



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2012110200/07**, **17.08.2009**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.08.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **17.08.2009**(45) Опубликовано: **27.09.2013** Бюл. № **27**(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **WO 2007/051192 A2**, **03.05.2007**. **RU 2233010 C2**, **20.07.2004**. **RU 2232472 C2**, **10.07.2004**. **CN 101217304 A**, **09.07.2008**. **CN 101330486 A**, **24.12.2008**. **CN 101207600 A**, **25.06.2008**.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: **19.03.2012**(86) Заявка РСТ:
CN 2009/073310 (17.08.2009)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2011/020235 (24.02.2011)

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

**ЧЖАН Сяобо (CN),
Ю Минли (CN)**

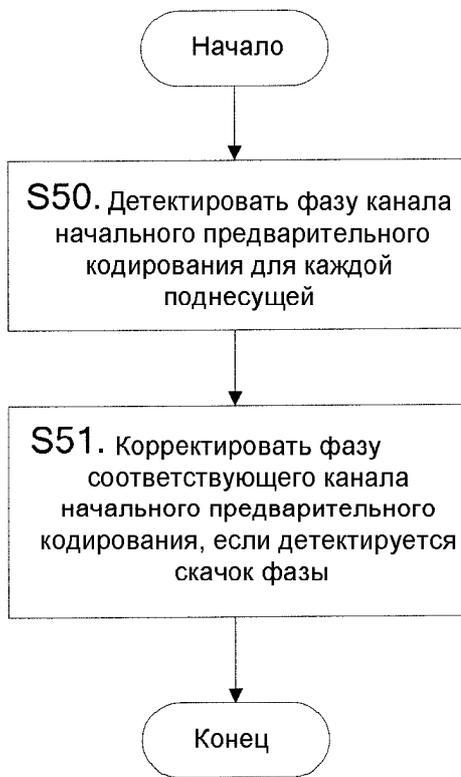
(73) Патентообладатель(и):

АЛЬКАТЕЛЬ ЛЮСЕНТ (FR)**(54) СПОСОБ И АССОЦИИРОВАННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ
КОГЕРЕНТНОСТИ КАНАЛА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО КОДИРОВАНИЯ В СЕТИ СВЯЗИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике связи. Технический результат состоит в повышении точности предварительного кодирования. Для этого во время предварительного кодирования учитывается когерентность канала и пропускная способность системы. Базовая станция корректирует фазу и/или амплитуду матрицы предварительного кодирования, соответствующую каждому предварительно закодированному единичному блоку, для сохранения когерентности ассоциированной информации всего канала предварительного кодирования. Ассоциированная информация канала предварительного кодирования

включает в себя, например, информацию о состоянии канала (CSI) или матрицу собственных значений канала предварительного кодирования. После этого мобильный терминал выполняет оценку канала на основании опорных сигналов нескольких предварительно закодированных единичных блоков, таким образом, устраняя ограничение предшествующего уровня техники в том, что мобильный терминал может выполнять оценку канала только в пределах одного или более ресурсных блоков, ограниченных степенью детализации предварительного кодирования. 2 н. и 13 з.п. ф-лы, 11 ил.



ФИГ. 5

RU 2 4 9 4 5 4 1 C 1

RU 2 4 9 4 5 4 1 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2012110200/07, 17.08.2009**

(24) Effective date for property rights:
17.08.2009

Priority:

(22) Date of filing: **17.08.2009**

(45) Date of publication: **27.09.2013 Bull. 27**

(85) Commencement of national phase: **19.03.2012**

(86) PCT application:
CN 2009/073310 (17.08.2009)

(87) PCT publication:
WO 2011/020235 (24.02.2011)

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**ChZhAN Sjaobo (CN),
Ju Minli (CN)**

(73) Proprietor(s):

AL'KATEL' LJuSENT (FR)

(54) METHOD AND ASSOCIATED DEVICE FOR MAINTAINING PRECODING CHANNEL COHERENCE IN COMMUNICATION NETWORK

(57) Abstract:

FIELD: radio engineering, communication.

