, каждому CSI-RS (и, соответственно, порту базовой станции) ставится в соответствие совместная последовательность ОСС, что иллюстрируется для рассматриваемого случая CDM8 Таблицей 2 ниже:

$t_{\text{CDM}}$	$w_{\text{F}}$	$w_{\text{t}}$
0	[+1 +1]	[+1 +1 +1 +1]
1	[+1 -1]	[+1 +1 +1 +1]
2	[+1 +1]	[+1 -1 +1 -1]
3	[+1 -1]	[+1 -1 +1 -1]
4	[+1 +1]	[+1 +1 -1 -1]
5	[+1 -1]	[+1 +1 -1 -1]
6	[+1 +1]	[+1 -1 -1 +1]
7	[+1 -1]	[+1 -1 -1 +1]

Таблица 2

В Таблице 2  $t_{\text{CDM}}$  - индекс CSI-RS (и, соответственно, совместной кодовой последовательности OCC) в CDM-группе. Данная индексация реализуется в допущении применения последовательности OCC сначала по частоте, потом по времени.

В виду вышесказанного, индексация цифровых портов по конфигурации CSI-RS, как проиллюстрировано на Фиг. 2b, может быть выражена следующим уравнением:

$$p = t_{\text{CDM}} + \Delta \cdot T_{\text{CDM}}, \quad (1)$$

где  $p$  - индекс цифрового порта,  $t_{\text{CDM}} = 0, 1, \dots, T_{\text{CDM}} - 1$  - индекс совместной кодовой последовательности OCC в CDM-группе,  $T_{\text{CDM}}$  - длина совместной кодовой последовательности OCC (для CDM-групп структуры CSI-RS, показанной на Фиг. 2a,  $T_{\text{CDM}} = 4$ ),  $\Delta = 0, 1, \dots, N_{\text{CDM}} - 1$  - индекс CDM-группы в структуре CSI-RS (см. Таблицу 1),  $N_{\text{CDM}}$  - количество CDM-групп в структуре CSI-RS (для структуры CSI-RS, показанной на Фиг. 2a,  $N_{\text{CDM}} = 8$ ). Посредством уравнения (1) можно определить, с какого цифрового порта  $p$  передается какая ортогональная кодовая последовательность CSI-RS. Естественно, индексация согласно уравнению (1) заранее известна на пользовательских устройствах.

В соответствии с 5G NR, CSI-RS могут передаваться базовой станцией:

апериодически (aperiodic), когда базовая станция передает CSI-RS по необходимости, и пользовательское устройство(а) заранее информируется (к примеру, посредством управляющей информации нисходящей линии связи (DCI)) о передаче CSI-RS в конкретном слоте;

периодически (periodic), и в этом случае периодичность передачи преконфигурируется на базовой станции и заблаговременно сообщается на пользовательское устройство (а);

полупостоянно (semi-persistent), когда выполняется преконфигурирование аналогично варианту periodic, но базовая станция использует контрольную DL сигнализацию (к примеру, сообщение уровня MAC) для активации/деактивации конкретных CSI-RS.

Помимо этого, в 5G NR для передачи CSI-RS предусмотрена возможность управления используемой полосой частот (BW), а именно для данной передачи базовой станцией может использоваться одна компонентная несущая (CC) (один частотный канал), либо может использоваться несколько CC (несколько частотных каналов). В каждом случае

на каждой СС передаются CSI-RS для вычисления информации о состоянии канала для соответствующей СС на стороне пользовательского устройства. Пользовательское устройство(а) заблаговременно информируется базовой станцией о параметрах CSI-RS на каждой СС. При этом, в целях рандомизации помехи, для модуляции CSI-RS применяется QPSK-последовательность с использованием псевдошумовой (PN) последовательности.

Отвечающие 5G NR аспекты, обсужденные выше со ссылкой на Таблицы 1, 2 и Фиг. 2-3 и связанные, в частности, с отображением цифровых портов базовой станции на частотно-временные ресурсы структур CSI-RS, а также с мультиплексированной передачей CSI-RS, раскрыты в спецификации TS 38.211, v.18.1.0, которая во всей своей полноте включена в настоящее описание посредством ссылки.

Хотя развертывание систем 5G NR в мире только начинает набирать обороты, уже сейчас ведутся активные исследования в различных направлениях по стандартизации систем беспроводной связи следующего поколения, т.н. 6G, которые будут обладать характеристиками, превосходящими 5G NR.

В частности, для рабочего диапазона 6G 8-13 ГГц (UPPER MID BAND) на базовых станциях планируется поддержка сверхбольших антенных решеток (например, состоящих из 3072 антенных элементов) с гибридным аналоговым и цифровым формированием диаграммы направленности с большим количеством портов ( $\leq 256$ ). Таким образом, с поддержкой, в частности, до 64 одновременно передаваемых пространственных MIMO-слоев в системах связи UPPER MID BAND диапазона концепция радиоинтерфейса со сверхбольшой антенной решеткой (xMIMO) будет выведена на принципиально новый уровень. При этом в 6G планируется поддержка набора опорных сигналов, аналогичного используемому в 5G NR, таких как DM-RS, CSI-RS, SRS, PT-RS, PSS/SSS.

В то же время подходы, применяемые в 5G NR, далеко не всегда могут быть непосредственно расширены на системы беспроводной связи следующего поколения.

Так, отвечающие 5G NR конфигурации CSI-RS (см. Таблицу 1) могут обеспечить поддержку не более 32 цифровых портов, тогда как, согласно вышесказанному, проектная потребность 6G xMIMO составляет вплоть до 256 портов. Соответственно, для 6G xMIMO должны быть разработаны новые конфигурации CSI-RS значительно большей емкости.

В канве требующейся разработки конфигураций CSI-RS для 6G xMIMO дополнительные препятствия возникают вследствие характерных для 5G NR ограничений частотно-временной области для структуры CSI-RS одним PRB и одним слотом (см. Фиг. 2b, 3a) и ограничения, заключающегося в том, что любая CDM-группа образуется исключительно смежными ресурсными элементами. Касаемо второго из указанных ограничений следует пояснить, что, помимо CSI-RS, у базовой станции может возникнуть необходимость передать другой сигнал(ы), в то же время, в контексте 6G xMIMO, выделение смежных ресурсных элементов для CDM-группы большей емкости (к примеру, с большим по сравнению с 5G NR количеством смежных OFDM-символов во временной области) может привести к нежелательному ограничению данной передачи.

Еще один аспект, который должен быть учтен в канве разработки конфигураций CSI-RS для 6G xMIMO, заключается в следующем. Вследствие значительного увеличения количества цифровых портов базовой станции, на пользовательские устройства может возрасти вычислительная нагрузка, связанная с оценкой большого числа CSI-RS сигналов с большим числом CSI-RS портов. Следовательно, для пользовательского устройства (например, пользовательского устройства с ограниченными

вычислительными возможностями) должна быть обеспечена возможность выполнения оценки в отношении меньшего числа CSI-RS портов, прозрачным образом как для пользовательского устройства, так и для базовой станции. В то же время в 5G NR не предусмотрен механизм соответствующего масштабирования (переиспользования) цифровых портов.

### СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Задачей настоящего изобретения является создание конфигурации для мультиплексирования CSI-RS, которая поддерживает требуемое количество цифровых портов базовой станции (до 256), избегая при этом недостатков предшествующего уровня техники, обсужденных выше.

В контексте решения этой технической задачи, согласно первому аспекту настоящего изобретения предложен способ формирования опорных сигналов информации состояния канала (CSI-RS сигналов).

Предложенный способ содержит этап, на котором, на базовой станции в системе беспроводной связи, для заданного количества  $N_p$  используемых цифровых портов на базовой станции, определяют структуру CSI-RS, состоящую из ресурсных элементов, где каждый ресурсный элемент в частотной области определяется поднесущей и во временной области - символом OFDM-символом. Упомянутое определение содержит этапы, на которых, для структуры CSI-RS: задают группу из  $N_{PRB}$  смежных PRB в частотной области и группу из  $N_{TTI}$  смежных временных слотов во временной области, где  $N_{PRB}, N_{TTI}$  - натуральные числа, при этом по меньшей мере одно из  $N_{PRB}, N_{TTI}$  больше 1; задают количество  $N_{CDM}$  CDM-групп, причем при задании количества CDM-групп задают количество  $N_{CDM}^f$  CDM-групп в частотной области и количество  $N_{CDM}^t$  CDM-групп во временной области,  $N_{CDM} = N_{CDM}^f \cdot N_{CDM}^t$ , где  $N_{CDM}^f, N_{CDM}^t$  - натуральные числа; определяют CDM-группу, причем при определении CDM-группы для CDM-группы задают частотный размер, равный  $K_{CDM}$  поднесущим, и временной размер, равный  $L_{CDM}$  OFDM-символом, так что  $K_{CDM} \cdot L_{CDM} \cdot N_{CDM} = N_p$ , при этом  $K_{CDM}$  и  $L_{CDM}$  задаются с учетом OCC, подлежащего использованию для мультиплексирования  $T_{CDM} = K_{CDM} \cdot L_{CDM}$  CSI-RS сигналов в CDM-группе, причем длина кодовой последовательности OCC составляет  $T_{CDM}$ ; и задают частотно-временное расположение  $N_{CDM}$  CDM-групп, причем при задании частотно-временного расположения задают расположение  $N_{CDM}^f$  CDM-групп в частотной области в пределах группы из  $N_{PRB}$  PRB и расположение  $N_{CDM}^t$  CDM-групп во временной области в пределах группы из  $N_{TTI}$  слотов. Структура CSI-RS является повторяющейся по группам PRB.

Согласно варианту осуществления, при упомянутом задании расположения CDM-групп в частотной области, для каждой из  $N_{CDM}^f$  CDM-групп задают индекс  $k$  начальной поднесущей в структуре CSI-RS, и при упомянутом задании расположения CDM-групп во временной области, для каждой из  $N_{CDM}^t$  CDM-групп задают индекс  $l$  стартового OFDM-символа в структуре CSI-RS. Упомянутое повторение структуры осуществляется CSI-RS с заданной плотностью  $\rho$ , при этом структура CSI-RS повторяется с каждой последовательной группой PRB ( $\rho=1$ ), либо структура CSI-RS повторяется по группам PRB только на тех PRB, которые выделены на базовой станции для передачи CSI-RS ( $\rho<1$ ).

Согласно варианту осуществления, предложенный способ дополнительно содержит

этап, на котором передают с базовой станции на по меньшей мере одно пользовательское устройство (UE) в системе беспроводной связи сообщение, содержащее, по меньшей мере, указание  $N_{PRB}$ ,  $N_{TTI}$ ,  $N_{CDM}^f$ ,  $N_{CDM}^t$ ,  $K_{CDM}$ ,  $L_{CDM}$ , по меньшей мере некоторых из индексов  $\{k, l\}$ ,  $\rho$ . Данное сообщение предпочтительно передается посредством по

5 меньшей мере одного из DCI, MAC сигнализации и RRC сигнализации.  
Согласно варианту осуществления, OCC является OCC, основывающимся на ортогональном коде Уолша-Адамара (WH-OCC), причем  $T_{CDM}$  равно  $2^n$ , где  $n$  - неотрицательное целое число. Кодовые последовательности WH-OCC изначально

10 назначаются цифровым портам, соответствующим CSI-RS сигналам, мультиплексируемым в CDM-группе, согласно первому порядку применения, заранее заданному на базовой станции, образуя кодовый набор WH-OCC для CDM-группы, в котором кодовые последовательности WH-OCC упорядочены согласно первому порядку применения. Кодовый набор WH-OCC является доступным на пользовательском

15 устройстве, и первый порядок применения заранее задан на пользовательском устройстве или заранее просигнализирован на пользовательское устройство.

Согласно варианту осуществления, упомянутое определение CDM-группы содержит выполнение этапа, на котором определяют  $i$ -ю CDM-группу семейства CDM-групп посредством дублирования  $(i - 1)$ -й CDM-группы семейства по частоте или времени,

20 где  $i$  - натуральное число,  $i > 1$ , при этом, если упомянутое дублирование осуществляется по частоте, то  $K_{CDM}^i = 2 \cdot K_{CDM}^{i-1}$ , причем две  $(i - 1)$ -х CDM-группы семейства в составе  $i$ -й CDM-группы семейства разделены заданным интервалом из  $gap_f^i$  поднесущих, где  $gap_f^i$  - неотрицательное целое число, или если упомянутое дублирование осуществляется

25 по времени, то  $L_{CDM}^i = 2 \cdot L_{CDM}^{i-1}$ , причем две  $(i - 1)$ -х CDM-группы семейства в составе  $i$ -й CDM-группы семейства разделены заданным интервалом из  $gap_t^i$  OFDM-символов, где  $gap_t^i$  - неотрицательное целое число, до тех пор, пока  $K_{CDM}^i$  не будет равным  $K_{CDM}$  и  $L_{CDM}^i$

30 не будет равным  $L_{CDM}$ . Исходной CDM-группой семейства может быть CDM-группа, состоящая из одного ресурсного элемента ( $i = 1$ ,  $K_{CDM}^1 = L_{CDM}^1 = 1$ ), при этом значениями  $gap_f^i$  и  $gap_t^i$ ,  $i > 2$ , являются 0, или 1, или 2, причем  $gap_f^2 = gap_t^2 = 0$ , либо исходной CDM-группой семейства может быть CDM-группа, состоящая из более одного

35 ресурсного элемента, при этом значениями  $gap_f^i$  и  $gap_t^i$  являются 0, или 1, или 2. Упомянутое сообщение может дополнительно включать в себя указание по меньшей мере некоторых из интервалов  $\{gap_f^i\}$  и/или интервалов  $\{gap_t^i\}$ .

Согласно варианту осуществления, индексация цифровых портов в структуре CSI-RS задается на базовой станции следующим образом:

$$p = s + \Delta \cdot T_{CDM},$$

где  $p$  - индекс цифрового порта;  $\Delta = 0, 1, \dots, N_{CDM} - 1$  - порядковый индекс CDM-группы в структуре CSI-RS;  $s = f_{BR}(t_{CDM})$ , где  $t_{CDM} = 0, 1, \dots, T_{CDM} - 1$  - индекс кодовой

45 последовательности WH-OCC в CDM-группе согласно первому порядку применения,  $f_{BR}(t_{CDM})$  - функция перестановки в бит-реверсивном порядке, обеспечивающая преобразование десятичного представления индекса  $t_{CDM}$  в двоичное представление, инвертирование порядка битов в двоичном представлении и преобразование

инвертированного двоичного представления в десятичное представление индекса  $s$ , причем назначение кодовых последовательностей WH-ОСС цифровым портам в CDM-группе согласно индексам  $\{s\}$  соответствует второму порядку применения.

Предложенный способ при этом дополнительно содержит выполняемый на базовой станции этап, на котором переупорядочивают кодовые последовательности WH-ОСС в кодовом наборе WH-ОСС CDM-группы в соответствии со вторым порядком применения.

Согласно варианту осуществления, CDM-группы индексируются в структуре CSI-RS сквозным образом по принципу: 'сначала по частоте - потом по времени' по всей структуре CSI-RS, или 'сначала по времени - потом по частоте' по всей структуре CSI-RS, или 'сначала по частоте - потом по времени' внутри каждого PRB/слота, с переходом между PRB/слотами по принципу 'сначала по времени - потом по частоте', или 'сначала по частоте - потом по времени' внутри PRB/слота, с последующим переходом между PRB/слотами по принципу 'сначала по частоте - потом по времени'. Первый порядок применения кодовых последовательностей WH-ОСС в CDM-группе предпочтительно реализован по принципу 'сначала по частоте - потом по времени'.

Согласно варианту осуществления,  $N_p$  цифровых портов реализованы на антенной решетке базовой станции с размерами  $N_1 \times N_2$ , где  $N_1$  - количество антенных портов решетки по первой размерности,  $N_2$  - количество антенных портов решетки по второй размерности,  $N_1 \geq N_2$ ,  $N_1 \cdot N_2 = N_p/2$ , при этом базовая станция выполнена с возможностью осуществлять, с каждого антенного порта решетки, передачу сигнала с одной из первой поляризации и второй поляризации, причем первая поляризация и вторая поляризация являются ортогональными. На базовой станции используется виртуальное иерархическое разбиение антенной решетки базовой станции на подрешетки, причем на  $r$ -м уровне иерархии,  $1 < r \leq \log_2(N_p/2)$ , антенная решетка разбита на  $M_d^r$  одинаковых подрешеток. Каждая подрешетка имеет размеры  $M_1^r \times M_2^r$ , где  $M_1^r$  - количество антенных портов в подрешетке по первой пространственной размерности,  $M_2^r$  - количество антенных портов в подрешетке по второй пространственной размерности,  $M_1^r \geq M_2^r$ ,  $M_1^r \cdot M_2^r = M_p^r$ ,  $M_p^r \cdot M_d^r = N_p/2$ , причем каждая подрешетка  $r$ -го уровня иерархии состоит из двух подрешеток  $(r-1)$ -го уровня иерархии, так что  $M_1^r = 2 \cdot M_1^{r-1}$  или  $M_2^r = 2 \cdot M_2^{r-1}$ , где подрешетка на первом уровне иерархии ( $r=1$ ) имеет размеры  $M_1^1 = 2$ ,  $M_2^1 = 1$ , при этом каждая подрешетка на  $r$ -м уровне иерархии,  $1 \leq r \leq \log_2(N_p/2)$ , представляет объединенный порт, объединяющий  $M_p^r$  цифровых портов базовой станции. Для каждого уровня иерархии заданы CDM-подгруппа, ресурсные элементы которой составляют часть ресурсных элементов CDM-группы структуры CSI-RS, и соответствующий кодовый поднабор WH-ОСС, причем кодовые последовательности WH-ОСС кодового поднабора WH-ОСС изначально назначаются объединенным портам согласно первому порядку применения.

Согласно варианту осуществления, на  $r$ -м уровне иерархии индексация цифровых портов по антенной решетке базовой станции задается следующим образом:

$$p = x \cdot M_d^r \cdot M_p^r + j^r \cdot M_p^r + k^r,$$

где  $p$  - индекс цифрового порта по антенной решетке,  $x = 0$  для первой поляризации

и  $x = 1$  для второй поляризации,  $j^r = 0, 1, \dots, M_d^r - 1$  - порядковый индекс подрешетки в антенной решетке,  $k^r = 0, 1, \dots, M_p^r - 1$  - порядковый индекс антенного порта в подрешетке. Подрешетки предпочтительно индексируются по антенной решетке по принципу 'сначала по первой размерности - потом второй размерности', и антенные порты индексируются в подрешетке по принципу 'сначала по первой размерности - потом второй размерности'.

В упомянутом иерархическом разбиении предпочтительно задействуются не более двух уровней иерархии:  $r = 1$  и/или  $r = 2$ .

Согласно одному варианту осуществления, упомянутое иерархическое разбиение, индексация цифровых портов по структуре CSI-RS портов и индексация цифровых портов по антенной решетке заранее заданы на пользовательском устройстве или заранее просигнализированы на пользовательское устройство.

Согласно другому варианту осуществления, упомянутое сообщение дополнительно включает в себя информацию об упомянутом иерархическом разбиении, индексации цифровых портов по структуре CSI-RS портов и индексации цифровых портов по антенной решетке.

Согласно варианту осуществления, предложенный способ дополнительно содержит этапы, на которых на пользовательском устройстве определяют выполнять оценку канала в отношении объединенных портов, соответствующих  $r$ -му уровню иерархии,  $1 \leq r \leq \log_2(N_p/2)$ , причем оценка канала осуществляется для формирования информации состояния канала (CSI) на пользовательском устройстве, и выполняют оценку канала на основе CDM-подгруппы и кодового поднабора WH-OCC, соответствующих  $r$ -му уровню иерархии, при этом кодовый поднабор WH-OCC переупорядочивается согласно второму порядку применения.

Согласно варианту осуществления, базовая станция выполнена с возможностью осуществления передачи CSI-RS сигналов одновременно на наборе компонентных несущих (CC), при этом способ, предложенный согласно первому аспекту настоящего изобретения, выполняется для каждой из набора компонентных несущих.

Согласно второму аспекту настоящего изобретения предложен способ формирования CSI-RS сигналов.

Предложенный способ содержит этап, на котором, на базовой станции в системе беспроводной связи, для заданного количества  $N_p$  используемых цифровых портов на базовой станции, определяют структуру CSI-RS, состоящую из ресурсных элементов, где каждый ресурсный элемент в частотной области определяется поднесущей и во временной области - OFDM-символом. Упомянутое определение содержит этапы, на которых, для структуры CSI-RS: задают группу из  $N_{PRB}$  смежных PRB в частотной области и группу из  $N_{TTI}$  смежных временных слотов во временной области, где  $N_{PRB}, N_{TTI}$  - натуральные числа; задают количество  $N_{CDM}$  CDM-групп, причем при задании количества CDM-групп задают количество  $N_{CDM}^f$  CDM-групп в частотной области и количество  $N_{CDM}^t$  CDM-групп во временной области,  $N_{CDM} = N_{CDM}^f \cdot N_{CDM}^t$ , где  $N_{CDM}^f, N_{CDM}^t$  - натуральные числа; определяют CDM-группу, причем при определении CDM-группы для CDM-группы задают частотный размер, равный  $K_{CDM}$  поднесущим, и временной размер, равный  $L_{CDM}$  OFDM-символом, так что  $K_{CDM} \cdot L_{CDM} \cdot N_{CDM} = N_p$ , при этом  $K_{CDM}$  и  $L_{CDM}$  задаются с учетом OCC, подлежащего использованию для мультиплексирования

$T_{\text{CDM}} = K_{\text{CDM}} \cdot L_{\text{CDM}}$  CSI-RS сигналов в CDM-группе, причем длина кодовой последовательности OCC составляет  $T_{\text{CDM}}$ , при этом определение CDM-группы содержит выполнение этапа, на котором определяют  $i$ -ю CDM-группу семейства CDM-групп посредством дублирования  $(i - 1)$ -й CDM-группы семейства по частоте или времени, где  $i$  - натуральное число,  $i > 1$ , причем, если упомянутое дублирование осуществляется по частоте, то  $K_{\text{CDM}}^i = 2 \cdot K_{\text{CDM}}^{i-1}$ , причем две  $(i - 1)$ -х CDM-группы семейства в составе  $i$ -й CDM-группы семейства разделены заданным интервалом из  $\text{gap}_f^i$  поднесущих, где  $\text{gap}_f^i$  - неотрицательное целое число, или если упомянутое дублирование осуществляется по времени, то  $L_{\text{CDM}}^i = 2 \cdot L_{\text{CDM}}^{i-1}$ , причем две  $(i - 1)$ -х CDM-группы семейства в составе  $i$ -й CDM-группы семейства разделены заданным интервалом из  $\text{gap}_t^i$  OFDM-символов, где  $\text{gap}_t^i$  - неотрицательное целое число, до тех пор, пока  $K_{\text{CDM}}^i$  не будет равным  $K_{\text{CDM}}$  и  $L_{\text{CDM}}^i$  не будет равным  $L_{\text{CDM}}$ ; и задают частотно-временное расположение  $N_{\text{CDM}}$  CDM-групп, причем при задании частотно-временного расположения задают расположение  $N_{\text{CDM}}^f$  CDM-групп в частотной области в пределах группы из  $N_{\text{PRB}}$  PRB и расположение  $N_{\text{CDM}}^t$  CDM-групп во временной области в пределах группы из  $N_{\text{TTI}}$  слотов. Структура CSI-RS является повторяющейся по группам PRB.

Исходной CDM-группой семейства может быть CDM-группа, состоящая из одного ресурсного элемента ( $i = 1$ ,  $K_{\text{CDM}}^1 = L_{\text{CDM}}^1 = 1$ ), при этом значениями  $\text{gap}_f^i$  и  $\text{gap}_t^i$ ,  $i > 2$ , являются 0, или 1, или 2, причем  $\text{gap}_f^2 = \text{gap}_t^2 = 0$ , либо исходной CDM-группой семейства может быть CDM-группа, состоящая из более одного ресурсного элемента, при этом значениями  $\text{gap}_f^i$  и  $\text{gap}_t^i$  являются 0, или 1, или 2.

Согласно варианту осуществления, при упомянутом задании расположения CDM-групп в частотной области, для каждой из  $N_{\text{CDM}}^f$  CDM-групп задают индекс  $k$  начальной поднесущей в структуре CSI-RS, и при упомянутом задании расположения CDM-групп во временной области, для каждой из  $N_{\text{CDM}}^t$  CDM-групп задают индекс  $l$  стартового OFDM-символа в структуре CSI-RS. Упомянутое повторение структуры осуществляется CSI-RS с заданной плотностью  $\rho$ , при этом структура CSI-RS повторяется с каждой последовательной группой PRB ( $\rho=1$ ), либо структура CSI-RS повторяется по группам PRB только на тех PRB, которые выделены на базовой станции для передачи CSI-RS ( $\rho < 1$ ).

Согласно варианту осуществления, предложенный способ дополнительно содержит этап, на котором передают с базовой станции на по меньшей мере одно пользовательское устройство в системе беспроводной связи сообщение, содержащее, по меньшей мере, указание  $N_{\text{PRB}}$ ,  $N_{\text{TTI}}$ ,  $N_{\text{CDM}}^f$ ,  $N_{\text{CDM}}^t$ ,  $K_{\text{CDM}}$ ,  $L_{\text{CDM}}$ , по меньшей мере некоторых из индексов  $\{k, l\}$ , по меньшей мере некоторых из интервалов  $\{\text{gap}_f^i\}$  и/или интервалов  $\{\text{gap}_t^i\}$ ,  $\rho$ . Данное сообщение предпочтительно передается посредством по меньшей мере одного из DCI, MAC сигнализации и RRC сигнализации.

Согласно варианту осуществления, OCC является WH-OCC, причем  $T_{\text{CDM}}$  равно  $2^n$ , где  $n$  - неотрицательное целое число. Кодовые последовательности WH-OCC изначально назначаются цифровым портам, соответствующим CSI-RS сигналам,

мультиплексируемым в CDM-группе, согласно первому порядку применения, заранее заданному на базовой станции, образуя кодовый набор WH-OCC для CDM-группы, в котором кодовые последовательности WH-OCC упорядочены согласно первому порядку применения. Кодовый набор WH-OCC является доступным на пользовательском устройстве, и первый порядок применения заранее задан на пользовательском устройстве или заранее просигнализирован на пользовательское устройство.

Согласно варианту осуществления, индексация цифровых портов в структуре CSI-RS задается на базовой станции следующим образом:

$$p = s + \Delta \cdot T_{\text{CDM}},$$

где  $p$  - индекс цифрового порта;  $\Delta = 0, 1, \dots, N_{\text{CDM}} - 1$  - порядковый индекс CDM-группы в структуре CSI-RS;  $s = f_{\text{BR}}(t_{\text{CDM}})$ , где  $t_{\text{CDM}} = 0, 1, \dots, T_{\text{CDM}} - 1$  - индекс кодовой последовательности WH-OCC в CDM-группе согласно первому порядку применения,  $f_{\text{BR}}(t_{\text{CDM}})$  - функция перестановки в бит-реверсивном порядке, обеспечивающая преобразование десятичного представления индекса  $t_{\text{CDM}}$  в двоичное представление, инвертирование порядка битов в двоичном представлении и преобразование инвертированного двоичного представления в десятичное представление индекса  $s$ , причем назначение кодовых последовательностей WH-OCC цифровым портам в CDM-группе согласно индексам  $\{s\}$  соответствует второму порядку применения.

Предложенный способ при этом дополнительно содержит выполняемый на базовой станции этап, на котором переупорядочивают кодовые последовательности WH-OCC в кодовом наборе WH-OCC CDM-группы в соответствии со вторым порядком применения.

Согласно варианту осуществления, по меньшей мере одно из  $N_{\text{PRB}}, N_{\text{TTI}}$  больше 1, при этом CDM-группы индексируются в структуре CSI-RS сквозным образом по принципу: 'сначала по частоте - потом по времени' по всей структуре CSI-RS, или 'сначала по времени - потом по частоте' по всей структуре CSI-RS, или 'сначала по частоте - потом по времени' внутри каждого PRB/слота, с переходом между PRB/слотами по принципу 'сначала по времени - потом по частоте', или 'сначала по частоте - потом по времени' внутри PRB/слота, с последующим переходом между PRB/слотами по принципу 'сначала по частоте - потом по времени'. Первый порядок применения кодовых последовательностей WH-OCC в CDM-группе предпочтительно реализован по принципу 'сначала по частоте - потом по времени'.

Согласно варианту осуществления,  $N_p$  цифровых портов реализованы на антенной решетке базовой станции с размерами  $N_1 \times N_2$ , где  $N_1$  - количество антенных портов решетки по первой размерности,  $N_2$  - количество антенных портов решетки по второй размерности,  $N_1 \geq N_2$ ,  $N_1 \cdot N_2 = N_p/2$ , при этом базовая станция выполнена с

возможностью осуществлять, с каждого антенного порта решетки, передачу сигнала с одной из первой поляризации и второй поляризации, причем первая поляризация и вторая поляризация являются ортогональными. На базовой станции используется виртуальное иерархическое разбиение антенной решетки базовой станции на подрешетки, причем на  $r$ -м уровне иерархии,  $1 < r \leq \log_2(N_p/2)$ , антенная решетка

разбита на  $M_1^r$  одинаковых подрешеток, при этом каждая подрешетка имеет размеры  $M_1^r \times M_2^r$ , где  $M_1^r$  - количество антенных портов в подрешетке по первой пространственной размерности,  $M_2^r$  - количество антенных портов в подрешетке по второй

пространственной размерности,  $M_1^r \geq M_2^r$ ,  $M_1^r \cdot M_2^r = M_p^r$ ,  $M_p^r \cdot M_d^r = N_p/2$ . Каждая подрешетка  $r$ -го уровня иерархии состоит из двух подрешеток  $(r - 1)$ -го уровня иерархии, так что  $M_1^r = 2 \cdot M_1^{r-1}$  или  $M_2^r = 2 \cdot M_2^{r-1}$ , где подрешетка на первом уровне иерархии ( $r = 1$ ) имеет размеры  $M_1^1 = 2$ ,  $M_2^1 = 1$ , при этом каждая подрешетка на  $r$ -м уровне иерархии,  $1 \leq r \leq \log_2(N_p/2)$ , представляет объединенный порт, объединяющий  $M_p^r$  цифровых портов базовой станции. Для каждого уровня иерархии заданы CDM-подгруппа, ресурсные элементы которой составляют часть ресурсных элементов CDM-группы структуры CSI-RS, и соответствующий кодовый поднабор WH-ОСС, при этом кодовые последовательности WH-ОСС кодового поднабора WH-ОСС изначально назначаются объединенным портам согласно первому порядку применения. Упомянутые CDM-подгруппы могут соответственно представлять собой, по меньшей мере, некоторые CDM-группы семейства CDM-групп.

Согласно варианту осуществления, на  $r$ -м уровне иерархии индексация цифровых портов по антенной решетке базовой станции задается следующим образом:

$$p = x \cdot M_d^r \cdot M_p^r + j^r \cdot M_p^r + k^r,$$

где  $p$  - индекс цифрового порта по антенной решетке,  $x = 0$  для первой поляризации и  $x = 1$  для второй поляризации,  $j^r = 0, 1, \dots, M_d^r - 1$  - порядковый индекс подрешетки в антенной решетке,  $k^r = 0, 1, \dots, M_p^r - 1$  - порядковый индекс антенного порта в подрешетке. Подрешетки предпочтительно индексируются по антенной решетке по принципу 'сначала по первой размерности - потом второй размерности' и антенные порты индексируются в подрешетке по принципу 'сначала по первой размерности - потом второй размерности'.

В упомянутом иерархическом разбиении предпочтительно задействуются не более двух уровней иерархии:  $r = 1$  и/или  $r = 2$ .

Согласно одному варианту осуществления, упомянутое иерархическое разбиение, индексация цифровых портов по структуре CSI-RS портов и индексация цифровых портов по антенной решетке заранее заданы на пользовательском устройстве или заранее просигнализированы на пользовательское устройство.

Согласно другому варианту осуществления, упомянутое иерархическое разбиение, упомянутое сообщение дополнительно включает в себя информацию об упомянутых иерархическом разбиении, индексации цифровых портов по структуре CSI-RS портов и индексации цифровых портов по антенной решетке.

Согласно варианту осуществления, предложенный способ дополнительно содержит этапы, на которых на пользовательском устройстве определяют выполнять оценку канала в отношении объединенных портов, соответствующих  $r$ -му уровню иерархии,  $1 \leq r \leq \log_2(N_p/2)$ , причем оценка канала осуществляется для формирования CSI на пользовательском устройстве, и выполняют оценку канала на основе CDM-подгруппы и кодового поднабора WH-ОСС, соответствующих  $r$ -му уровню иерархии, при этом кодовый поднабор WH-ОСС переупорядочивается согласно второму порядку применения.

Согласно варианту осуществления, базовая станция выполнена с возможностью осуществления передачи CSI-RS сигналов одновременно на наборе компонентных несущих, при этом способ, предложенный согласно второму аспекту настоящего изобретения, выполняется для каждой из набора компонентных несущих.

Согласно третьему аспекту настоящего изобретения предложен способ формирования CSI-RS сигналов в системе беспроводной связи, содержащей базовую станцию, в которой заданное количество  $N_p$  используемых цифровых портов реализованы на антенной решетке базовой станции, при этом на базовой станции используется иерархия объединенных портов, где каждый объединенный порт соответствующего уровня иерархии объединяет соответствующее заданное число цифровых портов базовой станции.

Предложенный способ содержит этап, на котором на базовой станции определяют структуру CSI-RS, состоящую из ресурсных элементов, где каждый ресурсный элемент в частотной области определяется поднесущей и во временной области - OFDM-символом. Упомянутое определение содержит этапы, на которых, для структуры CSI-RS: задают группу из  $N_{PRB}$  смежных PRB в частотной области и группу из  $N_{TTI}$  смежных временных слотов во временной области, где  $N_{PRB}, N_{TTI}$  - натуральные числа; задают количество  $N_{CDM}$  CDM-групп, причем при задании количества CDM-групп задают количество  $N_{CDM}^f$  CDM-групп в частотной области и количество  $N_{CDM}^t$  CDM-групп во временной области,  $N_{CDM} = N_{CDM}^f \cdot N_{CDM}^t$ , где  $N_{CDM}^f, N_{CDM}^t$  - натуральные числа; определяют CDM-группу, причем при определении CDM-группы для CDM-группы задают частотный размер, равный  $K_{CDM}$  поднесущим, и временной размер, равный  $L_{CDM}$  OFDM-символам, так что  $K_{CDM} \cdot L_{CDM} \cdot N_{CDM} = N_p$ , при этом OCC, подлежащий использованию для мультиплексирования  $T_{CDM} = K_{CDM} \cdot L_{CDM}$  CSI-RS сигналов в CDM-группе, является WH-OCC с длиной кодовой последовательности WH-OCC, равной  $T_{CDM}$ , причем для CDM-группы кодовые последовательности WH-OCC изначально назначаются цифровым портам согласно первому порядку применения, заранее заданному на базовой станции, образуя кодовый набор WH-OCC для CDM-группы, в котором кодовые последовательности WH-OCC упорядочены согласно первому порядку применения; задают частотно-временное расположение  $N_{CDM}$  CDM-групп, причем при задании частотно-временного расположения задают расположение  $N_{CDM}^f$  CDM-групп в частотной области в пределах группы из  $N_{PRB}$  PRB и расположение  $N_{CDM}^t$  CDM-групп во временной области в пределах группы из  $N_{TTI}$  слотов; и, для каждого уровня иерархии, задают CDM-подгруппу, ресурсные элементы которой составляют часть ресурсных элементов упомянутой определенной CDM-группы, и соответствующий кодовый поднабор WH-OCC, причем кодовые последовательности WH-OCC кодового поднабора WH-OCC изначально назначаются объединенным портам согласно первому порядку применения. Структура CSI-RS является повторяющейся по группам PRB.

Затем, предложенный способ содержит этапы, на которых: на базовой станции переупорядочивают кодовые последовательности WH-OCC в кодовом наборе WH-OCC CDM-группы в соответствии со вторым порядком применения, определяемым посредством применения перестановки в бит-реверсивном порядке к соответствующим индексам кодовых последовательностей WH-OCC CDM-группы, отвечающим первому порядку применения; и сигнализируют с базовой станции информацию об упомянутой определенной структуре CSI-RS на по меньшей мере одно пользовательское устройство в системе беспроводной связи.

Далее, предложенный способ содержит этап, на котором на пользовательском устройстве выполняют оценку канала в отношении объединенных портов,

соответствующих конкретному уровню иерархии, на основе CDM-подгруппы и кодового поднабора WH-ОСС, соответствующих этому конкретному уровню иерархии, при этом кодовый поднабор WH-ОСС переупорядочивается согласно второму порядку применения.

5 Согласно варианту осуществления, базовая станция выполнена с возможностью осуществлять, с каждого антенного порта решетки, передачу сигнала с одной из первой поляризации и второй поляризации, причем первая поляризация и вторая поляризация являются ортогональными. Упомянутая иерархия сформирована посредством виртуального иерархического разбиения антенной решетки базовой станции на  
10 подрешетки, причем на  $r$ -м уровне иерархии,  $1 < r \leq \log_2(N_p/2)$ , антенная решетка разбита на  $M_d^r$  одинаковых подрешеток, при этом каждая подрешетка имеет размеры  $M_1^r \times M_2^r$ , где  $M_1^r$  - количество антенных портов в подрешетке по первой пространственной размерности,  $M_2^r$  - количество антенных портов в подрешетке по второй  
15 пространственной размерности,  $M_1^r \geq M_2^r$ ,  $M_1^r \cdot M_2^r = M_p^r$ ,  $M_p^r \cdot M_d^r = N_p/2$ . Каждая подрешетка  $r$ -го уровня иерархии состоит из двух подрешеток  $(r - 1)$ -го уровня иерархии, так что  $M_1^r = 2 \cdot M_1^{r-1}$  или  $M_2^r = 2 \cdot M_2^{r-1}$ , при этом подрешетка на первом уровне иерархии  
20 ( $r = 1$ ) имеет размеры  $M_1^1 = 2$ ,  $M_2^1 = 1$ , причем каждая подрешетка на  $r$ -м уровне иерархии,  $1 \leq r \leq \log_2(N_p/2)$ , представляет объединенный порт, объединяющий  $M_p^r$  цифровых портов базовой станции.

В упомянутом иерархическом разбиении предпочтительно задействуются не более двух уровней иерархии:  $r = 1$  и/или  $r = 2$ .

25 Согласно варианту осуществления, при упомянутом задании расположения CDM-групп в частотной области, для каждой из  $N_{\text{CDM}}^f$  CDM-групп задают индекс  $k$  начальной поднесущей в структуре CSI-RS, и при упомянутом задании расположения CDM-групп во временной области, для каждой из  $N_{\text{CDM}}^t$  CDM-групп задают индекс  $l$  стартового  
30 OFDM-символа в структуре CSI-RS. Упомянутое повторение структуры осуществляется CSI-RS с заданной плотностью  $\rho$ , при этом структура CSI-RS повторяется с каждой последовательной группой PRB ( $\rho=1$ ), либо структура CSI-RS повторяется по группам PRB только на тех PRB, которые выделены на базовой станции для передачи CSI-RS ( $\rho < 1$ ).

35 Согласно варианту осуществления, упомянутая информация о структуре CSI-RS содержит, по меньшей мере, указание  $N_{\text{PRB}}$ ,  $N_{\text{TTI}}$ ,  $N_{\text{CDM}}^f$ ,  $N_{\text{CDM}}^t$ ,  $K_{\text{CDM}}$ ,  $L_{\text{CDM}}$ , по меньшей мере некоторых из индексов  $\{k, l\}$ ,  $\rho$ . Упомянутое сигнализирование предпочтительно осуществляется посредством по меньшей мере одного из DCI, MAC сигнализации и  
40 RRC сигнализации.

Согласно варианту осуществления, упомянутая информация о структуре CSI-RS дополнительно содержит сведения об упомянутой иерархии. Кодовый набор WH-ОСС является доступным на пользовательском устройстве, и первый порядок применения  
45 заранее задан на пользовательском устройстве или заранее просигнализирован на пользовательское устройство.

Согласно варианту осуществления, упомянутое определение CDM-группы содержит выполнение этапа, на котором определяют  $i$ -ю CDM-группу семейства CDM-групп посредством дублирования  $(i - 1)$ -й CDM-группы семейства по частоте или времени,

где  $i$  - натуральное число,  $i > 1$ , при этом, если упомянутое дублирование осуществляется по частоте, то  $K_{\text{CDM}}^i = 2 \cdot K_{\text{CDM}}^{i-1}$ , причем две  $(i - 1)$ -х CDM-группы семейства в составе  $i$ -й CDM-группы семейства разделены заданным интервалом из  $\text{gap}_f^i$  поднесущих, где  $\text{gap}_f^i$  - неотрицательное целое число, или если упомянутое дублирование осуществляется по времени, то  $L_{\text{CDM}}^i = 2 \cdot L_{\text{CDM}}^{i-1}$ , причем две  $(i - 1)$ -х CDM-группы семейства в составе  $i$ -й CDM-группы семейства разделены заданным интервалом из  $\text{gap}_t^i$  OFDM-символов, где  $\text{gap}_t^i$  - неотрицательное целое число, до тех пор, пока  $K_{\text{CDM}}^i$  не будет равным  $K_{\text{CDM}}$  и  $L_{\text{CDM}}^i$  не будет равным  $L_{\text{CDM}}$ . Упомянутые CDM-подгруппы могут соответственно представлять собой, по меньшей мере, некоторые CDM-группы семейства CDM-групп. Исходной CDM-группой семейства может быть CDM-группа, состоящая из одного ресурсного элемента ( $i = 1, K_{\text{CDM}}^1 = L_{\text{CDM}}^1 = 1$ ), при этом значениями  $\text{gap}_f^i$  и  $\text{gap}_t^i, i > 2$ , являются 0, или 1, или 2, причем  $\text{gap}_f^2 = \text{gap}_t^2 = 0$ , либо исходной CDM-группой семейства может быть CDM-группа, состоящая из более одного ресурсного элемента, при этом значениями  $\text{gap}_f^i$  и  $\text{gap}_t^i$  являются 0, или 1, или 2. Упомянутая информация о структуре CSI-RS может дополнительно включать в себя указание, по меньшей мере, некоторых из интервалов  $\{\text{gap}_f^i\}$  и/или интервалов  $\{\text{gap}_t^i\}$ .

Согласно варианту осуществления, индексация цифровых портов в структуре CSI-RS задается на базовой станции следующим образом:

$$p = s + \Delta \cdot T_{\text{CDM}},$$

где  $p$  - индекс цифрового порта;  $\Delta = 0, 1, \dots, N_{\text{CDM}} - 1$  - порядковый индекс CDM-группы в структуре CSI-RS;  $s = f_{\text{BR}}(t_{\text{CDM}})$ , где  $t_{\text{CDM}} = 0, 1, \dots, T_{\text{CDM}} - 1$  - индекс кодовой последовательности WH-OCC в CDM-группе согласно первому порядку применения,  $f_{\text{BR}}(t_{\text{CDM}})$  - функция перестановки в бит-реверсивном порядке, обеспечивающая преобразование десятичного представления индекса  $t$  в двоичное представление, инвертирование порядка битов в двоичном представлении и преобразование инвертированного двоичного представления в десятичное представление индекса  $s$ , причем назначение кодовых последовательностей WH-OCC цифровым портам в CDM-группе согласно индексам  $\{s\}$  соответствует второму порядку применения.

Согласно варианту осуществления, по меньшей мере одно из  $N_{\text{PRB}}, N_{\text{TTI}}$  больше 1, при этом CDM-группы индексируются в структуре CSI-RS сквозным образом по принципу: 'сначала по частоте - потом по времени' по всей структуре CSI-RS, или 'сначала по времени - потом по частоте' по всей структуре CSI-RS, или 'сначала по частоте - потом по времени' внутри каждого PRB/слота, с переходом между PRB/слотами по принципу 'сначала по времени - потом по частоте', или 'сначала по частоте - потом по времени' внутри PRB/слота, с последующим переходом между PRB/слотами по принципу 'сначала по частоте - потом по времени'. Первый порядок применения кодовых последовательностей WH-OCC в CDM-группе предпочтительно реализован по принципу 'сначала по частоте - потом по времени'.

Согласно варианту осуществления, на  $r$ -м уровне иерархии индексация цифровых портов по антенной решетке базовой станции задается следующим образом:

$$p = x \cdot M_d^r \cdot M_p^r + j^r \cdot M_p^r + k^r,$$

где  $p$  - индекс цифрового порта по антенной решетке,  $x = 0$  для первой поляризации и  $x = 1$  для второй поляризации,  $j^r = 0, 1, \dots, M_d^r - 1$  - порядковый индекс подрешетки в антенной решетке,  $k^r = 0, 1, \dots, M_p^r - 1$  - порядковый индекс антенного порта в подрешетке.

5 Подрешетки предпочтительно индексируются по антенной решетке по принципу 'сначала по первой размерности - потом второй размерности', и антенные порты индексируются в подрешетке по принципу 'сначала по первой размерности - потом второй размерности'.