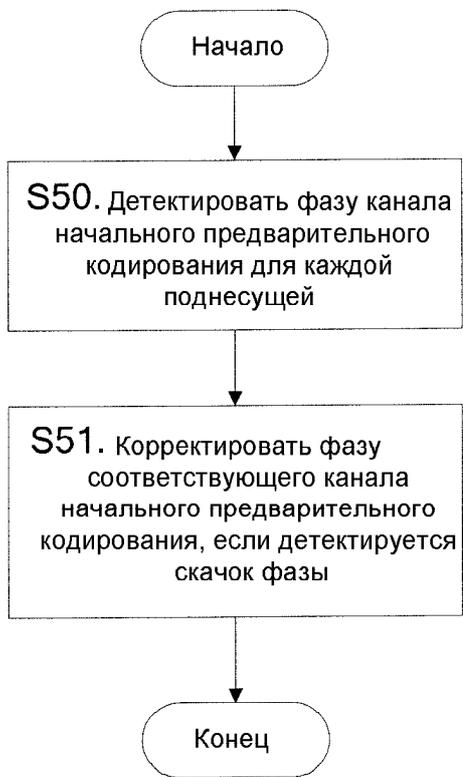
SUBSTANCE: during precoding, channel coherence and system capacity are taken into account. A base station adjusts phase and/or amplitude of a precoding matrix corresponding to each precoded unit to maintain coherence of associated information of the entire precoding channel. The associated information of the precoding channel includes, for example, channel status information (CSI) or eigenvalue matrix of the precoding channel. Further, a mobile terminal performs channel estimation based on reference signals of multiple precoded units, thereby eliminating the limitation in prior art that a mobile terminal can perform channel estimation only within one or more resource blocks limited by a precoding granularity.

EFFECT: high accuracy of precoding.

15 cl, 11 dwg

R U 2 4 9 4 5 4 1 C 1

R U 2 4 9 4 5 4 1 C 1



ФИГ. 5

RU 2 4 9 4 5 4 1 C 1

RU 2 4 9 4 5 4 1 C 1

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Настоящее изобретение относится к системе беспроводной связи и, в частности к способу обработки матрицы предварительного кодирования в базовой станции и ассоциированному устройству.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Предварительное кодирование, основанное не на кодовой книге, является перспективной технологией для дуплексных систем улучшенного стандарта долгосрочного развития (LTE-A) с временным разделением (TDD) благодаря внутренней взаимности канала, а именно симметрии между частотой восходящей линии связи и частотой нисходящей линии связи. В данной отрасли широко принимается предположение о взаимности нисходящей линии связи и восходящей линии связи, и на основании этого предположения эффективно выполняется оценка канала.

В случае предварительного кодирования, основанного не на кодовой книге, матрицу предварительного кодирования получают на передающей стороне. Передающая сторона использует объявленную информацию о состоянии канала (CSI) для вычисления матрицы предварительного кодирования. Общепринятые способы вычисления матрицы предварительного кодирования включают в себя сингулярное разложение (SVD), однородное канальное разложение (UCD) и QR-алгоритм.

Фиг.1 представляет собой структурную схему, которая изображает передатчик и приемник в основанной на разложении SVD системе с множеством входов - множеством выходов (MIMO). Учитывая, что передатчик базовой станции 1 имеет N антенн, а приемник мобильного терминала 2 имеет M антенн, размерность эффективной информации CSI восходящей линии связи, то есть пространственной матрицы канала, равна $M \times N$, и пространственная матрица канала может быть обозначена как $H_{M \times N}$. Матрица $H_{M \times N}$ обрабатывается согласно разложению SVD, показанному в формуле (1):

$$H = UDV^H \quad (1)$$

где U и V являются соответственно матрицей левого сингулярного вектора и матрицей правого сингулярного вектора матрицы H . Обе матрицы U и V являются унитарными матрицами, следовательно, $UU^H = I = VV^H$, где I является единичной матрицей и $(\cdot)^H$ обозначает эрмитову операцию, приводящую к транспонированному комплексному сопряжению. Из этого следует, что $U \in C^{N \times N}$, то есть размерность U равна $N \times N$, и что $V \in C^{M \times M}$, то есть размерность V равна $M \times M$. Ранг r матрицы H информации CSI удовлетворяет условию $r \leq \min(M, N)$. Диагональная матрица D может быть представлена в виде $D = \begin{bmatrix} D^r & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} \end{bmatrix}_{N \times M}$, где $D^r = \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_r)$ и λ_i является сингулярными значениями H в порядке убывания, то есть $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_r$.