10 Согласно варианту осуществления, упомянутая информация о структуре CSI-RS дополнительно содержит сведения об упомянутых индексации цифровых портов по структуре CSI-RS портов и индексации цифровых портов по антенной решетке.

15 Согласно варианту осуществления, базовая станция выполнена с возможностью осуществления передачи CSI-RS сигналов одновременно на наборе компонентных несущих, при этом способ, предложенный согласно третьему аспекту настоящего изобретения, выполняется для каждой из набора компонентных несущих.

20 Согласно четвертому аспекту настоящего изобретения предложена базовая станция в системе беспроводной связи, содержащая, по меньшей мере, приемопередающие устройства, устройства обработки данных и устройства хранения данных, в которых сохранены машиноисполняемые коды, которыми при их исполнении устройствами

20 обработки данных обеспечивается выполнение базовой станцией способа по любому одному из первого и второго аспектов настоящего изобретения.

25 Согласно пятому аспекту настоящего изобретения предложен машиночитаемый носитель информации, на котором сохранены машиноисполняемые коды, которые при их исполнении по меньшей мере одним устройством обработки данных базовой станции

25 в системе беспроводной связи предписывают базовой станции выполнять способ по любому одному первого и второго аспектов настоящего изобретения.

30 Согласно шестому аспекту настоящего изобретения предложена базовую станцию, содержащую, по меньшей мере, приемопередающие устройства, устройства обработки данных и устройства хранения данных, причем базовая станция выполнена с

30 возможностью осуществления связи с пользовательским устройством, содержащим, по меньшей мере, приемопередающие устройства, устройства обработки данных и устройства хранения данных, при этом в устройстве хранения данных базовой станции сохранены машиноисполняемые коды и в устройстве хранения данных

35 пользовательского устройства сохранены машиноисполняемые коды, причем при исполнении машиноисполняемых кодов устройствами обработки данных базовой станции и пользовательского устройства обеспечивается выполнение способа согласно третьему аспекту настоящего изобретения.

40 Достигаемый настоящим изобретением технический результат заключается в следующем. Предложенная конфигурация CSI-RS обеспечивает поддержку количества цифровых портов, отвечающего проектным требованиям систем связи следующего поколения, с возможностью систематического формирования CDM-групп с их частотно-временным размещением по группам PRB/слотов, с большей гибкостью в плане выделения частотно-временных ресурсов отдельным CDM-группам и с возможностью вложенного масштабирования портов CSI-RS прозрачным образом для базовой станции

45 и пользовательского устройства.

#### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Фиг. 1 - один иллюстративный пример двумерной антенной подрешетки базовой станции;

Фиг. 2a - другой иллюстративный пример двумерной антенной подрешетки базовой станции;

Фиг. 2b - иллюстрация структуры CSI-RS согласно 5G NR для подрешетки по Фиг. 2a;

5 Фиг. 3a - иллюстрация другой структуры CSI-RS согласно 5G NR;

Фиг. 3b - иллюстрация типов CDM согласно 5G NR;

Фиг. 4 - иллюстративная схема системы беспроводной связи, в которой могут быть реализованы варианты осуществления настоящего изобретения;

10 Фиг. 5a-5c - иллюстративные структуры CSI-RS, полученные посредством построения с расширением на группы PRB/слотов согласно настоящему изобретению;

Фиг. 6a-6c - иллюстрация систематического подхода построения CDM-групп структуры CSI-RS согласно настоящему изобретению;

15 Фиг. 7a, 7b - иллюстрации возможных подходов к обеспечению пользовательским устройствам возможности выполнять оценку в отношении требуемого количества CSI-RS;

Фиг. 8 - иллюстрация иерархического разбиения антенной решетки базовой станции согласно варианту осуществления настоящего изобретения;

Фиг. 9a - более подробная иллюстрация варианта виртуального разбиения антенной решетки базовой станции на первом уровне иерархии согласно Фиг. 8;

20 Фиг. 9b - иллюстрация вложенных структур CSI-RS для виртуализации, показанной на Фиг. 9a;

Фиг. 10a-10d - возможные варианты индексации CDM-групп в структуре CSI-RS согласно вариантам осуществления настоящего изобретения;

25 Фиг. 11 - блок-схема способа формирования CSI-RS согласно настоящему изобретению;

Фиг. 12 - блок-схема способа формирования CSI-RS согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

#### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

30 Далее делается отсылка к примерным вариантам осуществления настоящего изобретения, которые иллюстрируются на сопровождающих чертежах, где одинаковые ссылочные номера обозначают аналогичные элементы. Следует при этом понимать, что варианты осуществления изобретения могут принимать различные формы и не должны рассматриваться как ограниченные приведенными здесь описаниями.

35 Соответственно, иллюстративные варианты осуществления описываются ниже со ссылкой на фигуры чертежей для пояснения существа аспектов настоящего изобретения.

На Фиг. 4 в общем виде проиллюстрирована система беспроводной связи, в которой могут быть реализованы различные аспекты настоящего изобретения. Как показано на Фиг. 4, пользовательские устройства (UE) 401 осуществляют связь с базовыми станциями (BS) 402 в сети радиодоступа (RAN) 400. UE 401 (например, UE 401-1, 401-2, 40 401-3, ...) распределены по RAN 400, и каждое из UE 401 может быть стационарным или мобильным. Широко известными примерами UE являются смартфоны, планшеты, модемы и т.п.

Базовые станции 402 (например, BS 402-A, 402-B, 402-C) могут обеспечить зону покрытия для конкретной географической области, зачастую именуемой 'сотой'.  
45 Базовые станции 402, в основном, имеют стационарную конструкцию, но могут быть и в подвижном исполнении. В общем, базовые станции могут представлять собой макро-BS (как иллюстрируется BS 402-A, 402-B, 402-C на Фиг. 4), а также пико-BS для пикосот или фемто-BS для фемтосот. Соты, в свою очередь, могут быть разбиты на сектора.

Координацию и управление работой базовых станций 402 может обеспечивать контроллер сети, находящийся на связи с ними (например, через магистральное соединение (backhaul)). RAN 400 может быть на связи с базовой сетью (CN) (к примеру, через контроллер сети), которая обеспечивает различные сетевые функции, такие как, например, управление доступом и мобильностью, управление сеансами, функция сервера аутентификации, функция приложений и т.п. При этом базовые станции 402 в RAN 400 могут также соединяться между собой, например, через прямое физическое соединение, которое предпочтительно является высокоскоростным соединением.

При перемещении пользовательского устройства в пределах RAN 400 может быть осуществлена передача его обслуживания (handover) от одной базовой станции другой базовой станции. Например, обслуживание UE 401-3 может быть передано от BS 402-B к BS 402-A. При этом осуществляется переконфигурирование соответствующих операционных параметров пользовательского устройства для работы с новой базовой станцией. Переключение обслуживания пользовательского устройства может осуществляться и между секторами одной базовой станции.

В рассматриваемой системе беспроводной связи возможно взаимодействие между пользовательским устройством и группой связанных между собой базовых станций, причем такое взаимодействие может иметь место не только в случае передачи обслуживания пользовательского устройства. Одна из группы базовых станций является обслуживающей базовой станцией для пользовательского устройства, а различные аспекты координации совместной работы базовых станций группы при таком взаимодействии могут осуществляться централизованным образом (например, контроллером сети) и/или обслуживающей базовой станцией.

В системе беспроводной связи 5G NR реализована концепция облачной RAN (Cloud RAN, C-RAN), которая заключается в разделении базовой станции на три части и использовании специального интерфейса, определенного для обмена информацией между этими функциональными частями. Так, базовая станция может быть разделена на радиоблок (RU), который выполняет функции радио приемопередатчика, распределенный блок (DU) для вычислений L1 (физического уровня) и вычислений L2 (уровня управления доступом к среде (MAC)) и централизованный блок (CU) для вычислений L2 и L3 (уровня управления радиоресурсами (RRC)). Такое разделение позволяет централизовать CU-блоки в соответствующем центральном узле сети, тогда как DU могут быть в большей степени распределенными, на сотовых узлах. В этом случае переключения соединений между сотовыми узлами можно проводить на уровне L1, то есть с относительно малыми задержками. Поддержка данной концепции ожидается и в сетях беспроводной связи 6G.

Следует отметить, что описание по Фиг. 4 и сама данная фигура имеют исключительно иллюстративный, неограничивающий характер в целях обрисовки общей рабочей среды настоящего изобретения. Хотя на Фиг. 4 проиллюстрированы лишь известные базовые компоненты системы связи, следует понимать, что система связи может дополнительно включать в себя множество других элементов.

Каждая из BS 402, показанных на Фиг. 4, включает в себя аппаратные и логические средства для реализации соответствующих функций в базовой станции. К аппаратным средствам относятся, в частности, антенная решетка, состоящая из приемопередающих антенных элементов, о которых говорилось выше, различные специальным образом сконфигурированные процессоры, контроллеры, устройства хранения данных, прочие схемные элементы, а также связывающие их шины. К логическим средствам относится программное обеспечение, хранящееся в соответствующих запоминающих устройствах

и конфигурирующее соответствующие схемные элементы. К программному обеспечению также относится и микропрограммное обеспечение, непосредственно прошитое в процессорах и контроллерах. Указанные аппаратные средства конфигурируются, в том числе, для выполнения различной обработки в отношении передаваемых и принимаемых сигналов, включая (де)модуляцию, (де)мультиплексирование, (де)кодирование, усиление, фильтрацию, оцифровку, (де)перемежение, распределение ресурсов, планирование приема/передачи.

Аналогичным образом, каждое из UE 401, показанных на Фиг. 4, включает в себя аппаратные и логические средства для реализации соответствующих функций в пользовательском устройстве. К аппаратным средствам относятся, в частности, приемопередающие устройства с соответствующими антенными элементами, различные специальным образом сконфигурированные процессор(ы), контроллеры, устройства хранения данных, прочие схемные элементы, а также связывающие их шины. К логическим средствам относится программное обеспечение, хранящееся в соответствующих запоминающих устройствах и конфигурирующее соответствующие схемные элементы. К программному обеспечению также относится и микропрограммное обеспечение, непосредственно прошитое в контроллерах. Указанные аппаратные средства конфигурируются, в том числе для выполнения различной обработки в отношении передаваемых и принимаемых сигналов, включая (де)модуляцию, (де)мультиплексирование, (де)кодирование, усиление, фильтрацию, оцифровку, (де)перемежение. Помимо этого, UE содержит средства для взаимодействия с пользователем, включая сенсорный экран, динамики/микрофон, кнопки, а также пользовательские приложения, хранящиеся в памяти пользовательского устройства и исполняющиеся процессором пользовательского устройства в соответствующей операционной системе.

Примеры вышеупомянутых процессоров/контроллеров включают в себя микропроцессоры, микроконтроллеры, устройства цифровой обработки сигналов (DSP), программируемые вентильные матрицы (FPGA), дискретные аппаратные микросхемы и т.п. (Микро)программное обеспечение, исполняемое процессорами/контроллерами, следует толковать в широком смысле, как означающее машиноисполняемые инструкции, наборы инструкций, программный код, сегменты кода, подпрограммы, программные модули, объекты, процедуры и т.п. Программное обеспечение хранится на соответствующих машиночитаемых носителях, которые могут быть реализованы, на пример, в виде ОЗУ (RAM), ПЗУ (ROM), перепрограммируемого ПЗУ (EEPROM), твердотельных запоминающих устройств, магнитных запоминающих устройств, оптических запоминающих устройств и т.п., на которых могут быть записаны или сохранены соответствующие программные коды и структуры данных, к которым может осуществляться доступ со стороны соответствующих процессоров/контроллеров.

Вышеперечисленные аппаратные и программные элементы базовых станций и пользовательских устройств конфигурируются для обеспечения выполнения в базовых станциях и пользовательских устройствах способов согласно настоящей заявке, которые описываются ниже. Сама реализация компонентных аппаратных средств базовых станций и пользовательских устройств и их специализированное конфигурирование, в том числе посредством соответствующих логических средств, является известным в области техники, к которой относится настоящая заявка. При этом различные функции согласно способам, отвечающим настоящей заявке, могут выполняться в множестве отдельных элементов либо одним или нескольких интегральных элементах, что определяется проектными конструкционными характеристиками.

Согласно одному аспекту решения стоящей перед настоящим изобретением

технической задачи по созданию конфигурации для мультиплексирования CSI-RS, поддерживающей количество цифровых портов базовой станции, отвечающее проектным требованиям системы связи следующего поколения, предложено расширение построения структуры CSI-RS на группу PRB и/или группу слотов. Здесь следует напомнить, что, согласно 5G NR, все возможные конфигурации CSI-RS (см. Таблицу 1) ограничивались в частотно-временной области одним PRB и одним слотом.

На Фиг. 5а-5с показаны иллюстративные структуры CSI-RS, полученные посредством расширенного построения согласно рассматриваемому аспекту настоящего изобретения.

На Фиг. 5а показана структура CSI-RS, занимающая два PRB в частотной области, т.е.  $N_{\text{PRB}} = 2$ , и два слота во временной области, т.е.  $N_{\text{TTI}} = 2$ . Данная структура включает в себя восемь регулярным образом размещенных CDM-групп ( $\Delta = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ ):

$N_{\text{CDM}}^f = 4$  по частоте и  $N_{\text{CDM}}^t = 2$  по времени. Каждая из CDM-групп образована 32 ресурсными элементами: восемь по частоте (т.е.  $K_{\text{CDM}} = 8$ ) на четыре по времени (т.е.  $L_{\text{CDM}} = 4$ ). Индексами  $k_i, i = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ , обозначены начальные поднесущие CDM-групп, где  $k_0 = k_2 = k_4 = k_6 = 0$  и  $k_1 = k_3 = k_5 = k_7 = 13$ ; индексами  $l_j, j = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ , обозначены стартовые OFDM-символы CDM-групп, где  $l_0 = l_1 = 3, l_2 = l_3 = 8, l_4 = l_5 = 17$  и  $l_6 = l_7 = 22$ . Совокупностью индексов  $\{k_i, l_j\}$ , по сути, задается частотно-временное расположение CDM-групп в рассматриваемой структуре CSI-RS.

Аналогично приведенному выше рассмотрению 5G NR со ссылкой на Таблицу 2 и Фиг. 3а, 3б, для ортогонального мультиплексирования CSI-RS сигналов в CDM-группе структуры CSI-RS по Фиг. 5а соответственно используются 32 кодовые последовательности OCC длины 32. Таким образом, структура CSI-RS по Фиг. 5а обеспечивает мультиплексирование 256 CSI-RS и, соответственно, поддерживает 256 цифровых портов базовой станции, т.е.  $N_p = 256$ .

Фиг. 5б в аналогичном формате иллюстрирует структуру CSI-RS, занимающую  $N_{\text{PRB}} = 1$  PRB в частотной области и  $N_{\text{TTI}} = 2$  слота во временной области. Данная конфигурация включает в себя три CDM-группы ( $\Delta = 0, 1, 2$ ):  $N_{\text{CDM}}^f = 1$  по частоте и  $N_{\text{CDM}}^t = 3$  по времени. Каждая из CDM-групп образована 64 ресурсными элементами ( $K_{\text{CDM}} = 8 \times L_{\text{CDM}} = 8$ ). Индексами  $k_i, i = 0, 1, 2$ , опять же обозначены начальные поднесущие CDM-групп, где  $k_0 = k_1 = k_2 = 0$ , а индексами  $l_j, j = 0, 1, 2$ , опять же обозначены стартовые OFDM-символы CDM-групп, где  $l_0 = 2, l_1 = 11$  и  $l_2 = 20$ . Здесь для ортогонального мультиплексирования CSI-RS сигналов в CDM-группе структуры CSI-RS по Фиг. 5б соответственно используются 64 кодовые последовательности OCC длины 64, и, таким образом, проиллюстрированная структура CSI-RS обеспечивает поддержку 192 цифровых портов:  $N_p = 192$ .

На Фиг. 5с показана иллюстративная структура CSI-RS, занимающая  $N_{\text{PRB}} = 2$  PRB и  $N_{\text{TTI}} = 1$  временной слот. Показанная конфигурация CSI-RS включает в себя восемь CDM-групп ( $\Delta = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ ):  $N_{\text{CDM}}^f = 8$  по частоте и  $N_{\text{CDM}}^t = 1$  по времени. Каждая из CDM-групп образована 16 ресурсными элементами ( $K_{\text{CDM}} = 8 \times L_{\text{CDM}} = 2$ ). Индексы  $k_i, i = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ , указывают начальные поднесущие CDM-групп, индекс  $l_0$  указывает стартовый OFDM-символ CDM-групп. Для ортогонального мультиплексирования CSI-RS сигналов в CDM-группе структуры CSI-RS по Фиг. 5с соответственно используются 16 кодовых последовательностей OCC длины 16, и, таким образом, данная конфигурация

CSI-RS обеспечивает поддержку 128 цифровых портов базовой станции:  $N_p = 128$ .

Во всех из рассмотренных случаев по Фиг. 5a-5c для формирования структуры CSI-RS согласно настоящему изобретению использовалась группа из двух PRB ( $N_{PRB} = 2$ ) и/или группа из двух слотов ( $N_{TTI} = 2$ ). Здесь следует пояснить, что данный вариант осуществления, будучи предпочтительным, тем не менее не является единственно возможным, и настоящим изобретением также предусмотрены реализации, где  $N_{PRB} > 2$  и/или  $N_{TTI} > 2$ .

Согласно предпочтительному варианту осуществления, структура CSI-RS согласно любой из Фиг. 5a-5c повторяется с каждой последовательной группой PRB, т.е. плотность  $\rho$  равна 1. Например, в соответствии с этим вариантом осуществления, конфигурация CSI-RS по Фиг. 5a в точности повторится по частоте в следующей группе, состоящей из двух ( $N_{PRB} = 2$ ) PRB. При этом, данный предпочтительный вариант осуществления не является единственно возможным, и настоящим изобретением, как и в 5G NR, предусмотрены варианты с более редкой повторяемостью, т.е. когда плотность меньше единицы. Примером такого альтернативного варианта является повторяемость структуры CSI-RS по группам PRB только на тех PRB, которые конкретно выделены на базовой станции для передачи CSI-RS.

Приведенные иллюстрации показывают значительное увеличение емкости структур CSI-RS, построенных с расширением на группу PRB и/или группу временных слотов, для поддержки требуемого количества цифровых портов, отвечающего требованиям систем связи следующего поколения.

Параметры структуры CSI-RS, которая выбрана для использования на базовой станции, естественно должны быть сообщены на пользовательское устройство(а), обслуживаемое базовой станцией, чтобы пользовательское устройство могло надлежащим образом принимать и оценивать CSI-RS, передаваемые с базовой станции. Для этого с базовой станции, до передачи CSI-RS, на пользовательское устройство(а) может быть отправлено контрольное сообщение, которое включает в себя, по меньшей мере, указание таких характеристик используемой конфигурации CSI-RS, как  $N_{PRB}$ ,  $N_{TTI}$ ,  $N_{CDM}^f$ ,  $N_{CDM}^t$ ,  $K_{CDM}$ ,  $L_{CDM}$ ,  $\{k_i, l_j\}$ ,  $\rho$ . Здесь следует пояснить, что в данное сообщение может быть включено указание не всей совокупности  $\{k_i, l_j\}$  начальных поднесущих и стартовых OFDM-символов, которая, в общем, подразумевается содержащей индексы  $k_i$ ,  $l_j$  для каждой из CDM-групп структуры CSI-RS, а лишь часть этой совокупности - к примеру, могут повторно не включаться одинаковые индексы  $k_i$  и/или  $l_j$  (см. изложение по Фиг. 5a). Передача рассматриваемого контрольного сообщения может осуществляться посредством DCI, MAC сигнализации, RRC сигнализации или какого-либо их сочетания - такие реализации должны быть известны специалисту, и этим не накладываются каких-либо ограничений на настоящее изобретение.

Из иллюстраций, приведенных на Фиг. 5a-5c, и соответствующего обсуждения видно, что, вследствие большого количества поддерживаемых цифровых портов базовой станции и, следовательно, большого числа кодовых последовательностей OCC, выделяемых для каждой из CDM-групп структуры CSI-RS, CDM-группа имеет достаточно большой размер. Организация ресурсных элементов такой CDM-группы в частотно-временной области согласно вышеописанному подходу 5G NR, т.е. исключительно неразрывным образом, приводит к тому, что CDM-группа одновременно занимает значительный блок временных и/или частотных ресурсов. Как отмечалось ранее, помимо CSI-RS, у базовой станции может возникнуть потребность передать другой сигнал(ы),

и занятие такого большого блока ресурсов может привести к нежелательному ограничению требующейся не-CSI-RS передачи.

В виду рассматриваемого ограничения, согласно еще одному аспекту настоящего изобретения предложен систематический подход построения CDM-групп структуры CSI-RS, который позволяет обойти данное ограничение предшествующего уровня техники.

На Фиг. 6а на примере семейства CDM-групп проиллюстрирован общий принцип, лежащий в основе предложенного систематического подхода. А именно, итеративным образом формируется семейство CDM-групп, где на  $i$ -й итерации  $i$ -ая CDM-группа семейства CDM-групп определяется посредством дублирования  $(i - 1)$ -й CDM-группы семейства по частоте или времени. Если данное дублирование осуществляется по частоте (что обозначено буквой 'F' на Фиг. 6а), то  $K_{\text{CDM}}^i = 2 \cdot K_{\text{CDM}}^{i-1}$ , где  $K_{\text{CDM}}^i$  - количество поднесущих, составляющих частотный размер  $j$ -й CDM-группы рассматриваемого семейства CDM-групп; если же дублирование осуществляется по времени (что обозначено буквой 'T' на Фиг. 6а), то  $L_{\text{CDM}}^i = 2 \cdot L_{\text{CDM}}^{i-1}$ , где  $L_{\text{CDM}}^i$  - количество OFDM-символов, составляющих временной размер  $j$ -й CDM-группы семейства CDM-групп. Описанное дублирование обозначено пунктирными стрелками на данной фигуре. Исходной CDM-группой семейства CDM-групп, иллюстрируемого на Фиг. 6а, является CDM-группа, состоящая из одного ресурсного элемента ( $i = 1, K_{\text{CDM}}^1 = L_{\text{CDM}}^1 = 1$ ). Данный общий принцип может быть выражен следующим образом: в семействе CDM-групп любая CDM-группа меньшего размера является подмножеством (подгруппой) любой CDM-группы большего размера.

Требующаяся CDM-группа может быть сформирована посредством предложенного систематического подхода путем выполнения вышеописанных итераций до тех пор, пока  $K_{\text{CDM}}^i$  не будет равным целевому размеру  $K_{\text{CDM}}$  и  $L_{\text{CDM}}^i$  не будет равным целевому размеру  $L_{\text{CDM}}$ . Следует понимать, что явный выбор CDM-группы, состоящей из одного ресурсного элемента, в качестве исходной для формирования семейства CDM-групп не является ограничением данного подхода - так, в качестве исходной может быть выбрана, например, CDM-группа, соответствующая  $i = 3, K_{\text{CDM}}^3 = 4, L_{\text{CDM}}^3 = 1$ .

Систематический подход, обобщенно проиллюстрированный на Фиг. 6а, обеспечивает возможность гибкой организации CDM-групп на частотно-временных ресурсах, в том числе - на несмежных ресурсных элементах. Данный аспект обобщенно проиллюстрирован на Фиг. 6б.

Итеративное формирование CDM-групп семейства CDM-групп, показанное Фиг. 6б, в целом аналогично таковому по Фиг. 6а, однако на третьей итерации ( $i = 3$ ) между двумя дублируемыми по частоте CDM-группами с предыдущей итерации ( $i = 2$ ), которые согласно предложенному систематическому подходу составляют CDM-группу текущей, третьей итерации, вводится интервал в одну поднесущую. Такое разрывное формирование CDM-групп продолжается и на последующих итерациях на Фиг. 6б, вплоть до последней ( $i = 6$ ).

Общий принцип, на котором базируется обсуждаемый систематический подход и который был обобщенно сформулирован при изложении по Фиг. 6а, расширяется следующим образом для аспекта настоящего изобретения, рассматриваемого со ссылкой на Фиг. 6б: итеративным образом формируется семейство CDM-групп, где на  $i$ -й итерации

$i$ -ая CDM-группа семейства CDM-групп определяется посредством дублирования  $(i - 1)$ -й CDM-группы по частоте или времени, и если данное дублирование осуществляется по частоте, то  $K_{\text{CDM}}^i = 2 \cdot K_{\text{CDM}}^{i-1}$ , причем две  $(i - 1)$ -х CDM-группы в составе  $i$ -й CDM-группы  
 5 разделяются заданным интервалом из  $\text{gap}_f^i$  поднесущих, а если дублирование осуществляется по времени, то  $L_{\text{CDM}}^i = 2 \cdot KL_{\text{CDM}}^{i-1}$ , причем две  $(i - 1)$ -х CDM-группы в составе  $i$ -й CDM-группы разделяются заданным интервалом из  $\text{gap}_t^i$  OFDM-символов. Как следует из Фиг. 6b,  $\text{gap}_t^2 = 0$ ,  $\text{gap}_t^4 = \text{gap}_t^6 = 1$ ;  $\text{gap}_f^3 = \text{gap}_f^5 = 1$ .

10 Следует понимать, что Фиг. 6b, в основном, предназначена для общей иллюстрации возможности формирования CDM-групп на несмежных ресурсных элементах, обеспечиваемой систематическим подходом согласно настоящему изобретению, - на практике структура CSI-RS с такими разнесенными CDM-группами навряд ли будет целесообразной.

15 Фиг. 6c неограничивающим образом иллюстрирует подход, обобщенно изложенный со ссылкой на Фиг. 6b, с акцентом на его возможное практическое применение. Как следует из Фиг. 6c, до последней итерации ( $i = 7$ ) CDM-группа с предыдущей итерации дублируется для формирования CDM-группы текущей итерации сплошным образом  
 20 (т.е.  $\text{gap}_f^2 = \text{gap}_f^3 = \text{gap}_t^4 = \text{gap}_t^5 = \text{gap}_f^6 = 0$ ), аналогично показанному на Фиг. 6a, и только тогда, когда формируемая на последней итерации CDM-группа семейства CDM-групп становится реально большой, между дублируемыми по времени CDM-группами с итерации  $i = 6$  вводится интервал в один OFDM-символ, т.е.  $\text{gap}_t^7 = 1$ . Ресурсы,  
 25 соответствующие данному интервалу, могут быть соответственно использованы базовой станцией для планирования передачи другого сигнала, не связанного с рассматриваемой передачей CSI-RS, и даже на другое пользовательское устройство.

Следует подчеркнуть, что использованные на иллюстрациях по Фиг. 6b, 6c значения интервалов  $\text{gap}_f^i$  и  $\text{gap}_t^i$ , равные 0 или 1, не являются единственно возможными и  
 30 указанные интервалы могут принимать другие значения (например, 2). Этим моментом не накладывается ограничение на настоящее изобретение.

Систематический подход к построению семейства CDM-групп согласно настоящему изобретению, обсужденный выше, заранее известен на пользовательских устройствах, при этом интервалы  $\{\text{gap}_f^i\}$  и/или интервалы  $\{\text{gap}_t^i\}$ , соответственно задаваемые базовой  
 35 станцией при формировании CDM-групп структуры CSI-RS, подлежащей использованию для передачи CSI-RS сигналов на пользовательское устройство(а), заблаговременно сигнализируются базовой станцией на пользовательское устройство. В частности, контрольное сообщение, упомянутое при обсуждении Фиг. 5a-5c, может дополнительно  
 40 включать в себя указание всех или некоторых из  $\{\text{gap}_f^i\}$ ,  $\{\text{gap}_t^i\}$  (к примеру, может не включаться указание нулевых интервалов).

Следует отметить, что данная сигнализация может быть реализована и в неявном виде. Более конкретно, в системе могут быть заранее определены две или более структур CDM-групп одинакового размера, причем разные структуры CDM-групп могут  
 45 отличаться наличием и значением интервалов. В этом случае сигнализация, по сути, осуществляется путем конфигурирования CDM-группы соответствующей структуры на пользовательском устройстве.

Далее обсуждается построение кодовых последовательностей OCC для

систематического подхода формирования CDM-групп структуры CSI-RS согласно  
 настоящему изобретению. В качестве OCC предпочтительно используется OCC,  
 основывающийся на ортогональном коде Уолша-Адамара (WH-OCC). При этом данным  
 5 моментом не накладывается ограничение на настоящее изобретение, и для специалиста  
 должно быть очевидно, что в рассматриваемом техническом контексте могут  
 использоваться и другие OCC, обеспечивающие ортогональное мультиплексирование  
 CSI-RS в CDM-группе.

Общий принцип данного построения, в целом, аналогичен общему принципу,  
 лежащему в основе упомянутого систематического подхода, и иллюстрируется  
 10 уравнением (2):

$$\left\{ \begin{matrix} \vdots \\ \mathbf{w}_{T_{\text{CDM}}}(t_{\text{CDM}}) \\ \vdots \end{matrix} \right\} = W_{T_{\text{CDM}}} = \begin{Bmatrix} W_{\frac{T_{\text{CDM}}}{2}} & W_{\frac{T_{\text{CDM}}}{2}} \\ W_{\frac{T_{\text{CDM}}}{2}} & -W_{\frac{T_{\text{CDM}}}{2}} \end{Bmatrix} \quad (2)$$

Согласно уравнению (2), для соответствующей CDM-группы семейства CDM-групп,  
 15 проиллюстрированного со ссылкой на Фиг. 6а-6с, выделяется совокупность из  $T_{\text{CDM}}$   
 кодовых последовательностей  $\mathbf{w}_{T_{\text{CDM}}}(t_{\text{CDM}})$  WH-OCC длины  $T_{\text{CDM}}$  каждая, где  
 $t_{\text{CDM}} = 0, 1, \dots, T_{\text{CDM}} - 1$  - индекс кодовой последовательности WH-OCC в рассматриваемой  
 CDM-группе, образуя кодовый набор  $W_{T_{\text{CDM}}}$  WH-OCC для CDM-группы.  $W_{T_{\text{CDM}}}$   
 20 представляет собой квадратную матрицу размером  $T_{\text{CDM}} \times T_{\text{CDM}}$ . При этом, как видно из  
 уравнения (2), матрица  $W_{T_{\text{CDM}}}$  кодового набора WH-OCC в рассматриваемой CDM-группе  
 составлена из матриц  $W_{\frac{T_{\text{CDM}}}{2}}$  кодового набора WH-OCC предшествующей CDM-группы  
 25 семейства CDM-групп, где матрица  $W_{\frac{T_{\text{CDM}}}{2}}$  соответственно имеет размер  $\frac{T_{\text{CDM}}}{2} \times \frac{T_{\text{CDM}}}{2}$ .  
 Исходной матрицей описываемого семейства кодовых наборов WH-OCC является

$$W_2 = \begin{Bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{Bmatrix} \quad (3)$$

30 Построенное описанным образом согласно уравнениям (2), (3) семейство кодовых  
 наборов WH-OCC иллюстрируется Таблицей 3:

35

40

45

	1	2	4	8	16
0	1	11	11 11	1111 1111	11111111 11111111
1		1-1	1-1 1-1	1-11-1 1-11-1	1-11-11-11-1 11111111
2			11 -1-1	11-1-1 1-11-1	11-1-11-11-1 11-1-11-11-1
3			1-1 -11	1-1-11 1-11-1	1-1-111-11-1 1-1-111-11-1
4				1111 -1-1-1-1	1111-1-1-1-1 1111-1-1-1-1
5				1-11-1 -11-11	1-11-1-11-11 1-11-1-11-11
6				11-1-1 -11-11	11-1-1-11-11 11-1-1-11-11
7				1-1-11 -11-11	1-1-11-11-11 1-1-11-11-11
8					11111111 -1-1-1-1-1-1-1-1
9					1-11-11-11-11 -1-1-1-1-1-1-1-1
10					11-1-11-11-11 -1-111-11-11
11					1-1-111-11-11 -111-1-11-11
12					1111-1-1-1-1 -1-1-1-1111
13					1-11-1-11-11 -11-111-11-1
14					11-1-1-11-11 -1-1111-11-1
15					1-1-11-11-11 -111-11-11-1

Таблица 3

В Таблице 3 верхняя строка показывает количества ( $T_{\text{CDM}}$ ) кодовых последовательностей WH-ОСС для соответствующих CDM-групп, левый столбец - индекс ( $t_{\text{CDM}}$ ) кодовой последовательности WH-ОСС в CDM-группе, полужирным шрифтом выделена часть  $W_{T_{\text{CDM}}}$ , соответствующая  $-W_{\frac{T_{\text{CDM}}}{2}}$ . Согласно рассмотренному систематическому построению кодовых наборов WH-ОСС для соответствующих CDM-групп опять же получается, что любой кодовый набор WH-ОСС меньшего размера является поднабором любого кодового набора WH-ОСС большего размера.

В качестве примера, в семействах CDM-групп, проиллюстрированных на Фиг. 6а-6с, любой из CDM-групп с итерации  $i = 3$  будет соответствовать кодовый набор WH-ОСС согласно четвертому столбцу (для  $T_{\text{CDM}} = 4$ ) Таблицы 3, а любой из CDM-групп с итерации  $i = 4$  будет соответствовать кодовый набор WH-ОСС согласно пятому столбцу (для  $T_{\text{CDM}} = 8$ ) данной таблицы.

Как и в случае систематического подхода к формированию семейства CDM-групп согласно настоящему изобретению, систематический подход к построению семейства кодовых наборов WH-ОСС также заблаговременно известен на пользовательских устройствах. При наличии на пользовательском устройстве сведений о конкретной CDM-группе семейства CDM-групп, которая задействуется в используемой структуре CSI-RS, пользовательское устройство будет знать и кодовый набор WH-ОСС для этой CDM-группы.

Как отмечалось выше, вследствие значительного увеличения количества цифровых портов базовой станции, поддерживаемого в системах связи следующего поколения, на пользовательские устройства может возрасти вычислительная нагрузка, связанная с оценкой большого числа CSI-RS, и одна из задач настоящего изобретения состоит в обеспечении пользовательскому устройству возможности выполнения оценки в отношении меньшего числа CSI-RS, с приемлемым качеством оценки и прозрачным

образом как для пользовательского устройства, так и для базовой станции. Далее описывается еще один аспект настоящего изобретения в контексте решения данной задачи, отвечающий иерархическому масштабированию цифровых портов базовой станции с использованием систематического подхода к построению CDM-групп и

5 кодовых наборов WN-OCC, описанного выше.

Ниже со ссылкой на Фиг. 7а, 7b рассматривается иллюстративный сценарий, где в системе беспроводной связи следующего поколения, в которой поддерживается агрегирование несущих (CA), базовой станцией обслуживается несколько

10 пользовательских устройств, каждое из которых ограничено в плане выполнения оценки канала для формирования матрицы прекодинга таким образом, что оно может выполнять данную оценку не более чем в отношении 256 цифровых портов (т.е. в отношении не более 256 CSI-RS) по всем компонентным несущим (CC). Как отмечалось ранее, такое ограничение может быть обусловлено вычислительными возможностями

15 пользовательских устройств. Базовая же станция выполнена с возможностью осуществлять передачу CSI-RS с 256 цифровых портов на каждой из CC.

Пусть одно пользовательское устройство (UE1) сконфигурировано с одной CC (т.е. без CA), тогда данное пользовательское устройство может осуществлять оценку в отношении всех CSI-RS, передаваемых базовой станцией с 256 цифровых портов в этом частотном канале.

20 Затем, пусть другое пользовательское устройство (UE2) сконфигурировано на двух частотных каналах, то есть на двух CC, передача на которых осуществляется базовой станцией одновременно. В этом случае на каждой из двух CC, UE2 сможет выполнять оценку канала только в отношении максимум 128 портов.

Наконец, пусть еще одно пользовательское устройство (UE3) сконфигурировано на

25 четырех CC. В этом случае UE3 будет вынуждено распределять свой вычислительный бюджет на четыре частотных канала, то есть, на каждой из четырех CC, UE3 сможет выполнять оценку канала только в отношении не более 64 портов: 64 порта на первой CC, 64 порта на второй CC, 64 порта на третьей CC и 64 порта на четвертой CC.

На Фиг. 7а показан один возможный подход, в соответствии с которым с базовой

30 станции передаются разные наборы CSI-RS для соответственно разного количества портов, и базовая станция заблаговременно указывает каждому из UE1, UE2, UE3, в отношении какого набора CSI-RS проводить оценку. На Фиг. 7а черным цветом условно обозначен передаваемый набор CSI-RS для 256 цифровых портов (UE1), темно-серым показан набор CSI-RS для 128 портов (UE2), и светло-серым обозначен набор CSI-RS

35 для 64 портов (UE3).

В то же время рассмотренный со ссылкой на Фиг. 7а подход является весьма ресурсозатратным, т.е. с ним связан значительный расход вычислительных ресурсов на базовой станции.

На Фиг. 7b в контексте рассматриваемого примерного сценария проиллюстрирован

40 отвечающий настоящему изобретению альтернативный подход, в соответствии с которым с базовой станции на каждой из CC передается один набор CSI-RS со всех 256 цифровых портов, но за счет масштабирования цифровых портов согласно описываемому аспекту настоящего изобретения, пользовательским устройствам обеспечивается возможность проводить оценку в отношении соответственно меньшего

45 количества CSI-RS. На Фиг. 7b передаваемый единый набор CSI-RS проиллюстрирован имеющим вложенный характер: как и на Фиг. 7а, светло-серым прямоугольником показан поднабор CSI-RS для 64 портов, и этот светло-серый прямоугольник подразумевается наложенным на более широкий темно-серый прямоугольник, которым

изображается поднабор CSI-RS для 128 портов; в свою очередь, темно-серый прямоугольник подразумевается наложенным на более широкий черный прямоугольник, которым изображается набор CSI-RS для 256 портов. То есть любой поднабор CSI-RS для меньшего числа портов является поднабором любого (под)набора CSI-RS для большего числа портов. Соответственно, предложенный согласно рассматриваемому аспекту настоящего изобретения подход, в общем проиллюстрированный на Фиг. 7b, не требует дополнительных накладных вычислительных затрат, связанных с передачей разных наборов CSI-RS.

Далее со ссылкой на Фиг. 8-10 приводится более подробное раскрытие отвечающего настоящему изобретению подхода иерархического масштабирования портов. Данный подход, в общем, основывается на виртуальном иерархическом разбиении антенной решетки базовой станции на подрешетки.

В общем виде, это иерархическое разбиение реализуется следующим образом.

Пусть  $N_p$  цифровых портов реализованы на антенной решетке базовой станции с размерами  $N_1 \times N_2$ , где  $N_1$  - количество антенных портов решетки по первой пространственной размерности,  $N_2$  - количество антенных портов решетки по второй пространственной размерности, причем  $N_1 \geq N_2$  согласно вышесказанному. Базовая станция выполнена с возможностью осуществлять, с каждого антенного порта решетки, передачу сигнала с одной из первой поляризации и второй поляризации ( $P = 2$ ), где первая поляризация и вторая поляризация являются ортогональными; соответственно,  $P \cdot N_1 \cdot N_2 = N_p$  или  $N_1 \cdot N_2 = N_p/2$ . На  $r$ -м уровне иерархии,  $1 < r \leq \log_2(N_p/2)$ , антенная решетка разбивается на  $M_d^r$  одинаковых подрешеток, при этом каждая подрешетка имеет размеры  $M_1^r \times M_2^r$ , где  $M_1^r$  - количество антенных портов в подрешетке по первой пространственной размерности,  $M_2^r$  - количество антенных портов в подрешетке по второй пространственной размерности,  $M_1^r \geq M_2^r$ ; соответственно,  $M_1^r \cdot M_2^r = M_p^r$ ,  $M_p^r \cdot M_d^r = N_p/2$ . Характеристикой рассматриваемого разбиения является то, что каждая подрешетка  $r$ -го уровня иерархии состоит из двух подрешеток  $(r-1)$ -го уровня иерархии, так что  $M_1^r = 2 \cdot M_1^{r-1}$  или  $M_2^r = 2 \cdot M_2^{r-1}$ . Подрешетка на самом низком, первом уровне иерархии ( $r = 1$ ) имеет размеры  $M_1^1 = 2$ ,  $M_2^1 = 1$ . Каждая подрешетка на  $r$ -м уровне иерархии,  $1 \leq r \leq \log_2(N_p/2)$ , представляет объединенный порт, объединяющий  $M_p^r$  цифровых портов базовой станции.

Согласно варианту осуществления, на  $r$ -м уровне иерархии индексация цифровых портов по антенной решетке базовой станции задается следующим уравнением:

$$p = x \cdot M_d^r \cdot M_p^r + j^r \cdot M_p^r + k^r, \quad (4)$$

где  $p$  - индекс цифрового порта по антенной решетке,  $x = 0$  для первой поляризации и  $x = 1$  для второй поляризации,  $j^r = 0, 1, \dots, M_d^r - 1$  - порядковый индекс подрешетки в антенной решетке,  $k^r = 0, 1, \dots, M_p^r - 1$  - порядковый индекс антенного порта в подрешетке. На каждом уровне иерархии разбиения, подрешетки индексируются по антенной решетке по принципу 'сначала по первой размерности - потом второй размерности' и антенные порты индексируются в подрешетке по принципу 'сначала по первой размерности - потом второй размерности'.

Описанное в общем виде выше иерархическое разбиение проиллюстрировано на Фиг. 8 на примере антенной решетки базовой станции размерами восемь антенных портов по вертикали (первая пространственная размерность) на четыре антенных портов по горизонтали (вторая пространственная размерность), с возможностью передачи на одной из двух ортогональных поляризааций с каждого антенного порта. Таким образом, на рассматриваемой на Фиг. 8 антенной решетке реализованы 64 цифровых порта базовой станции.

В левой части Фиг. 8 проиллюстрирован первый уровень иерархии разбиения ( $r = 1$ ), где антенная решетка разбивается на  $M_d^1 = 16$  подрешеток размерами  $M_1^1 = 2$ ,  $M_2^1 = 1$ , (т.е. два антенных порта по вертикали на один антенный порт по горизонтали), каждая из которых объединяет  $M_p^1 = 2$  соседних цифровых порта базовой станции. В результате получается (переход по стрелке) виртуализованная реализация 32 объединенных CSI-RS портов на той же антенной решетке базовой станции.

В центре Фиг. 8 показан второй уровень иерархии разбиения ( $r = 2$ ), где рассматриваемая антенная решетка разбивается на  $M_d^2 = 8$  подрешеток размерами  $M_1^2 = 2$ ,  $M_2^2 = 2$ , (т.е. два антенных порта по вертикали на два антенных порта по вертикали), каждая из которых соответственно объединяет  $M_p^2 = 4$  цифровых порта базовой станции. Видно, что рассматриваемая здесь подрешетка, по сути, составлена из двух подрешеток, соответствующих первому уровню иерархии разбиения. В результате получается (переход по стрелке) виртуализованная реализация 16 объединенных CSI-RS портов на антенной решетке базовой станции.

Наконец, в правой части Фиг. 8 показан третий уровень иерархии разбиения ( $r = 3$ ), где антенная решетка базовой станции разбивается на  $M_d^3 = 4$  подрешетки размерами  $M_1^3 = 4$ ,  $M_2^3 = 2$ , (т.е. четыре антенных порта по вертикали на два антенных порта по вертикали), каждая из которых соответственно объединяет  $M_p^3 = 8$  цифровых портов базовой станции. Опять же видно, что рассматриваемая здесь подрешетка составлена из двух подрешеток, соответствующих второму уровню иерархии разбиения. В результате получается (переход по стрелке) виртуализованная реализация 8 объединенных CSI-RS портов на антенной решетке базовой станции.

Для каждого из вариантов разбиения, показанных на Фиг. 8, цифровые порты базовой станции проиндексированы по антенной решетке в соответствии с уравнением (4). Следует отметить, что данный порядок индексации отличается от обычного порядка индексации, изображенного на Фиг. 1, 2а. В то же время для каждой из виртуализаций, соответственно показанных на Фиг. 8, для индексации объединенных портов используется упомянутый обычный порядок индексации.

На Фиг. 9а более подробно рассмотрен вариант виртуального разбиения антенной решетки базовой станции, соответствующий самому низкому, первому уровню иерархии, рассмотренной выше.

В правой части Фиг. 9а, аналогично Фиг. 8, показана антенная решетка базовой станции размерами четыре антенных порта по вертикали на четыре антенных порта по горизонтали, с возможностью передачи на одной из двух ортогональных поляризааций с каждого антенного порта, таким образом обеспечивая реализацию 32 цифровых портов базовой станции. Аналогично левой части Фиг. 8, рассматриваемая антенная решетка разбивается на восемь подрешеток размерами два антенных порта по вертикали

на один антенный порт по горизонтали, каждая из которых объединяет два соседних цифровых порта базовой станции. В результате получается (левая часть Фиг. 9а) виртуализованная реализация шестнадцати объединенных CSI-RS портов на антенной решетке базовой станции.