Матрица V правого сингулярного вектора, полученная после разложения SVD, является линейной матрицей предварительного кодирования. Каждый столбец матрицы V называется собственным вектором $H^H H$, который связан с собственной модой канала связи. Если требуется самоадаптация ранга, векторы столбца, соответствующие большим сингулярным значениям, выбираются из матрицы V правого сингулярного вектора для составления матрицы предварительного кодирования.

Предварительное кодирование не на основе кодовой книги требует выделенного пилот-сигнала, что означает, что символы данных и пилот-символы предварительно

кодируются совместно. Таким образом, приемная сторона может получить эффективный канал после предварительного кодирования, только посредством выполнения оценки канала, тем самым облегчая модуляцию данных.

5 Так как точная информация CSI может быть получена благодаря взаимности между восходящей линией связи и нисходящей линией связи в системе TDD, предварительное кодирование не на основе кодовой книги может обеспечить дополнительное усиление предварительного кодирования. В целом и теоретически, чем меньше степень детализации предварительного кодирования, тем выше становится соответствующее
10 усиление предварительного кодирования. Степень детализации предварительного кодирования определяется как единичный блок, подлежащий предварительному кодированию, например один или более ресурсных блоков (RB). Фиг.2 изображает производительность предварительного кодирования, соответствующую различным степеням детализации предварительного кодирования в случае однослойного формирования луча. Как показано, для одинакового отношения сигнала к
15 шуму (SNR), чем меньше используемая степень детализации предварительного кодирования, тем больше становится производительность системы. Степень детализации предварительного кодирования равная 10 означает, что 10 ресурсных блоков используют одну и ту же матрицу предварительного кодирования. Однако
20 есть разница между характеристиками канала, соответствующими этим 10 ресурсным блокам. Поэтому, чем больше установлена степень детализации предварительного кодирования, тем менее точно матрица предварительного кодирования взвешивает все ресурсные блоки в степени детализации предварительного кодирования,
25 соответствующей фактическому состоянию каждого ресурсного блока в предварительно закодированном блоке. Следовательно, принимая во внимание соответствие матрицы предварительного кодирования и канала, желательно иметь меньшую степень детализации предварительного кодирования, чтобы получить
30 большее усиление предварительного кодирования.

Однако в реальной системе на увеличение производительности предварительного кодирования влияет ошибка оценки канала (3GPP (проект партнерства по созданию сетей третьего поколения) R1-092794). Так как меньшая степень детализации предварительного кодирования использует более низкую мощность опорного
35 сигнала (RS), точность оценки канала уменьшается. Поэтому, соответствующим образом выбранная степень детализации предварительного кодирования неизбежно влияет на производительность системы. Кроме того, выбор степени детализации предварительного кодирования также является важной проблемой для системы с
40 многопользовательским множественным входом - множественным выходом (MU-MIMO) или системы множества скоординированных точек (CoMP), чувствительных к различным многолучевым задержкам между различным пользовательским оборудованием или сотами.

Вышеупомянутое заключение основывается на том факте, что оценка канала может
45 быть выполнена только в пределах степени детализации предварительного кодирования. Это происходит потому, что каждая степень детализации предварительного кодирования соответствует отличающейся матрице предварительного кодирования, а отличающаяся матрица предварительного
50 кодирования нарушит когерентность канала между множеством предварительно закодированных единичных блоков. Поэтому, принимая во внимание точность предварительного кодирования, желательно иметь меньшую степень детализации предварительного кодирования. С другой стороны, принимая во внимание оценку

канала, желательно иметь большую степень детализации предварительного кодирования. Следовательно, эти два фактора накладывают ограничения друг на друга.

5 В решении предшествующего уровня техники базовая станция динамически контролирует канал для получения его статуса в реальном времени, и затем выбирает соответствующую степень детализации предварительного кодирования согласно информации, например, когерентности канала, отношение сигнала к шуму и помехам (SINR) и т.д. Затем базовая станция передает выбранную степень детализации
10 предварительного кодирования мобильному терминалу. Мобильный терминал выполняет оценку канала согласно этой индикации в пределах ресурсных блоков, ограниченных степенью детализации предварительного кодирования. Терминал должен быть уведомлен относительно такой индикации в реальном времени. Таким образом, используется много частотно-временных ресурсов.