5 Схемой над стрелкой перехода на Фиг. 9а поясняется, что рассматриваемое объединение двух соседних цифровых портов базовой станции в один виртуальный порт, по существу, соответствует суммированию CSI-RS, передаваемых с этих двух цифровых портов, в один CSI-RS, при этом весовой коэффициент, применяемый к  
10 каждому из суммируемых CSI-RS, равен 1 (т.е. в данном случае, по сути, осуществляется неадаптивное формирование диаграммы направленности). Тот факт, что для объединения выбираются соседние цифровые порты именно по вертикали, объясняется в первую очередь тем, что в вертикальной плоскости угловой разброс канала, как правило, меньше чем угловой разброс канала в горизонтальной плоскости - как следствие, такое объединение на основе неадаптивного усреднения окажет меньшее  
15 негативное влияние на качество оценки канала. Это также проиллюстрировано на Фиг. 8 приоритетным выбором вертикального направления для объединения портов по отношению к горизонтальному.

На Фиг. 9b показана иллюстративная структура CSI-RS, используемая для ортогонального мультиплексирования CSI-RS, передаваемых с 32 цифровых портов  
20 антенной решетки базовой станции, показанной на Фиг. 9а. Показанная структура CSI-RS включает в себя две CDM-группы: первую ( $\Delta = 0$ ) и вторую ( $\Delta = 1$ ). Каждая из этих двух CDM-групп имеет размер четыре RE по частоте (т.е.  $K_{\text{CDM}} = 4$ ) на четыре RE по времени (т.е.  $L_{\text{CDM}} = 4$ ), и они закрашены светло-серым цветом на Фиг. 9b. Для первой и второй CDM-групп на Фиг. 9b также приведен соответствующий диапазон индексов  
25  $\{p\}$  цифровых портов базовой станции. Далее по тексту описания данная структура CSI-RS будет условно обозначаться как 'исходная структура CSI-RS'.

Темно-серым цветом и более жирной линией границы на Фиг. 9b обозначены CDM-группы, сформированные для упомянутой виртуализации из 16 объединенных CSI-RS портов, показанной в левой части Фиг. 9а. Видно, что каждая из этих сформированных  
30 CDM-групп имеет тот же размер четыре RE по частоте (т.е.  $K_{\text{CDM}} = 4$ ) и вдвое меньший размер два RE по времени (т.е.  $L_{\text{CDM}} = 2$ ). Далее по тексту описания данная структура CSI-RS, соответствующая совокупности объединенных портов по Фиг. 9а и обеспечивающая ортогональное мультиплексирование 16 CSI-RS, будет условно  
35 обозначаться как 'сокращенная структура CSI-RS'. Остальные параметры частотно-временной конфигурации сокращенной CSI-RS структуры при этом не меняются по отношению к исходной структуре CSI-RS, т.е. она по-прежнему включает в себя две CDM-группы с теми же начальными несущими и стартовыми OFDM-символами.

Из Фиг. 9b видно, что каждая CDM-группа сокращенной CSI-RS структуры составляет  
40 половину соответствующей CDM-группы исходной структуры CSI-RS, по сути, образуя ее подгруппу; сама сокращенная CSI-RS структура имеет вложенный характер по отношению к исходной структуре CSI-RS. На Фиг. 9b также приведен соответствующий диапазон индексов  $\{p'\}$  объединенных CSI-RS портов для каждой из упомянутых CDM-  
45 подгрупп.

Здесь следует обратить внимание на то, что каждая из первой и второй CDM-группы исходной структуры CSI-RS соответствует CDM-группе с итерации  $i = 5$  в семействах CDM-групп, проиллюстрированных на Фиг. 6а, 6б, а соответствующая CDM-группа

сокращенной структуры CSI-RS соответствует CDM-группе с предыдущей итерации  $i = 4$  в этих семействах. То есть, в соответствии с предпочтительным вариантом осуществления настоящего изобретения, формирование CDM-групп сокращенных структур CSI-RS для объединенных портов согласуется с систематическим подходом согласно настоящему изобретению, описанным выше. Данный предпочтительный вариант осуществления в равной степени распространяется и на большее число уровней иерархии ( $r > 1$ ) виртуального разбиения, к примеру, на иерархию объединенных портов, обсужденную выше со ссылкой на Фиг. 8. Иными словами, для любого уровня иерархии CDM-группа задается таким образом, что ресурсные элементы этой CDM-группы составляют часть ресурсных элементов CDM-группы исходной структуры CSI-RS, т.е. как было сказано ранее, задаваемая CDM-группа представляет собой подгруппу CDM-группы исходной структуры CSI-RS. Согласно вышесказанному со ссылкой на уравнения (2), (3) и Таблицу 3, в соответствии с данным предпочтительным вариантом осуществления каждой подгруппе CDM-группы соответственно выделяется кодовый поднабор WH-ОСС.

Для эффективного осуществления предложенного масштабирования портов, согласно настоящему изобретению вводится порядок применения кодовых последовательностей WH-ОСС в CDM-группе, альтернативный по отношению к последовательному порядку их применения, используемому в 5G NR и указанному выше при обсуждении Таблицы 2. Предложенный альтернативный порядок применения определяется следующим уравнением:

$$s = f_{BR}(t_{CDM}), \quad (5)$$

где  $t_{CDM} = 0, 1, \dots, T_{CDM} - 1$  - индекс кодовой последовательности WH-ОСС в CDM-группе согласно упомянутому последовательному порядку применения (по тексту настоящей заявки данный порядок может неограничивающим образом упоминаться как 'первый порядок применения'),  $T_{CDM}$  - длина кодовой последовательности WH-ОСС, и  $f_{BR}(t_{CDM})$  - функция перестановки в бит-реверсивном порядке, обеспечивающая преобразование десятичного представления индекса  $t_{CDM}$  в двоичное представление, инвертирование порядка битов в двоичном представлении и преобразование инвертированного двоичного представления в десятичное представление индекса  $s$ . Назначение кодовых последовательностей WH-ОСС цифровым портам в CDM-группе согласно индексам  $\{s\}$ , получаемым согласно уравнению (5), отвечает упомянутому альтернативному порядку их применения согласно настоящему изобретению (по тексту настоящей заявки данный порядок может неограничивающим образом упоминаться как 'второй порядок применения').

Механизм преобразования, обеспечиваемого функцией  $f_{BR}(t_{CDM})$ , может быть проиллюстрирован следующим выражением:

$$(t_{CDM})_2 = b_0, b_1, \dots, b_{z-1} \rightarrow b_{z-1}, b_{z-2}, \dots, b_0 = (s)_2, \quad (6)$$

где  $(t_{CDM})_2$  - двоичное представление индекса  $t_{CDM}$ ,  $(s)_2$  - двоичное представление соответствующего индекса  $s$ ,  $b_i$  - бит в соответствующем двоичном представлении,  $i = 0, 1, \dots, z - 1$ ,  $z$  - количество битов в двоичном представлении индекса. Иллюстрация применения этого механизма дана ниже в Таблице 4:

$z$	$T_{\text{CDM}} (= 2^z)$	Второй порядок применения
1	2	0 1
2	4	0 2 1 3
3	8	0 4 2 6 1 5 3 7
4	16	0 8 4 12 2 10 6 14 1 9 5 13 3 11 7 15

Таблица 4

По аналогии с уравнением (1), индексация цифровых портов по антенной решетке базовой станции, при использовании предложенного подхода, проиллюстрированного посредством уравнений (5), (6) и Таблицы 4, выражается следующим уравнением:

$$p = s + \Delta \cdot T_{\text{CDM}}, \quad (7)$$

где  $p$  - индекс цифрового порта,  $s = 0, 1, \dots, T_{\text{CDM}} - 1$  - индекс кодовой последовательности OCC в CDM-группе согласно второму порядку применения,  $T_{\text{CDM}}$  - длина кодовой последовательности OCC,  $\Delta = 0, 1, \dots, N_{\text{CDM}} - 1$  - индекс CDM-группы в структуре CSI-RS,  $N_{\text{CDM}}$  - количество CDM-групп в структуре CSI-RS. Посредством уравнения (7), с учетом уравнения (5), опять же можно определить, с какого цифрового порта  $p$  передается какая ортогональная кодовая последовательность CSI-RS. Естественно, данная индексация цифровых портов заблаговременно известна на пользовательских устройствах.

Рассмотрим для примера первую CDM-группу ( $\Delta = 0$ ) исходной структуры CSI-RS, показанной на Фиг. 9b. Согласно варианту осуществления, кодовые последовательности WH-OCC в кодовом наборе WH-OCC CDM-группы изначально упорядочены в соответствии с первым порядком применения, и, в соответствии с уравнением (1), кодовые последовательности WH-OCC последовательно назначаются цифровым портам, т.е. цифровому порту с индексом  $p = 0$  назначается кодовая последовательность WH-OCC с индексом 0 в кодовом наборе WH-OCC, цифровому порту с индексом  $p = 1$  назначается кодовая последовательность WH-OCC с индексом 1 в кодовом наборе WH-OCC, и т.п. В случае применения вышеописанного альтернативного подхода согласно настоящему изобретению, назначение кодовых последовательностей WH-OCC из кодового набора WH-OCC рассматриваемой CDM-группы с Фиг. 9b будет определяться нижней строкой Таблицы 4, т.е. цифровому порту с индексом  $p = 0$  назначается кодовая последовательность WH-OCC с индексом 0 из кодового набора WH-OCC, цифровому порту с индексом  $p = 1$  назначается кодовая последовательность WH-OCC с индексом 8 из кодового набора WH-OCC, цифровому порту с индексом  $p = 2$  назначается кодовая последовательность WH-OCC с индексом 4 из кодового набора WH-OCC, и т.п.

На Фиг. 10a-10d проиллюстрированы возможные варианты индексации CDM-групп в структуре CSI-RS согласно вариантам осуществления настоящего изобретения, каковая индексация используется, в том числе, в уравнении (7).

Так согласно первому из рассматриваемых вариантов осуществления (Фиг. 10a), индексация CDM-групп осуществляется по принципу 'сначала по частоте - потом по времени' по всей структуре CSI-RS. В соответствии со вторым вариантом осуществления, показанным на Фиг. 10b, CDM-группы индексируются по принципу 'сначала по частоте

- потом по времени' опять же по всей структуре CSI-RS. Согласно третьему варианту осуществления (Фиг. 10с), индексация CDM-групп осуществляется по принципу 'сначала по частоте - потом по времени' внутри каждого PRB/слота, с переходом между PRB/слотами по принципу 'сначала по времени - потом по частоте'. Наконец, в соответствии с четвертым вариантом осуществления, показанным на Фиг. 10d, CDM-группы индексируются по принципу 'сначала по частоте - потом по времени' внутри PRB/слота, с последующим переходом между PRB/слотами по принципу 'сначала по частоте - потом по времени'. На всех из Фиг. 10a-10d  $N_{\text{CDM}} = 16$  и, соответственно,  $\Delta = 0, 1, \dots, 15$ .

Здесь следует напомнить со ссылкой на раскрытие по Фиг. 2a, Фиг. 2b, приведенное выше, что, согласно 5G NR, единственным принципом индексации CDM-групп по структуре CSI-RS, которая определяется внутри одного PRB и одного слота, является 'сначала по частоте, затем по времени' (первый порядок применения), и, соответственно, единственным принципом индексации цифровых портов по структуре CSI-RS является 'сначала внутри CDM-группы, потом по частоте, затем по времени'. Вариантами осуществления, проиллюстрированными на Фиг. 10a-10d, очевидно, обеспечивается более гибкий подход к индексации.

Как и в случае систематического подхода к построению CDM-групп согласно настоящему изобретению, описанного выше со ссылкой на Фиг. 6a-6c, виртуальное иерархическое разбиение используемой антенной решетки на объединенные CSI-RS порты, включая вариант индексации согласно уравнению (4) и вариант индексации согласно уравнению (7), являются заранее известными на пользовательском устройстве (ах). В соответствии с одной возможной реализацией, упомянутые иерархическое разбиение и варианты индексации могут быть заранее заданы на пользовательском устройстве или заранее просигнализированы на пользовательское устройство известным для специалиста образом. Согласно другой возможной реализации, вышеуказанное контрольное сообщение, передаваемое с базовой станции на пользовательское устройство до передачи CSI-RS, может дополнительно включать в себя информацию об упомянутом иерархическом разбиении, включая указание на упомянутые варианты индексации.

Следует отметить, что хотя выше обсуждалась разная глубина иерархии объединенных портов (см., например, Фиг. 8, где показаны три уровня иерархии), согласно варианту осуществления настоящего изобретения, ориентированному на практическое применение, в упомянутой иерархии предпочтительно задействуются не более двух уровней, т.е.  $r = 1$  (левая часть Фиг. 8, Фиг. 9a) и/или  $r = 2$  (центральная часть Фиг. 8), во избежание снижения качества оценки канала на стороне пользовательского устройства.

Возвращаясь к рассмотрению конфигурации CSI-RS по Фиг. 9a, 9b, приведенной ниже Таблицей 5 в контексте рассматриваемой конфигурации иллюстрируется отвечающее настоящему изобретению переиспользование портов в иерархии объединенных CSI-RS портов на основе бит-реверсной их индексации.

В правой секции Таблицы 5 для каждого индекса  $p$  цифрового порта в исходной структуре CSI-RS (см. Фиг. 9a) показана кодовая последовательность WH-OCC длины 16, которая должна использоваться для данного цифрового порта. Здесь необходимо подчеркнуть, что кодовые последовательности для цифровых портов  $\{p\}$  переупорядочены в данной секции таблицы в соответствии со вторым порядком применения, определяемым индексами  $\{s\}$  (см. уравнение (5), Таблицу 4). Согласно вышесказанному, индекс  $s$  во втором справа столбце Таблицы 5 показывает порядковый

номер соответствующей кодовой последовательности WH-ОСС в кодовом наборе WH-ОСС, в котором кодовые последовательности WH-ОСС по умолчанию упорядочены в соответствии с первым порядком применения (см. Таблицу 3).

$p'$	$s'$	последовательность WH-ОСС	$p$	$s$	последовательность WH-ОСС	
0	0	11111111	0	0	11111111	11111111
			1	8	11111111	-1-1-1-1-1-1-1-1
1	4	1111 -1-1-1-1	2	4	1111-1-1-1-1	1111-1-1-1-1
			3	12	1111-1-1-1-1	-1-1-1-11111
2	2	11-1-1 1-11-1	4	2	11-1-11-11-1	11-1-11-11-1
			5	10	11-1-11-11-1	-1-111-11-11
3	6	11-1-1 -11-11	6	6	11-1-1-11-11	11-1-1-11-11
			7	14	11-1-1-11-11	-1-1111-11-1
4	1	1-11-1 1-11-1	8	1	1-11-11-11-1	11111111
			9	9	1-11-11-11-1	-1-1-1-1-1-1-1-1
5	5	1-11-1 -11-11	10	5	1-11-1-11-11	1-11-1-11-11
			11	13	1-11-1-11-11	-11-111-11-1
6	3	1-1-11 1-11-1	12	3	1-1-111-11-1	1-1-111-11-1
			13	11	1-1-111-11-1	-111-1-11-11
7	7	1-1-11 -11-11	14	7	1-1-11-11-11	1-1-11-11-11
			15	15	1-1-11-11-11	-111-11-11-1

Таблица 5

Жирная рамка в рассматриваемой секции Таблицы 5 условно охватывает части кодовых последовательностей WH-ОСС кодового набора WH-ОСС CDM-группы исходной структуры CSI-RS, которые попарно отводятся для переиспользования CDM-подгруппами сокращенной структуры CSI-RS (см. Фиг. 9а). Видно, что отведенные подпоследовательности являются попарно одинаковыми - см., к примеру, обведенные овалом подпоследовательности для цифровых портов с индексами 0 и 1 - что является следствием упомянутого переупорядочения.

В левой секции Таблицы 5 для каждого индекса  $p'$  объединенного порта в сокращенной структуре CSI-RS (см. Фиг. 9а) аналогично правой секции показана кодовая последовательность WH-ОСС длины 8, которая должна использоваться для данного объединенного порта. Кодовые последовательности для объединенных CSI-RS портов  $\{p'\}$  также являются упорядоченными в соответствии со вторым порядком применения, определяемым индексами  $\{s'\}$ . Весь переупорядоченный кодовый поднабор WH-ОСС для рассматриваемой CDM-подгруппы также условно оконтурен жирной рамкой, по аналогии с правой секцией Таблицы 5. Видно, что каждая кодовая последовательность WH-ОСС рассматриваемого поднабора WH-ОСС математически соответствует усреднению, с весовыми коэффициентами, равными 1 ( $w_1 = 1, w_2 = 1$  в центральной части Фиг. 9а), соответствующей пары подпоследовательностей кодового набора WH-ОСС CDM-группы исходной структуры CSI-RS, - см., к примеру, обведенную овалом кодовую последовательность WH-ОСС для объединенного порта с индексом  $p' = 0$  в качестве иллюстрации упомянутого соответствия обведенной овалом паре подпоследовательностей из правой секции Таблицы 5.

Отвечающий настоящему изобретению подход, описанный выше со ссылкой на Фиг. 7b, 8, 9a-10d и Таблицы 3-5, позволяет эффективным образом формировать, исходя из

используемых цифровых портов базовой станции и соответствующей структуры CSI-RS, вложенную иерархию виртуальных объединенных CSI-RS портов, обеспечивая согласованное для базовой станции и пользовательского устройства построение для каждого уровня иерархии соответствующих CDM-подгруппы и кодового поднабора WH-OCC. Данный подход позволяет пользовательскому устройству выбирать выполнение оценки канала в отношении требуемого количества CSI-RS портов, т.е. в отношении объединенных портов, соответствующих конкретному уровню иерархии, и соответственно выполнять оценку канала на основе CDM-подгруппы и переупорядоченного кодового поднабора WH-OCC, соответствующих этому уровню иерархии, причем данная оценка выполняется с должным качеством и прозрачно для базовой станции.

Далее со ссылкой на блок-схему по Фиг. 11 приводится описание способа 1100 формирования CSI-RS сигналов согласно настоящему изобретению в системе беспроводной связи, которой предпочтительно является система связи следующего поколения.

На этапе 1110 на базовой станции, такой как BS 402-A, 402-B, 402-C по Фиг. 4, для заданного количества  $N_p$  используемых цифровых портов на базовой станции определяют структуру CSI-RS. Этап 1110 содержит подэтапы 1111-1114, осуществляемые для определения структуры CSI-RS.

На подэтапе 1111 задают группу из  $N_{PRB}$  смежных PRB в частотной области и группу из  $N_{TTI}$  смежных слотов во временной области. Как отмечалось ранее, для систем связи следующего поколения, где количество поддерживаемых цифровых портов базовой станции является большим, согласно предпочтительному варианту настоящего изобретения  $N_{PRB}$  и/или  $N_{TTI}$  будет больше 1 для обеспечения требуемой емкости определяемой структуры CSI-RS. Так, в расширенной конфигурации CSI-RS, проиллюстрированной на Фиг. 5а,  $N_{PRB} = 2$  и  $N_{TTI} = 2$ ; в расширенной структуре CSI-RS, показанной на Фиг. 5b,  $N_{TTI} = 2$ ; в расширенной конфигурации CSI-RS, проиллюстрированной на Фиг. 5с,  $N_{PRB} = 2$ . В то же время согласно настоящему изобретению поддерживается обратная совместимость с 5G NR, и оба из  $N_{PRB}$  и  $N_{TTI}$  могут быть равны 1.

На подэтапе 1112 задают количество  $N_{CDM}$  CDM-групп, с заданием количества  $N_{CDM}^f$  CDM-групп в частотной области и количества  $N_{CDM}^t$  CDM-групп во временной области:

$$N_{CDM} = N_{CDM}^f \cdot N_{CDM}^t.$$

На подэтапе 1113 определяют CDM-группу, при этом для CDM-группы задается частотный размер, равный  $K_{CDM}$  поднесущим, и временной размер, равный  $L_{CDM}$  OFDM-символам, так что  $K_{CDM} \cdot L_{CDM} \cdot N_{CDM} = N_p$ .  $K_{CDM}$  и  $L_{CDM}$  задаются с учетом OCC, который должен использоваться для мультиплексирования  $T_{CDM} = K_{CDM} \cdot L_{CDM}$  CSI-RS сигналов в CDM-группе. Длина кодовой последовательности OCC соответственно составляет  $T_{CDM}$ .

Согласно варианту осуществления настоящего изобретения, для формирования CDM-группы может использоваться систематический подход, описанный выше со ссылкой на Фиг. 6а-6с, в том числе - с несмежной организацией ресурсных элементов в CDM-группе (см. Фиг. 6b, 6с).

Как описывалось выше, в соответствии с предпочтительным вариантом

осуществления настоящего изобретения, в качестве OCC используется OCC, основывающийся на ортогональном коде Уолша-Адамара (WH-OCC). В этом случае длина  $T_{\text{CDM}}$  кодовой последовательности равна  $2^n$ , где  $n$  - неотрицательное целое число. Кодовые последовательности WH-OCC по умолчанию последовательно назначаются цифровым портам базовой станции, соответствующим CSI-RS, мультиплексируемым в CDM-группе, согласно вышеупомянутому первому порядку применения (см. Таблицу 4): в результате образуется кодовый набор WH-OCC для CDM-группы, в котором кодовые последовательности WH-OCC упорядочены согласно первому порядку применения.

На подэтапе 1114 задают частотно-временное расположение  $N_{\text{CDM}}$  CDM-групп, включая задание расположения  $N_{\text{CDM}}^f$  CDM-групп в частотной области в пределах группы из  $N_{\text{PRB}}$  PRB и задание расположения  $N_{\text{CDM}}^t$  CDM-групп во временной области в пределах группы из  $N_{\text{TTI}}$  слотов. Как описывалось со ссылкой на Фиг. 5а-5с, при задании расположения CDM-групп в частотной области для каждой из  $N_{\text{CDM}}^f$  CDM-групп может быть задан индекс  $k_i$  начальной поднесущей в структуре CSI-RS, а при задании расположения CDM-групп во временной области для каждой из  $N_{\text{CDM}}^t$  CDM-групп может быть задан индекс  $l_j$  стартового OFDM-символа в структуре CSI-RS.

Сформированная структура CSI-RS является повторяющейся по группам PRB. Как и в случае 5G NR (см. Таблицу 1), может быть задана повторяемость сформированной структуры CSI-RS с заданной плотностью  $\rho$ . Как вариант, структура CSI-RS может повторяться с каждой последовательной группой PRB ( $\rho=1$ ). Также предусмотрен альтернативный вариант, где структура CSI-RS повторяется по группам PRB только на тех PRB, которые выделены на базовой станции для передачи CSI-RS ( $\rho<1$ ).

На этапе 1120 на по меньшей мере одно пользовательское устройство, такое как UE 401-1, 401-2, ... по Фиг. 4, с базовой станции передается информация о сформированной структуре CSI-RS. В частности, посредством по меньшей мере одного из DCI, MAC сигнализации и RRC сигнализации с базовой станции может быть передано контрольное сообщение, содержащее указание, по меньшей мере,  $N_{\text{PRB}}$ ,  $N_{\text{TTI}}$ ,  $N_{\text{CDM}}^f$ ,  $N_{\text{CDM}}^t$ ,  $K_{\text{CDM}}$ ,  $L_{\text{CDM}}$ ,  $\{k_i, l_j\}$ ,  $\rho$ . В соответствии с вышесказанным, в случае применения упомянутого систематического подхода согласно настоящему изобретению, в передаваемое контрольное сообщение также может быть включено указание, по меньшей мере, некоторых из интервалов  $\{gap_f^i\}$ ,  $\{gap_t^i\}$  (см. раскрытие по Фиг. 6а-6с). Как отмечалось ранее, кодовый набор WH-OCC для CDM-группы сформированной структуры CSI-RS, а также первый порядок применения являются заблаговременно доступными на пользовательском устройстве.

В соответствии с вышесказанным, базовая станция может быть выполнена с возможностью осуществления передачи CSI-RS одновременно на наборе CC (см. Фиг. 7а, 7б), и в этом случае способ 1100 будет выполняться для каждой CC из их набора.

Ниже со ссылкой на блок-схему по Фиг. 12 дано описание способа 1200 формирования CSI-RS сигналов согласно более конкретному варианту осуществления настоящего изобретения, где задействуется иерархическое масштабирование портов. В рассматриваемом способе, на базовой станции, такой как BS 402-А, 402-В, 402-С по Фиг. 4, заданное количество  $N_p$  используемых цифровых портов реализованы на антенной решетке базовой станции, при этом на базовой станции используется иерархия

объединенных портов, где каждый объединенный порт соответствующего уровня иерархии объединяет соответствующее заданное число цифровых портов базовой станции (см. раскрытие по Фиг. 8, 9а, 9b выше).

На этапе 1210 на базовой станции определяют структуру CSI-RS Этап 1210 содержит подэтапы 1211-1215, осуществляемые для определения структуры CSI-RS.

На подэтапе 1211, аналогично подэтапу 1111, задают группу из  $N_{PRB}$  смежных PRB в частотной области и группу из  $N_{TTI}$  смежных слотов во временной области. На подэтапе 1212, аналогично подэтапу 1112, задают количество  $N_{CDM}$  CDM-групп, с заданием количества  $N_{CDM}^f$  CDM-групп в частотной области и количества  $N_{CDM}^t$  CDM-групп во временной области,  $N_{CDM} = N_{CDM}^f \cdot N_{CDM}^t$ .

На подэтапе 1213 определяют CDM-группу, при этом, аналогично подэтапу 1113, для CDM-группы задается частотный размер, равный  $K_{CDM}$  поднесущим, и временной размер, равный  $L_{CDM}$  OFDM-символам, так что  $K_{CDM} \cdot L_{CDM} \cdot N_{CDM} = N_p$ . Согласно рассматриваемому варианту осуществления, OCC, подлежащий использованию для мультиплексирования  $T_{CDM} = K_{CDM} \cdot L_{CDM}$  CSI-RS сигналов в CDM-группе, является WH-OCC с длиной кодовой последовательности WH-OCC равной  $T_{CDM}$ , причем для CDM-группы кодовые последовательности WH-OCC изначально назначаются цифровым портам согласно первому порядку применения, образуя кодовый набор WH-OCC для CDM-группы, в котором кодовые последовательности WH-OCC упорядочены согласно первому порядку применения.

На подэтапе 1214, аналогично подэтапу 1114, задают частотно-временное расположение  $N_{CDM}$  CDM-групп, с заданием расположения  $N_{CDM}^f$  CDM-групп в частотной области в пределах группы из  $N_{PRB}$  PRB и заданием расположения  $N_{CDM}^t$  CDM-групп во временной области в пределах группы из  $N_{TTI}$  слотов.

На подэтапе 1215, для каждого уровня иерархии объединенных портов, задают CDM-подгруппу, ресурсные элементы которой составляют часть ресурсных элементов CDM-группы, определенной на подэтапе 1213, а также соответствующий кодовый поднабор WH-OCC; кодовые последовательности WH-OCC кодового поднабора WH-OCC изначально назначаются объединенным портам также согласно первому порядку применения. Исходя из вышесказанного, задаваемые CDM-подгруппы могут соответствовать CDM-группам семейства CDM-групп в соответствии с упомянутым систематическим подходом.

Как и способе 1100, определенная на этапе 1210 структура CSI-RS является повторяющейся по группам PRB.

На этапе 1220 на базовой станции кодовые последовательности WH-OCC в кодовом наборе WH-OCC CDM-группы структуры CSI-RS переупорядочиваются в соответствии со вторым порядком применения, который, как описывалось выше со ссылкой на уравнения (5), (6) и Таблицу 4, определяется посредством применения перестановки в бит-реверсивном порядке к соответствующим индексам кодовых последовательностей WH-OCC CDM-группы, отвечающим первому порядку применения.

Конкретика реализации подэтапа 1215 и этапа 1220 приведена выше со ссылкой на Фиг. 8, 9а-10d, Таблицы 3-5.

В частности, упомянутая иерархия формируется посредством виртуального иерархического разбиения антенной решетки базовой станции на подрешетки (см. Фиг.

8, 9а). Как обсуждалось выше, на  $r$ -м уровне иерархии,  $1 < r \leq \log_2(N_p/2)$ , антенная решетка разбивается на  $M_d^r$  одинаковых подрешеток, каждая с размерами  $M_1^r$  антенных портов по первой пространственной размерности на  $M_2^r$  антенных портов по второй пространственной размерности ( $M_1^r \geq M_2^r$ ),  $M_1^r \cdot M_2^r = M_p^r$ ,  $M_p^r \cdot M_d^r = N_p/2$ . Каждая подрешетка  $r$ -го уровня иерархии состоит из двух подрешеток  $(r-1)$ -го уровня иерархии, так что  $M_1^r = 2 \cdot M_1^{r-1}$  или  $M_2^r = 2 \cdot M_2^{r-1}$ . Подрешетка первого уровня иерархии ( $r=1$ ) имеет размеры  $M_1^1 = 2$ ,  $M_2^1 = 1$ . Как отмечалось выше, каждая подрешетка на  $r$ -м уровне иерархии,  $1 \leq r \leq \log_2(N_p/2)$ , представляет объединенный порт, объединяющий  $M_p^r$  цифровых портов базовой станции (см. Фиг. 8). Индексация цифровых портов по антенной решетке базовой станции для соответствующего уровня иерархии может быть задана в соответствии с уравнением (4). Предпочтительно, в рассматриваемой иерархии задействуются не более двух уровней, т.е.  $r=1$  (см. Фиг. 9а) и/или  $r=2$ . Для индексации CDM-групп в структуре CSI-RS может использоваться один из вариантов, показанных на Фиг. 10а-10д.

На этапе 1230, аналогично этапу 1120, с базовой станции передается информация касаясь структуры CSI-RS на по меньшей мере одно пользовательское устройство, такое как UE 401-1, 401-2, ... по Фиг. 4, предпочтительно в DCI/MAC/RRC контрольном сообщении. Согласно одной реализации, сведения об упомянутой иерархии портов, включая задействуемые соответствующие варианты индексации, могут быть включены в данное контрольное сообщение. Согласно другой реализации, эти сведения могут быть заранее заданы на пользовательском устройстве или заранее сообщены на пользовательское устройство.

На этапе 1240 на пользовательском устройстве выполняется оценка канала в отношении объединенных портов, соответствующих конкретному уровню иерархии, на основе CDM-подгруппы и кодового поднабора WH-ОСС, соответствующих этому конкретному уровню иерархии, при этом кодовый поднабор WH-ОСС переупорядочивается согласно второму порядку применения (см. Таблицу 5). Как обсуждалось выше, оценка канала осуществляется пользовательским устройством для формирования CSI. Более конкретно, на этапе 1240 пользовательское устройство может определить, что оценка канала должна выполняться в отношении объединенных портов, соответствующих  $r$ -му уровню иерархии,  $1 \leq r \leq \log_2(N_p/2)$  (см. раскрытие по Фиг. 7а, 7б, 8), и пользовательское устройство соответственно выполняет оценку канала на основе CDM-подгруппы и переупорядоченного кодового поднабора WH-ОСС, соответствующих  $r$ -му уровню иерархии.

Как и в случае способа 1100, базовая станция может быть выполнена с возможностью осуществления передачи CSI-RS одновременно на наборе компонентных несущих, и в этом случае способ 1200 также будет выполняться для каждой компонентной несущей из набора.

Механизм выбора конкретного уровня иерархии объединенных CSI-RS портов для использования на стороне пользовательского устройства может основываться на возможностях пользовательского устройства (UE capability), которые сигнализируются пользовательским устройством на базовую станцию после присоединения к базовой станции. Например, если пользовательским устройством для DL приема используются две или более компонентных несущих, а UE capability в плане формирования CSI не

позволяет обрабатывать CSI-RS и вычислять CSI с максимальным количеством CSI-RS портов на всех компонентных несущих, то базовая станция должна сконфигурировать пользовательское устройство на оценку CSI-RS с меньшим числом портов на каждой компонентной несущей (т.е.  $r > 1$ ).

5 Как следует из вышесказанного, отвечающая настоящему изобретению конфигурация CSI-RS обеспечивает поддержку количества цифровых портов, отвечающего требованиям систем связи следующего поколения, с возможностью систематического формирования CDM-групп с их частотно-временным размещением по группам PRB/ слотов, с большей гибкостью в плане выделения частотно-временных ресурсов  
10 отдельным CDM-группам и с возможностью вложенного масштабирования портов CSI-RS прозрачным образом для базовой станции и пользовательского устройства.

Следует также понимать, что проиллюстрированные примерные варианты осуществления являются всего лишь предпочтительными, а не единственно возможными вариантами реализации настоящего изобретения, и что аспекты настоящего изобретения,  
15 раскрытые выше, могут быть реализованы как по отдельности, так и совместно. Точнее, объем настоящего изобретения определяется нижеследующей формулой изобретения и ее эквивалентами.

#### (57) Формула изобретения

20 1. Способ формирования опорных сигналов информации состояния канала (CSI-RS сигналов), при этом способ содержит этап, на котором, на базовой станции (BS) в системе беспроводной связи:

для заданного количества  $N_p$  используемых цифровых портов на базовой станции, определяют структуру CSI-RS, состоящую из ресурсных элементов (RE), где каждый  
25 ресурсный элемент в частотной области определяется поднесущей и во временной области - символом мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM-символом), при этом упомянутое определение содержит этапы, на которых, для структуры CSI-RS:

30 задают группу из  $N_{PRB}$  смежных физических ресурсных блоков (PRB) в частотной области и группу из  $N_{TTI}$  смежных временных слотов (TTI) во временной области, где  $N_{PRB}$ ,  $N_{TTI}$  - натуральные числа, при этом по меньшей мере одно из  $N_{PRB}$ ,  $N_{TTI}$  больше 1;

35 задают количество  $N_{CDM}$  групп мультиплексирования с кодовым разделением (CDM-групп), причем при задании количества CDM-групп задают количество  $N_{CDM}^f$  CDM-групп в частотной области и количество  $N_{CDM}^t$  CDM-групп во временной области,  $N_{CDM} = N_{CDM}^f \cdot N_{CDM}^t$ , где  $N_{CDM}^f$ ,  $N_{CDM}^t$  - натуральные числа;

40 определяют CDM-группу, причем при определении CDM-группы для CDM-группы задают частотный размер, равный  $K_{CDM}$  поднесущим, и временной размер, равный  $L_{CDM}$  OFDM-символам, так что  $K_{CDM} \cdot L_{CDM} \cdot N_{CDM} = N_p$ , при этом  $K_{CDM}$  и  $L_{CDM}$  задаются с учетом ортогонального кода (ОСС), подлежащего использованию для мультиплексирования  $T_{CDM} = K_{CDM} \cdot L_{CDM}$  CSI-RS сигналов в CDM-группе, причем длина  
45 кодовой последовательности ОСС составляет  $T_{CDM}$ ; и

задают частотно-временное расположение  $N_{CDM}$  CDM-групп, причем при задании частотно-временного расположения задают расположение  $N_{CDM}^f$  CDM-групп в частотной области в пределах группы из  $N_{PRB}$  PRB и расположение  $N_{CDM}^t$  CDM-групп во временной

области в пределах группы из  $N_{TTI}$  слотов,

при этом структура CSI-RS является повторяющейся по группам PRB.

2. Способ по п. 1, в котором

при упомянутом задании расположения CDM-групп в частотной области, для каждой из  $N_{CDM}^f$  CDM-групп задают индекс  $k$  начальной поднесущей в структуре CSI-RS, и при упомянутом задании расположения CDM-групп во временной области, для каждой из  $N_{CDM}^t$  CDM-групп задают индекс  $l$  стартового OFDM-символа в структуре CSI-RS;

упомянутое повторение структуры CSI-RS осуществляется с заданной плотностью  $\rho$ , при этом

структура CSI-RS повторяется с каждой последовательной группой PRB ( $\rho=1$ ), либо структура CSI-RS повторяется по группам PRB только на тех PRB, которые выделены на базовой станции для передачи CSI-RS ( $\rho<1$ ).

3. Способ по п. 2, дополнительно содержащий этап, на котором передают с базовой станции на по меньшей мере одно пользовательское устройство (UE) в системе беспроводной связи сообщение, содержащее, по меньшей мере, указание  $N_{PRB}$ ,  $N_{TTI}$ ,  $N_{CDM}^f$ ,  $N_{CDM}^t$ ,  $K_{CDM}$ ,  $L_{CDM}$ , по меньшей мере некоторых из индексов  $\{k,l\}$ ,  $\rho$ , причем данное сообщение передается посредством по меньшей мере одного из DCI, MAC сигнализации и RRC сигнализации.

4. Способ по п. 3, в котором OCC является OCC, основывающимся на ортогональном коде Уолша-Адамара (WH-OCC), причем  $T_{CDM}$  равно  $2^n$ , где  $n$  - неотрицательное целое число, при этом кодовые последовательности WH-OCC изначально назначаются цифровым портам, соответствующим CSI-RS сигналам, мультиплексируемым в CDM-группе, согласно первому порядку применения, заранее заданному на базовой станции, образуя кодовый набор WH-OCC для CDM-группы, в котором кодовые последовательности WH-OCC упорядочены согласно первому порядку применения, причем кодовый набор WH-OCC является доступным на пользовательском устройстве, и первый порядок применения заранее задан на пользовательском устройстве или заранее просигнализирован на пользовательское устройство.

5. Способ по п. 3 или 4, в котором упомянутое определение CDM-группы содержит выполнение этапа, на котором определяют  $i$ -ю CDM-группу семейства CDM-групп посредством дублирования  $(i-1)$ -й CDM-группы семейства по частоте или времени, где  $i$  - натуральное число,  $i>1$ , при этом,

если упомянутое дублирование осуществляется по частоте, то  $K_{CDM}^i = 2 \cdot K_{CDM}^{i-1}$ , причем две  $(i-1)$ -х CDM-группы семейства в составе  $i$ -й CDM-группы семейства разделены заданным интервалом из  $gap_f^i$  поднесущих, где  $gap_f^i$  - неотрицательное целое число, или

если упомянутое дублирование осуществляется по времени, то  $L_{CDM}^i = 2 \cdot L_{CDM}^{i-1}$ , причем две  $(i-1)$ -х CDM-группы семейства в составе  $i$ -й CDM-группы семейства разделены заданным интервалом из  $gap_t^i$  OFDM-символов, где  $gap_t^i$  - неотрицательное целое число,

до тех пор, пока  $K_{CDM}^i$  не будет равным  $K_{CDM}$  и  $L_{CDM}^i$  не будет равным  $L_{CDM}$ .

6. Способ по п. 5, в котором

исходной CDM-группой семейства является CDM-группа, состоящая из одного

ресурсного элемента ( $i = 1, K_{\text{CDM}} = L_{\text{CDM}} = 1$ ), при этом значениями  $gap_f^i$  и  $gap_t^i, i > 2$ , являются 0, или 1, или 2, причем  $gap_f^2 = gap_t^2 = 0$ , либо

исходной CDM-группой семейства является CDM-группа, состоящая из более одного ресурсного элемента, при этом значениями  $gap_f^i$  и  $gap_t^i$  являются 0, или 1, или 2.

7. Способ по п. 6, в котором упомянутое сообщение дополнительно включает в себя указание по меньшей мере некоторых из интервалов  $\{gap_f^i\}$  и/или интервалов  $\{gap_t^i\}$ .

8. Способ по любому одному из пп. 4-7, в котором индексация цифровых портов в структуре CSI-RS задается на базовой станции следующим образом:

$$p = s + \Delta \cdot T_{\text{CDM}},$$

где  $p$  - индекс цифрового порта;  $\Delta = 0, 1, \dots, N_{\text{CDM}} - 1$  - порядковый индекс CDM-группы в структуре CSI-RS;  $s = f_{\text{BR}}(t_{\text{CDM}})$ , где  $t_{\text{CDM}} = 0, 1, \dots, T_{\text{CDM}} - 1$  - индекс кодовой последовательности WH-OCC в CDM-группе согласно первому порядку применения,  $f_{\text{BR}}(t_{\text{CDM}})$  - функция перестановки в бит-реверсивном порядке, обеспечивающая преобразование десятичного представления индекса  $t_{\text{CDM}}$  в двоичное представление, инвертирование порядка битов в двоичном представлении и преобразование инвертированного двоичного представления в десятичное представление индекса  $s$ , причем назначение кодовых последовательностей WH-OCC цифровым портам в CDM-группе согласно индексам  $\{s\}$  соответствует второму порядку применения,

при этом способ дополнительно содержит выполняемый на базовой станции этап, на котором переупорядочивают кодовые последовательности WH-OCC в кодовом наборе WH-OCC CDM-группы в соответствии со вторым порядком применения.

9. Способ по п. 8, в котором CDM-группы индексируются в структуре CSI-RS сквозным образом по принципу:

‘сначала по частоте - потом по времени’ по всей структуре CSI-RS, или ‘сначала по времени - потом по частоте’ по всей структуре CSI-RS, или ‘сначала по частоте - потом по времени’ внутри каждого PRB/слота, с переходом между PRB/слотами по принципу ‘сначала по времени - потом по частоте’, или ‘сначала по частоте - потом по времени’ внутри PRB/слота, с последующим переходом между PRB/слотами по принципу ‘сначала по частоте - потом по времени’; первый порядок применения кодовых последовательностей WH-OCC в CDM-группе реализован по принципу ‘сначала по частоте - потом по времени’.

10. Способ по п. 8 или 9, в котором  $N_p$  цифровых портов реализованы на антенной решетке базовой станции с размерами  $N_1 \times N_2$ , где  $N_1$  - количество антенных портов решетки по первой пространственной размерности,  $N_2$  - количество антенных портов решетки по второй пространственной размерности,  $N_1 \geq N_2, N_1 \cdot N_2 = N_p / 2$ , при этом базовая станция выполнена с возможностью осуществлять, с каждого антенного порта решетки, передачу сигнала с одной из первой поляризации и второй поляризации, причем первая поляризация и вторая поляризация являются ортогональными,

при этом на базовой станции используется виртуальное иерархическое разбиение антенной решетки базовой станции на подрешетки, причем на  $r$ -м уровне иерархии,  $1 < r \leq \log_2(N_p / 2)$ , антенная решетка разбита на  $M_r^a$  одинаковых подрешеток, при этом каждая подрешетка имеет размеры  $M_1^r \times M_2^r$ , где  $M_1^r$  - количество антенных портов в подрешетке по первой пространственной размерности,  $M_2^r$  - количество антенных

портов в подрешетке по второй пространственной размерности,  $M_1^r \geq M_2^r$ ,  $M_1^r \cdot M_2^r = M_p^r$ ,  $M_p^r \cdot M_d^r = N_p/2$ , причем каждая подрешетка  $r$ -го уровня иерархии состоит из двух подрешеток  $(r-1)$ -го уровня иерархии, так что  $M_1^r = 2 \cdot M_1^{r-1}$  или  $M_2^r = 2 \cdot M_2^{r-1}$ , где

5 подрешетка на первом уровне иерархии ( $r=1$ ) имеет размеры  $M_1^1 = 2$ ,  $M_2^1 = 1$ , при этом каждая подрешетка на  $r$ -м уровне иерархии,  $1 \leq r \leq \log_2(N_p/2)$ , представляет объединенный порт, объединяющий  $M_p^r$  цифровых портов базовой станции,

10 причем, для каждого уровня иерархии, заданы CDM-подгруппа, ресурсные элементы которой составляют часть ресурсных элементов CDM-группы структуры CSI-RS, и соответствующий кодовый поднабор WH-OCC, причем кодовые последовательности WH-OCC кодового поднабора WH-OCC изначально назначаются объединенным портам согласно первому порядку применения.

15 11. Способ по п. 10, в котором на  $r$ -м уровне иерархии индексация цифровых портов по антенной решетке базовой станции задается следующим образом:

$$p = x \cdot M_d^r \cdot M_p^r + j^r \cdot M_p^r + k^r,$$

где  $p$  - индекс цифрового порта по антенной решетке,  $x=0$  для первой поляризации и  $x=1$  для второй поляризации,  $j^r = 0, 1, \dots, M_d^r - 1$  - порядковый индекс подрешетки в

20 антенной решетке,  $k^r = 0, 1, \dots, M_p^r - 1$  - порядковый индекс антенного порта в подрешетке, при этом подрешетки индексируются по антенной решетке по принципу 'сначала по первой размерности - потом по второй размерности' и антенные порты индексируются в подрешетке по принципу 'сначала по первой размерности - потом по второй размерности'.

25 12. Способ по п. 10 или 11, в котором в упомянутом иерархическом разбиении задействуются не более двух уровней иерархии:  $r=1$  и/или  $r=2$ .

13. Способ по п. 11 или 12, в котором упомянутое иерархическое разбиение, индексация цифровых портов по структуре CSI-RS и индексация цифровых портов по антенной решетке заранее заданы на пользовательском устройстве или заранее

30 просигнализированы на пользовательское устройство.

14. Способ по п. 11 или 12, в котором упомянутое сообщение дополнительно включает в себя информацию об упомянутом иерархическом разбиении, индексации цифровых портов по структуре CSI-RS и индексации цифровых портов по антенной решетке.

15. Способ по п. 13 или 14, дополнительно содержащий этапы, на которых, на

35 пользовательском устройстве:

определяют выполнять оценку канала в отношении объединенных портов, соответствующих  $r$ -му уровню иерархии,  $1 \leq r \leq \log_2(N_p/2)$  причем оценка канала осуществляется для формирования информации состояния канала (CSI) на

пользовательском устройстве;

40 выполняют оценку канала на основе CDM-подгруппы и кодового поднабора WH-OCC, соответствующих  $r$ -му уровню иерархии, при этом кодовый поднабор WH-OCC переупорядочивается согласно второму порядку применения.

16. Способ по любому одному из предшествующих пунктов, в котором базовая станция выполнена с возможностью осуществления передачи CSI-RS сигналов

45 одновременно на наборе компонентных несущих (CC), при этом упомянутый способ выполняется для каждой из набора компонентных несущих.

17. Способ формирования опорных сигналов информации состояния канала (CSI-RS сигналов), при этом способ содержит этап, на котором, на базовой станции (BS) в

системе беспроводной связи:

для заданного количества  $N_p$  используемых цифровых портов на базовой станции, определяют структуру CSI-RS, состоящую из ресурсных элементов (RE), где каждый ресурсный элемент в частотной области определяется поднесущей и во временной области - символом мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM-символом), при этом упомянутое определение содержит этапы, на которых, для структуры CSI-RS:

задают группу из  $N_{PRB}$  смежных физических ресурсных блоков (PRB) в частотной области и группу из  $N_{TTI}$  смежных временных слотов (TTI) во временной области, где  $N_{PRB}$ ,  $N_{TTI}$  - натуральные числа;

задают количество  $N_{CDM}$  групп мультиплексирования с кодовым разделением (CDM-групп), причем при задании количества CDM-групп задают количество  $N_{CDM}^f$  CDM-групп в частотной области и количество  $N_{CDM}^t$  CDM-групп во временной области,  $N_{CDM} = N_{CDM}^f \cdot N_{CDM}^t$ , где  $N_{CDM}^f, N_{CDM}^t$  - натуральные числа;

определяют CDM-группу, причем при определении CDM-группы для CDM-группы задают частотный размер, равный  $K_{CDM}$  поднесущим, и временной размер, равный  $L_{CDM}$  OFDM-символом, так что  $K_{CDM} \cdot L_{CDM} \cdot N_{CDM} = N_p$ , при этом  $K_{CDM}$  и  $L_{CDM}$  задаются с учетом ортогонального кода (OCC), подлежащего использованию для мультиплексирования  $T_{CDM} = K_{CDM} \cdot L_{CDM}$  CSI-RS сигналов в CDM-группе, причем длина кодовой последовательности OCC составляет  $T_{CDM}$ , при этом определение CDM-группы содержит выполнение этапа, на котором определяют  $i$ -ю CDM-группу семейства CDM-групп посредством дублирования  $(i-1)$ -й CDM-группы семейства по частоте или времени, где  $i$  - натуральное число,  $i > 1$ , при этом,

если упомянутое дублирование осуществляется по частоте, то  $K_{CDM}^i = 2 \cdot K_{CDM}^{i-1}$ , причем две  $(i-1)$ -х CDM-группы семейства в составе  $i$ -й CDM-группы семейства разделены заданным интервалом из  $gap_f^i$  поднесущих, где  $gap_f^i$  - неотрицательное целое число, или

если упомянутое дублирование осуществляется по времени, то  $L_{CDM}^i = 2 \cdot L_{CDM}^{i-1}$ , причем две  $(i-1)$ -х CDM-группы семейства в составе  $i$ -й CDM-группы семейства разделены заданным интервалом из  $gap_t^i$  OFDM-символов, где  $gap_t^i$  - неотрицательное целое число,

до тех пор, пока  $K_{CDM}^i$  не будет равным  $K_{CDM}$  и  $L_{CDM}^i$  не будет равным  $L_{CDM}$ ; и задают частотно-временное расположение  $N_{CDM}$  CDM-групп, причем при задании частотно-временного расположения задают расположение  $N_{CDM}^f$  CDM-групп в частотной области в пределах группы из  $N_{PRB}$  PRB и расположение  $N_{CDM}^t$  CDM-групп во временной области в пределах группы из  $N_{TTI}$  слотов,

при этом структура CSI-RS является повторяющейся по группам PRB.

18. Способ по п. 17, в котором

исходной CDM-группой семейства является CDM-группа, состоящая из одного ресурсного элемента ( $i = 1, K_{CDM}^1 = L_{CDM}^1 = 1$ ), при этом значениями  $gap_f^i$  и  $gap_t^i$ ,  $i > 2$ , являются 0, или 1, или 2, причем  $gap_f^2 = gap_t^2 = 0$ , либо

исходной CDM-группой семейства является CDM-группа, состоящая из более одного ресурсного элемента, при этом значениями  $gap_f^i$  и  $gap_t^i$  являются 0, или 1, или 2.

19. Способ по п. 17 или 18, в котором

при упомянутом задании расположения CDM-групп в частотной области, для каждой из  $N_{CDM}^f$  CDM-групп задают индекс  $k$  начальной поднесущей в структуре CSI-RS, и при упомянутом задании расположения CDM-групп во временной области, для каждой из  $N_{CDM}^t$  CDM-групп задают индекс  $l$  стартового OFDM-символа в структуре CSI-RS;

упомянутое повторение структуры CSI-RS осуществляется с заданной плотностью  $\rho$ , при этом

структура CSI-RS повторяется с каждой последовательной группой PRB ( $\rho=1$ ), либо структура CSI-RS повторяется по группам PRB только на тех PRB, которые выделены на базовой станции для передачи CSI-RS ( $\rho<1$ ).

20. Способ по п. 19, дополнительно содержащий этап, на котором передают с базовой станции на по меньшей мере одно пользовательское устройство (UE) в системе беспроводной связи сообщение, содержащее, по меньшей мере, указание  $N_{PRB}$ ,  $N_{TTI}$ ,

$N_{CDM}^f$ ,  $N_{CDM}^t$ ,  $K_{CDM}$ ,  $L_{CDM}$ , по меньшей мере некоторых из индексов  $\{k,l\}$ , по меньшей

мере некоторых из интервалов  $\{gap_f^i\}$  и/или интервалов  $\{gap_t^i\}$ ,  $\rho$ , причем данное сообщение передается посредством по меньшей мере одного из DCI, MAC сигнализации и RRC сигнализации.

21. Способ по п. 20, в котором OCC является OCC, основывающимся на

ортогональном коде Уолша-Адамара (WH-OCC), причем  $T_{CDM}$  равно  $2^n$ , где  $n$  -

неотрицательное целое число, при этом кодовые последовательности WH-OCC

изначально назначаются цифровым портам, соответствующим CSI-RS сигналам,

мультиплексируемым в CDM-группе, согласно первому порядку применения, заранее

заданному на базовой станции, образуя кодовый набор WH-OCC для CDM-группы, в

котором кодовые последовательности WH-OCC упорядочены согласно первому порядку применения,

причем кодовый набор WH-OCC является доступным на пользовательском устройстве, и первый порядок применения заранее задан на пользовательском устройстве или заранее просигнализирован на пользовательское устройство.

22. Способ по п. 21, в котором индексация цифровых портов в структуре CSI-RS задается на базовой станции следующим образом:

$$p=s+\Delta \cdot T_{CDM},$$

где  $p$  - индекс цифрового порта;  $\Delta=0, 1, \dots, N_{CDM}-1$  - порядковый индекс CDM-группы в структуре CSI-RS;  $s=f_{BR}(t_{CDM})$ , где  $t_{CDM}=0, 1, \dots, T_{CDM}-1$  - индекс кодовой

последовательности WH-OCC в CDM-группе согласно первому порядку применения,

$f_{BR}(t_{CDM})$  - функция перестановки в бит-реверсивном порядке, обеспечивающая

преобразование десятичного представления индекса  $t_{CDM}$  в двоичное представление,

инвертирование порядка битов в двоичном представлении и преобразование

инвертированного двоичного представления в десятичное представление индекса  $s$ ,

причем назначение кодовых последовательностей WH-OCC цифровым портам в CDM-группе согласно индексам  $\{s\}$  соответствует второму порядку применения,

при этом способ дополнительно содержит выполняемый на базовой станции этап,

на котором переупорядочивают кодовые последовательности WH-ОСС в кодовом наборе WH-ОСС CDM-группы в соответствии со вторым порядком применения.

23. Способ по п. 22, в котором по меньшей мере одно из  $N_{PRB}$ ,  $N_{TTI}$  больше 1, при этом CDM-группы индексируются в структуре CSI-RS сквозным образом по принципу: 'сначала по частоте - потом по времени' по всей структуре CSI-RS, или 'сначала по времени - потом по частоте' по всей структуре CSI-RS, или 'сначала по частоте - потом по времени' внутри каждого PRB/слота, с переходом между PRB/слотами по принципу 'сначала по времени - потом по частоте', или 'сначала по частоте - потом по времени' внутри PRB/слота, с последующим переходом между PRB/слотами по принципу 'сначала по частоте - потом по времени'; первый порядок применения кодовых последовательностей WH-ОСС в CDM-группе реализован по принципу 'сначала по частоте - потом по времени'.

24. Способ по п. 22 или 23, в котором  $N_p$  цифровых портов реализованы на антенной решетке базовой станции с размерами  $N_1 \times N_2$ , где  $N_1$  количество антенных портов решетки по первой пространственной размерности,  $N_2$  - количество антенных портов решетки по второй пространственной размерности,  $N_1 \geq N_2$ ,  $N_1 \cdot N_2 = N_p/2$ , при этом базовая станция выполнена с возможностью осуществлять, с каждого антенного порта решетки, передачу сигнала с одной из первой поляризации и второй поляризации, причем первая поляризация и вторая поляризация являются ортогональными,

при этом на базовой станции используется виртуальное иерархическое разбиение антенной решетки базовой станции на подрешетки, причем на  $r$ -м уровне иерархии,  $1 < r \leq \log_2(N_p/2)$ , антенная решетка разбита на  $M_d^r$  одинаковых подрешеток, при этом каждая подрешетка имеет размеры  $M_1^r \times M_2^r$ , где  $M_1^r$  - количество антенных портов в подрешетке по первой пространственной размерности,  $M_2^r$  - количество антенных портов в подрешетке по второй пространственной размерности,  $M_1^r \geq M_2^r$ ,  $M_1^r \cdot M_2^r = M_p^r$ ,  $M_p^r \cdot M_d^r = N_p/2$ , причем каждая подрешетка  $r$ -го уровня иерархии состоит из двух подрешеток  $(r-1)$ -го уровня иерархии, так что  $M_1^r = 2 \cdot M_1^{r-1}$  или  $M_2^r = 2 \cdot M_2^{r-1}$ , где подрешетка на первом уровне иерархии ( $r=1$ ) имеет размеры  $M_1^1 = 2$ ,  $M_2^1 = 1$ , при этом каждая подрешетка на  $r$ -м уровне иерархии,  $1 < r \leq \log_2(N_p/2)$ , представляет объединенный порт, объединяющий  $M_p^r$  цифровых портов базовой станции,

причем, для каждого уровня иерархии, заданы CDM-подгруппа, ресурсные элементы которой составляют часть ресурсных элементов CDM-группы структуры CSI-RS, и соответствующий кодовый поднабор WH-ОСС, при этом кодовые последовательности WH-ОСС кодового поднабора WH-ОСС изначально назначаются объединенным портам согласно первому порядку применения, причем упомянутые CDM-подгруппы соответственно представляют собой, по меньшей мере, некоторые CDM-группы семейства CDM-групп.

25. Способ по п. 24, в котором на  $r$ -м уровне иерархии индексация цифровых портов по антенной решетке базовой станции задается следующим образом:

$$p = x \cdot M_d^r \cdot M_p^r + j^r \cdot M_p^r + k^r,$$

где  $p$  - индекс цифрового порта по антенной решетке,  $x=0$  для первой поляризации и  $x=1$  для второй поляризации,  $j^r = 0, 1, \dots, M_d^r - 1$  - порядковый индекс подрешетки в антенной решетке,  $k^r = 0, 1, \dots, M_p^r - 1$  - порядковый индекс антенного порта в подрешетке,

при этом подрешетки индексируются по антенной решетке по принципу ‘сначала по первой размерности - потом по второй размерности’ и антенные порты индексируются в подрешетке по принципу ‘сначала по первой размерности - потом по второй размерности’.

5 26. Способ по п. 24 или 25, в котором в упомянутом иерархическом разбиении задействуются не более двух уровней иерархии:  $r=1$  и/или  $r=2$ .

27. Способ по п. 25 или 26, в котором упомянутое иерархическое разбиение, индексация цифровых портов по структуре CSI-RS и индексация цифровых портов по антенной решетке заранее заданы на пользовательском устройстве или заранее  
10 просигнализированы на пользовательское устройство.

28. Способ по п. 25 или 26, в котором упомянутое сообщение дополнительно включает в себя информацию об упомянутом иерархическом разбиении, индексации цифровых портов по структуре CSI-RS и индексации цифровых портов по антенной решетке.

29. Способ по п. 27 или 28, дополнительно содержащий этапы, на которых, на  
15 пользовательском устройстве:

определяют выполнять оценку канала в отношении объединенных портов, соответствующих  $r$ -му уровню иерархии,  $1 \leq r \leq \log_2(N_p/2)$ , причем оценка канала осуществляется для формирования информации состояния канала (CSI) на  
20 пользовательском устройстве;

20 выполняют оценку канала на основе CDM-подгруппы и кодового поднабора WH-ОСС, соответствующих  $r$ -му уровню иерархии, при этом кодовый поднабор WH-ОСС переупорядочивается согласно второму порядку применения.

30. Способ по любому одному из пп. 17-29, в котором базовая станция выполнена с возможностью осуществления передачи CSI-RS сигналов одновременно на наборе  
25 компонентных несущих (CC), при этом упомянутый способ выполняется для каждой из набора компонентных несущих.

31. Способ формирования опорных сигналов информации состояния канала (CSI-RS сигналов) в системе беспроводной связи, содержащей базовую станцию (BS), в которой заданное количество используемых цифровых портов реализованы на антенной  
30 решетке базовой станции, при этом на базовой станции используется иерархия объединенных портов, где каждый объединенный порт соответствующего уровня иерархии объединяет соответствующее заданное число цифровых портов базовой станции, при этом способ содержит этапы, на которых:

на базовой станции определяют структуру CSI-RS, состоящую из ресурсных элементов  
35 (RE), где каждый ресурсный элемент в частотной области определяется поднесущей и во временной области символом мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM-символом), при этом упомянутое определение содержит этапы, на которых, для структуры CSI-RS:

40 задают группу из  $N_{PRB}$  смежных физических ресурсных блоков (PRB) в частотной области и группу из  $N_{TTI}$  смежных временных слотов (TTI) во временной области, где  $N_{PRB}$ ,  $N_{TTI}$  - натуральные числа,

задают количество  $N_{CDM}$  групп мультиплексирования с кодовым разделением (CDM-  
45 групп), причем при задании количества CDM-групп задают количество  $N_{CDM}^f$  CDM-групп в частотной области и количество  $N_{CDM}^t$  CDM-групп во временной области,

$N_{CDM} = N_{CDM}^f \cdot N_{CDM}^t$ , где  $N_{CDM}^f$ ,  $N_{CDM}^t$  - натуральные числа,

определяют CDM-группу, причем, при определении CDM-группы, для CDM-группы

задают частотный размер, равный  $K_{\text{CDM}}$  поднесущим, и временной размер, равный  $L_{\text{CDM}}$  OFDM-символам, так что  $K_{\text{CDM}} \cdot L_{\text{CDM}} \cdot N_{\text{CDM}} = N_p$ , при этом ортогональный код (OCC), подлежащий использованию для мультиплексирования  $T_{\text{CDM}} = K_{\text{CDM}} \cdot L_{\text{CDM}}$  CSI-RS сигналов в CDM-группе, является OCC, основывающимся на ортогональном коде Уолша-Адамара (WH-OCC) с длиной кодовой последовательности WH-OCC равной  $T_{\text{CDM}}$ , причем для CDM-группы кодовые последовательности WH-OCC изначально назначаются цифровым портам согласно первому порядку применения, заранее заданному на базовой станции, образуя кодовый набор WH-OCC для CDM-группы, в котором кодовые последовательности WH-OCC упорядочены согласно первому порядку применения,

задают частотно-временное расположение  $N_{\text{CDM}}$  CDM-групп, причем при задании частотно-временного расположения задают расположение  $N_{\text{CDM}}^f$  CDM-групп в частотной области в пределах группы из  $N_{\text{PRB}}$  PRB и расположение  $N_{\text{CDM}}^t$  CDM-групп во временной области в пределах группы из  $N_{\text{TTI}}$  слотов, и

для каждого уровня иерархии, задают CDM-подгруппу, ресурсные элементы которой составляют часть ресурсных элементов упомянутой определенной CDM-группы, и соответствующий кодовый поднабор WH-OCC, причем кодовые последовательности WH-OCC кодового поднабора WH-OCC изначально назначаются объединенным портам согласно первому порядку применения,

при этом структура CSI-RS является повторяющейся по группам PRB;

на базовой станции переупорядочивают кодовые последовательности WH-OCC в кодовом наборе WH-OCC CDM-группы в соответствии со вторым порядком применения, определяемым посредством применения перестановки в бит-реверсивном порядке к соответствующим индексам кодовых последовательностей WH-OCC CDM-группы, отвечающим первому порядку применения;

сигнализируют с базовой станции информацию об упомянутой определенной структуре CSI-RS на по меньшей мере одно пользовательское устройство (UE) в системе беспроводной связи; и

на пользовательском устройстве выполняют оценку канала в отношении объединенных портов, соответствующих конкретному уровню иерархии, на основе CDM-подгруппы и кодового поднабора WH-OCC, соответствующих этому конкретному уровню иерархии, при этом кодовый поднабор WH-OCC переупорядочивается согласно второму порядку применения.

32. Способ по п. 31, в котором базовая станция выполнена с возможностью осуществлять, с каждого антенного порта решетки, передачу сигнала с одной из первой поляризации и второй поляризации, причем первая поляризация и вторая поляризация являются ортогональными, при этом упомянутая иерархия сформирована посредством виртуального иерархического разбиения антенной решетки базовой станции на подрешетки, причем на  $r$ -м уровне иерархии,  $1 < r \leq \log_2(N_p/2)$ , антенная решетка разбита на  $M_d^r$  одинаковых подрешеток, при этом каждая подрешетка имеет размеры  $M_1^r \times M_2^r$ , где  $M_1^r$  - количество антенных портов в подрешетке по первой пространственной размерности,  $M_2^r$  - количество антенных портов в подрешетке по второй пространственной размерности,  $M_1^r \geq M_2^r$ ,  $M_1^r \cdot M_2^r = M_p^r$ ,  $M_p^r \cdot M_d^r = N_p/2$ , причем каждая подрешетка  $r$ -го уровня иерархии состоит из двух подрешеток  $(r-1)$ -го уровня иерархии,

так что  $M_1^r = 2 \cdot M_1^{r-1}$  или  $M_2^r = 2 \cdot M_2^{r-1}$ , при этом подрешетка на первом уровне иерархии ( $r=1$ ) имеет размеры  $M_1^1 = 2$ ,  $M_2^1 = 1$ , причем каждая подрешетка на  $r$ -м уровне иерархии,  $1 \leq r \leq \log_2(N_p/2)$ , представляет объединенный порт, объединяющий  $M_p^r$  цифровых портов базовой станции.

33. Способ по п. 32, в котором в упомянутом иерархическом разбиении задействуются не более двух уровней иерархии:  $r=1$  и/или  $r=2$ .

34. Способ по п. 32 или 33, в котором при упомянутом задании расположения CDM-групп в частотной области, для каждой из  $N_{CDM}^f$  CDM-групп задают индекс  $k$  начальной поднесущей в структуре CSI-RS, и при упомянутом задании расположения CDM-групп во временной области, для каждой из  $N_{CDM}^t$  CDM-групп задают индекс  $l$  стартового OFDM-символа в структуре CSI-RS;

упомянутое повторение структуры CSI-RS осуществляется с заданной плотностью  $\rho$ , при этом

структура CSI-RS повторяется с каждой последовательной группой PRB ( $\rho=1$ ), либо структура CSI-RS повторяется по группам PRB только на тех PRB, которые выделены на базовой станции для передачи CSI-RS ( $\rho < 1$ ).

35. Способ по п. 34, в котором упомянутая информация о структуре CSI-RS содержит, по меньшей мере, указание  $N_{PRB}$ ,  $N_{TTI}$ ,  $N_{CDM}^f$ ,  $N_{CDM}^t$ ,  $K_{CDM}$ ,  $L_{CDM}$ , по меньшей мере некоторых из индексов  $\{k, l\}$ ,  $\rho$ , причем упомянутое сигнализирование осуществляется посредством по меньшей мере одного из DCI, MAC сигнализации и RRC сигнализации.

36. Способ по п. 35, в котором упомянутая информация о структуре CSI-RS дополнительно содержит сведения об упомянутой иерархии, при этом кодовый набор WH-OCC является доступным на пользовательском устройстве, и первый порядок применения заранее задан на пользовательском устройстве или заранее просигнализирован на пользовательское устройство.

37. Способ по п. 36, в котором упомянутое определение CDM-группы содержит выполнение этапа, на котором определяют  $i$ -ю CDM-группу семейства CDM-групп посредством дублирования  $(i-1)$ -й CDM-группы семейства по частоте или времени, где  $i$  - натуральное число,  $i > 1$ , при этом,

если упомянутое дублирование осуществляется по частоте, то  $K_{CDM}^i = 2 \cdot K_{CDM}^{i-1}$ , причем две  $(i-1)$ -х CDM-группы семейства в составе  $i$ -й CDM-группы семейства разделены заданным интервалом из  $gap_f^i$  поднесущих, где  $gap_f^i$  - неотрицательное целое число, или

если упомянутое дублирование осуществляется по времени, то  $L_{CDM}^i = 2 \cdot L_{CDM}^{i-1}$ , причем две  $(i-1)$ -х CDM-группы семейства в составе  $i$ -й CDM-группы семейства разделены заданным интервалом из  $gap_t^i$  OFDM-символов, где  $gap_t^i$  - неотрицательное целое число,

до тех пор, пока  $K_{CDM}^i$  не будет равным  $K_{CDM}$  и  $L_{CDM}^i$  не будет равным  $L_{CDM}$ , при этом упомянутые CDM-подгруппы соответственно представляют собой, по меньшей мере, некоторые CDM-группы семейства CDM-групп.

38. Способ по п. 37, в котором исходной CDM-группой семейства является CDM-группа, состоящая из одного

ресурсного элемента ( $i = 1, K_{\text{CDM}}^1 = L_{\text{CDM}}^1 = 1$ ), при этом значениями  $gap_j^i$  и  $gap_t^i$ ,  $i > 2$ , являются 0, или 1, или 2, причем  $gap_j^2 = gap_t^2 = 0$ , либо

исходной CDM-группой семейства является CDM-группа, состоящая из более одного ресурсного элемента, при этом значениями  $gap_j^i$  и  $gap_t^i$  являются 0, или 1, или 2.

39. Способ по п. 38, в котором упомянутая информация о структуре CSI-RS дополнительно включает в себя указание по меньшей мере некоторых из интервалов  $\{gap_j^i\}$  и/или интервалов  $\{gap_t^i\}$ .

40. Способ по любому одному из пп. 35-39, в котором индексация цифровых портов в структуре CSI-RS задается на базовой станции следующим образом:

$$p = s + \Delta \cdot T_{\text{CDM}},$$

где  $p$  - индекс цифрового порта;  $\Delta = 0, 1, \dots, N_{\text{CDM}} - 1$  - порядковый индекс CDM-группы в структуре CSI-RS;  $s = f_{\text{BR}}(t_{\text{CDM}})$ , где  $t_{\text{CDM}} = 0, 1, \dots, T_{\text{CDM}} - 1$  - индекс кодовой последовательности WH-OCC в CDM-группе согласно первому порядку применения,  $f_{\text{BR}}(t_{\text{CDM}})$  - функция перестановки в бит-реверсивном порядке, обеспечивающая преобразование десятичного представления индекса  $t$  в двоичное представление, инвертирование порядка битов в двоичном представлении и преобразование инвертированного двоичного представления в десятичное представление индекса  $s$ , причем назначение кодовых последовательностей WH-OCC цифровым портам в CDM-группе согласно индексам  $\{s\}$  соответствует второму порядку применения.

41. Способ по п. 40, в котором по меньшей мере одно из  $N_{\text{PRB}}$ ,  $N_{\text{TTI}}$  больше 1, при этом CDM-группы индексируются в структуре CSI-RS сквозным образом по принципу: 'сначала по частоте - потом по времени' по всей структуре CSI-RS, или 'сначала по времени - потом по частоте' по всей структуре CSI-RS, или 'сначала по частоте - потом по времени' внутри каждого PRB/слота, с переходом между PRB/слотами по принципу 'сначала по времени - потом по частоте', или 'сначала по частоте - потом по времени' внутри PRB/слота, с последующим переходом между PRB/слотами по принципу 'сначала по частоте - потом по времени'; первый порядок применения кодовых последовательностей WH-OCC в CDM-группе реализован по принципу 'сначала по частоте - потом по времени'.

42. Способ по п. 40 или 41, в котором на  $r$ -м уровне иерархии индексация цифровых портов по антенной решетке базовой станции задается следующим образом:

$$p = x \cdot M_d^r \cdot M_p^r + j^r \cdot M_p^r + k^r,$$

где  $p$  - индекс цифрового порта по антенной решетке,  $x = 0$  для первой поляризации и  $x = 1$  для второй поляризации,  $j^r = 0, 1, \dots, M_d^r - 1$  - порядковый индекс подрешетки в антенной решетке,  $k^r = 0, 1, \dots, M_p^r - 1$  - порядковый индекс антенного порта в подрешетке, при этом подрешетки индексируются по антенной решетке по принципу 'сначала по первой размерности - потом по второй размерности' и антенные порты индексируются в подрешетке по принципу 'сначала по первой размерности - потом по второй размерности'.

43. Способ по п. 42, в котором упомянутая информация о структуре CSI-RS дополнительно содержит сведения об упомянутых индексации цифровых портов по структуре CSI-RS и индексации цифровых портов по антенной решетке.

44. Способ по любому одному из пп. 31-43, в котором базовая станция выполнена с возможностью осуществления передачи CSI-RS сигналов одновременно на наборе

компонентных несущих (СС), при этом упомянутый способ выполняется для каждой из набора компонентных несущих.

45. Базовая станция (BS) в системе беспроводной связи, содержащая по меньшей мере:

- 5     приемопередающие устройства;  
      устройства обработки данных; и

      устройства хранения данных, в которых сохранены машиноисполняемые коды, которыми при их исполнении устройствами обработки данных обеспечивается выполнение базовой станцией способа по любому одному из пп. 1-14, 17-28.

- 10    46. Машиночитаемый носитель информации, на котором сохранены машиноисполняемые коды, которые при их исполнении по меньшей мере одним устройством обработки данных базовой станции (BS) в системе беспроводной связи предписывают базовой станции выполнять способ по любому одному из пп. 1-14, 17-28.

- 15    47. Система беспроводной связи, содержащая базовую станцию (BS), содержащую по меньшей мере: приемопередающие устройства, устройства обработки данных и устройства хранения данных, причем базовая станция выполнена с возможностью осуществления связи с пользовательским устройством (UE), содержащим по меньшей мере: приемопередающие устройства, устройства обработки данных и устройства хранения данных, при этом в устройстве хранения данных базовой станции сохранены машиноисполняемые коды и в устройстве хранения данных пользовательского устройства сохранены машиноисполняемые коды, причем при исполнении машиноисполняемых кодов устройствами обработки данных базовой станции и пользовательского устройства обеспечивается выполнение способа по любому одному
- 20  
25    из пп. 31-44.

30

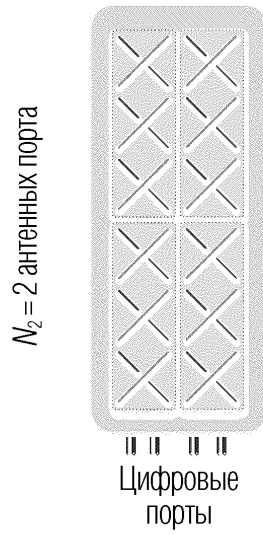
35

40

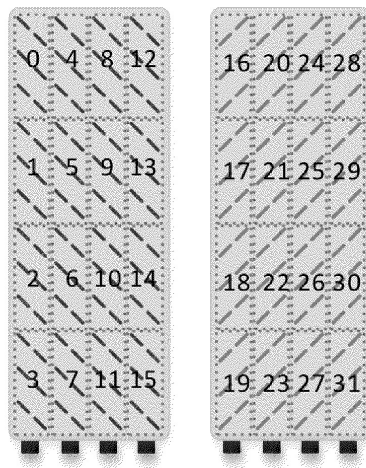
45

1/11

$N_1 = 2$  антенных порта



ФИГ. 1

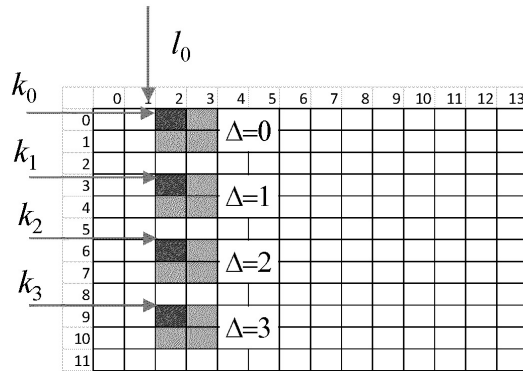


ФИГ. 2А

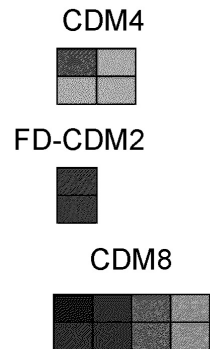
2/11



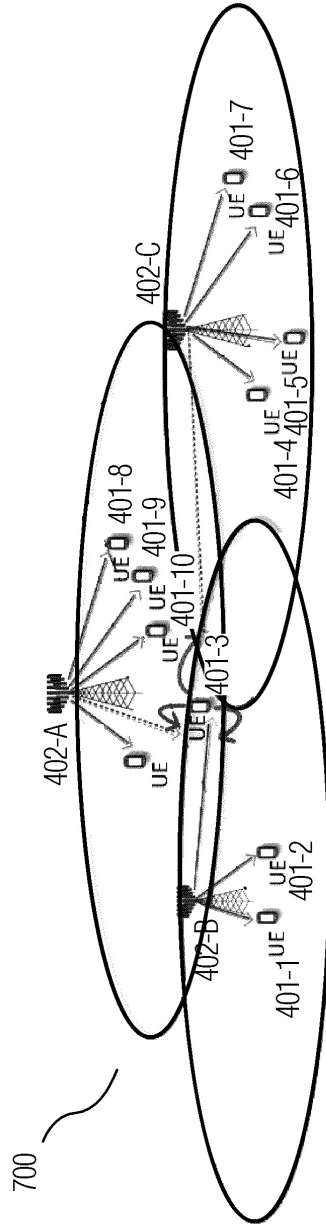
ФИГ. 2В



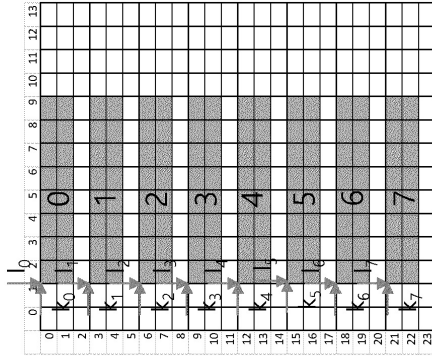
ФИГ. 3А



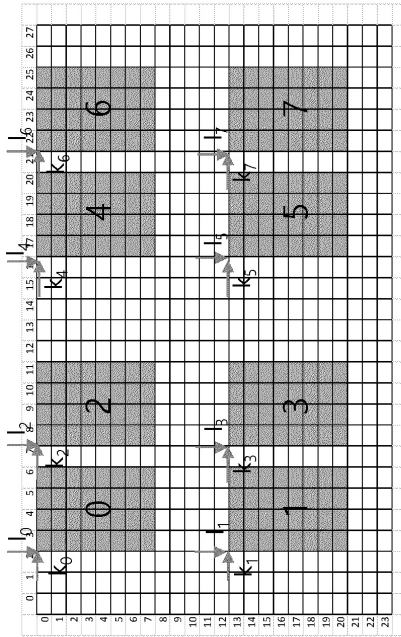
ФИГ. 3В



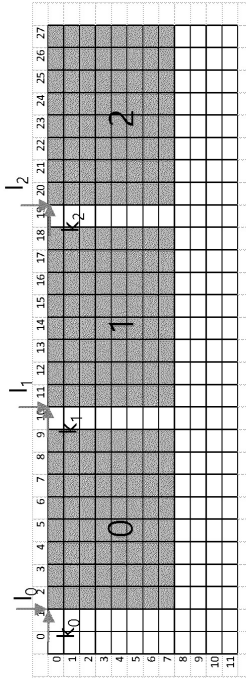
ФИГ. 4



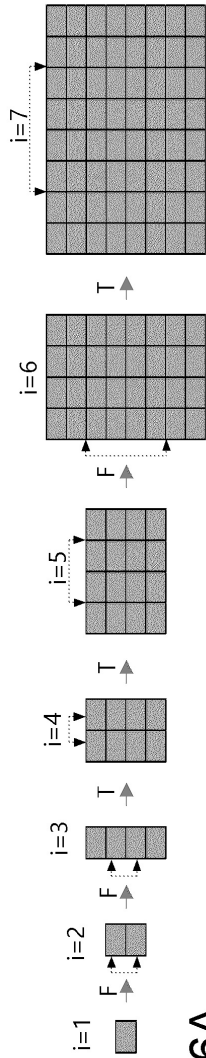
ФИГ. 5В



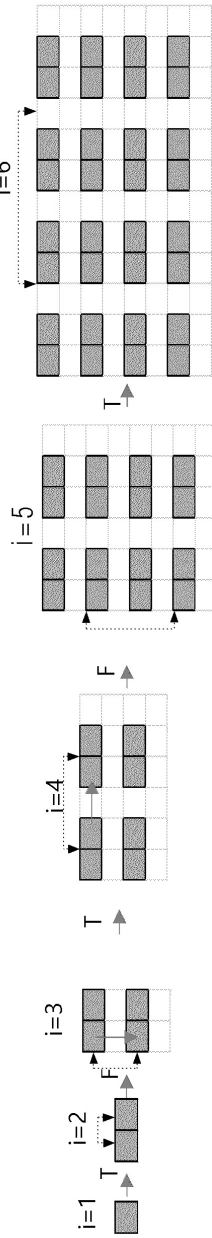
ФИГ. 5А



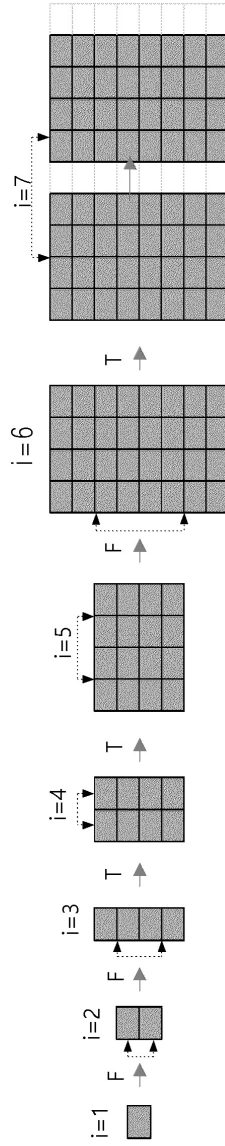
ФИГ. 5С



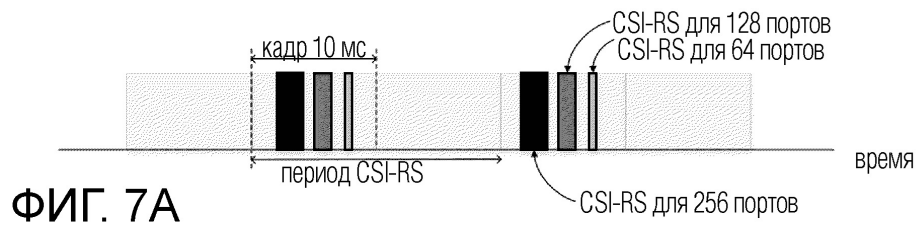
ФИГ. 6А



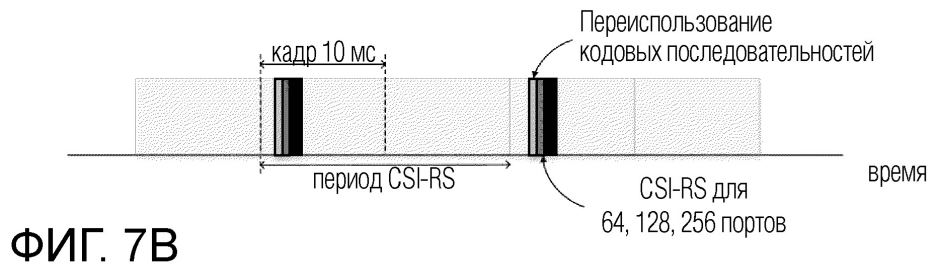
ФИГ. 6В



ФИГ. 6С

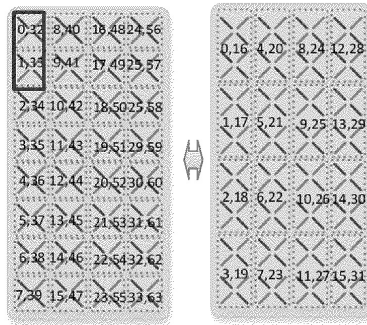


ФИГ. 7А

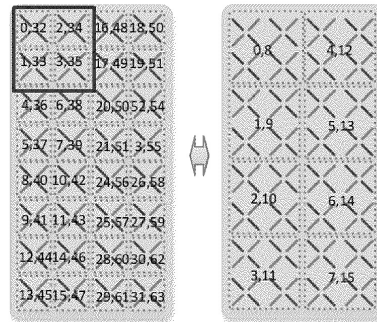


ФИГ. 7В

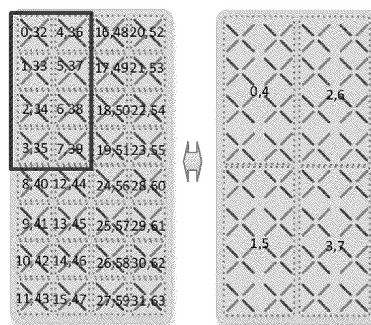
7/11



ФИГ. 8А

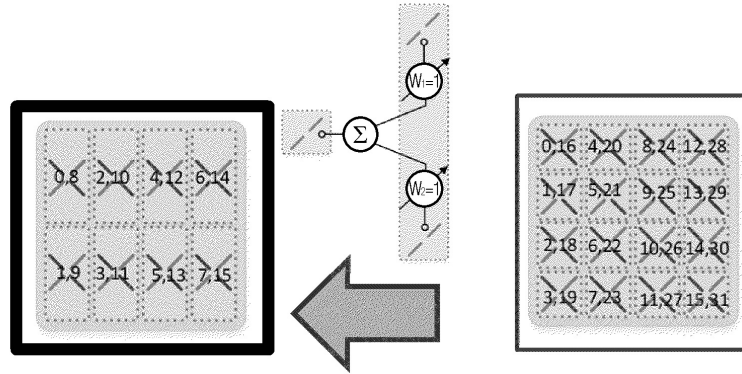


ФИГ. 8В

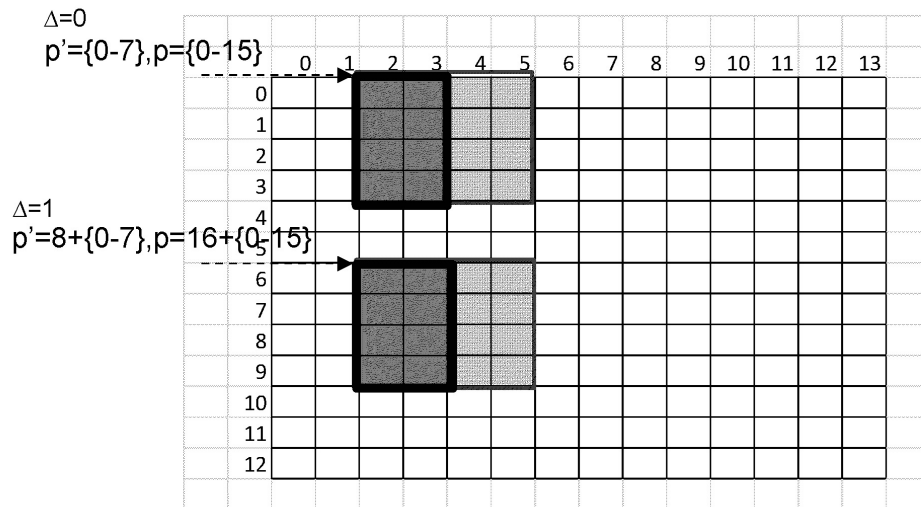


ФИГ. 8С

8/11

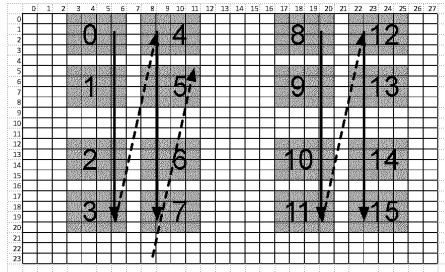


ФИГ. 9А

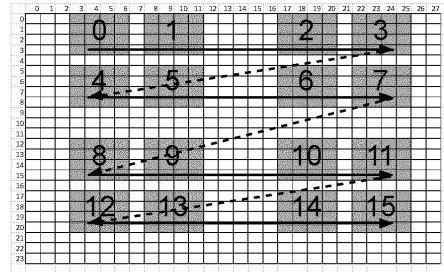


ФИГ. 9В

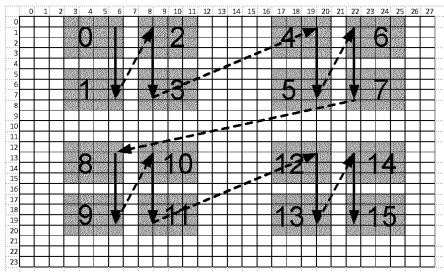
9/11



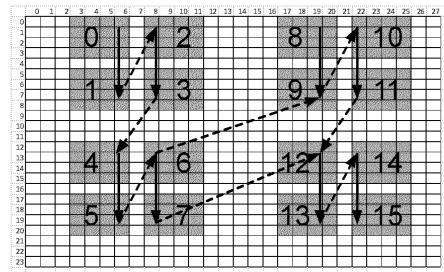
ФИГ. 10А



ФИГ. 10С



ФИГ. 10В



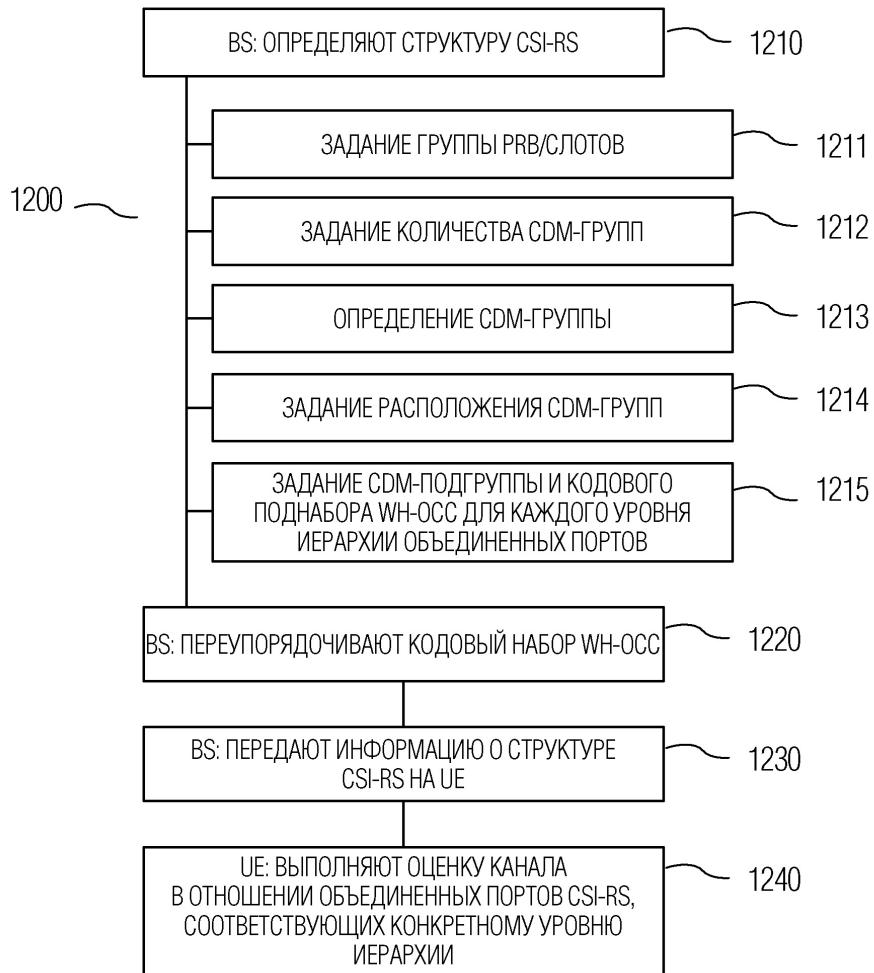
ФИГ. 10D

10/11



ФИГ. 11

11/11



ФИГ. 12