15 РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение анализирует когерентность канала среди множества предварительно закодированных единичных блоков. Так называемая когерентность является статистической характеристикой канала, то есть частотно-избирательной и
20 переменной во времени характеристикой канала. Кроме того, настоящее изобретение обеспечивает способ когерентного частотно-временного предварительного кодирования (CTFP). Этот способ учитывает как когерентность канала, так и производительность системы. Базовая станция (улучшенный узел B (eNB)) корректирует фазу и/или амплитуду матрицы предварительного кодирования,
25 соответствующую каждому предварительно закодированному единичному блоку для сохранения когерентности ассоциированной информации всего канала предварительного кодирования. Ассоциированная информация канала предварительного кодирования включает в себя, например, информацию CSI или матрицу собственных значений канала предварительного кодирования. После этого
30 мобильный терминал выполняет оценку канала на основании опорных сигналов нескольких предварительно закодированных единичных блоков, таким образом, устраняя ограничение предшествующего уровня техники в том, что мобильный терминал может выполнять оценку канала только в пределах одного или более
35 ресурсных блоков, ограниченных степенью детализации предварительного кодирования. Другими словами, базовая станция может использовать как можно меньшую степень детализации предварительного кодирования без ущерба для оценки канала со стороны мобильного терминала.

40 Согласно первому аспекту настоящего изобретения обеспечен способ передачи пилот-сигнала и/или данных, взвешенных посредством матрицы предварительного кодирования в базовой станции системы беспроводной связи, при этом базовая станция получает информацию о состоянии канала. Способ включает в себя этапы, на
45 которых выполняют матричное разложение информации о состоянии канала для получения начальной матрицы предварительного кодирования, при этом начальная матрица предварительного кодирования не является единственной; выполняют линейное преобразование начальной матрицы предварительного кодирования так, что информация, ассоциированная с каналом скорректированного предварительного
50 кодирования при условии взвешивания с линейно преобразованной матрицей предварительного кодирования, сохраняет когерентность; передают мобильному терминалу пилот-сигнал и/или данные, взвешенные посредством линейно преобразованной матрицы предварительного кодирования.

Согласно второму аспекту настоящего изобретения обеспечено устройство обработки для передачи пилот-сигнала и/или данных, взвешенных посредством матрицы предварительного кодирования в базовой станции системы беспроводной связи, при этом базовая станция получает информацию о состоянии канала.

Устройство включает в себя средство получения начальной матрицы предварительного кодирования для выполнения матричного разложения информации о состоянии канала для получения начальной матрицы предварительного кодирования, при этом начальная матрица предварительного кодирования не является единственной; средство корректирования для выполнения линейного преобразования начальной матрицы предварительного кодирования так, что информация, связанная с каналом скорректированного предварительного кодирования при условии взвешивания с линейно преобразованной матрицей предварительного кодирования, сохраняет когерентность; средство передачи для передачи мобильному терминалу пилот-сигнала и/или данных, взвешенных посредством линейно преобразованной матрицы предварительного кодирования.

Решение настоящего изобретения позволяет базовой станции выполнять предварительное кодирование в пределах предварительно закодированного единичного блока меньшей степени детализации предварительного кодирования, таким образом, увеличивая усиление предварительного кодирования. Кроме того, оно позволяет мобильному терминалу выполнять оценку канала на основании опорных сигналов множества предварительно закодированных единичных блоков и, таким образом, устраняет ограничение предшествующего уровня техники в том, что мобильный терминал может выполнять оценку канала только в пределах одного или более частотно-временного ресурсного блока, ограниченного степенью детализации предварительного кодирования, таким образом, улучшая производительность оценки канала мобильного терминала. Кроме того, базовая станция не нуждается в предоставлении мобильному терминалу индикации о степени детализации предварительного кодирования, таким образом, уменьшая соответствующие издержки на сигнализацию. В системе MU-MIMO и системе CoMP это решение позволяет производить выбор оптимальной степени детализации предварительного кодирования между базовой станцией и пользователем без рассмотрения характеристик канала равной по рангу базовой станции или терминала.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Другие особенности, цели и преимущества настоящего изобретения станут более очевидными при изучении следующего подробного описания неограничивающих вариантов осуществления со ссылкой на прилагаемые чертежи, в которых:

Фиг.1 является блок-схемой, изображающей передатчик и приемник в основанной на разложении SVD системе MIMO;

Фиг.2 изображает производительность предварительного кодирования, соответствующую различным степеням детализации предварительного кодирования в случае однослойного формирования луча;

Фиг.3 изображает абсолютное значение амплитуды канала после предварительного кодирования с начальной матрицей предварительного кодирования;

Фиг.4 изображает фазу канала после предварительного кодирования с начальной матрицей предварительного кодирования;

Фиг.5 представляет собой блок-схему последовательности операций, которая изображает способ согласно варианту осуществления настоящего изобретения;

Фиг.6 изображает кривую канала, соответствующую кривой на Фиг.4 после

поворота фаз;

Фиг. 7 и 8 изображают кривую характеристики канала во временной области, полученную преобразованием области для канала на Фиг. 6;

Фиг. 9 представляет собой блок-схему последовательности операций, которая изображает способ согласно другому варианту осуществления настоящего изобретения;

Фиг. 10 представляет собой блок-схему, которая изображает устройство согласно варианту осуществления настоящего изобретения;

Фиг. 11 представляет собой блок-схему, которая изображает устройство согласно другому варианту осуществления настоящего изобретения.

Идентичные или подобные условные обозначения на чертежах обозначают идентичные или подобные компоненты.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Следующая формула может быть получена путем выполнения сингулярного разложения матрицы канала системы MIMO:

$$H_i = U_i D_i V_i^H \quad (2)$$

где i является индексом предварительно закодированного единичного блока, D_i является матрицей собственных значений, то есть матрицей особых значений, и V_i^H является эрмитовым преобразованием V_i . Как известно, взвешивающие матрицы U_i и V_i разложения SVD не являются единственными. Например, формула (1) не изменится, если первые столбцы или идентичные столбцы U_i и V_i^H повернутся на $\pi \pm 2k\pi$.

Например, рассматривая случай двух передающих антенн (TX) и двух приемных антенн (RX), Фиг. 3 и 4 являются выражением в частотной области для канала начального предварительного кодирования (каждой поднесущей) после предварительного кодирования с начальной матрицей предварительного кодирования для типичной пространственной модели канала (SCM). Фиг. 3 изображает абсолютное значение амплитуды канала начального предварительного кодирования после предварительного кодирования с начальной матрицей предварительного кодирования, а Фиг. 4 изображает фазу канала начального предварительного кодирования после предварительного кодирования с начальной матрицей предварительного кодирования.

На Фиг. 3 и 4 h_{11} представляет собой импульсную характеристику канала от антенны TX1 к антенне RX1, h_{12} представляет собой импульсную характеристику канала от антенны TX1 к антенне RX2, h_{21} представляет собой импульсную характеристику канала от антенны TX2 к антенне RX1 и h_{22} представляет собой импульсную характеристику канала от антенны TX2 к антенне RX2. Матрица канала равна $H_i = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix}$. В этом варианте осуществления, матрица V_i , полученная после

выполнения разложения SVD матрицы канала на основании формулы (1), служит в качестве начальной матрицы предварительного кодирования канала, соответствующего каждому предварительно закодированному единичному блоку.

Поэтому начальный канал предварительного кодирования $H_{i,p0} = H_i V_i = U_i D_i V_i^H V_i = U_i D_i$, где $i=0, 1, 2, 3, \dots, 120$ представляет собой индекс степени детализации предварительного кодирования, $p0$ представляет собой начальный канал предварительного кодирования.

На Фиг. 3 и 4, используется алгоритм оценки канала, основанный на дискретном преобразовании Фурье (DFT) для оценки параметров канала. Как легко видеть, абсолютное значение амплитуды канала начального предварительного кодирования

является когерентным/гладким, но есть некоторые точки скачков или сегменты скачков на фазовой кривой. Кроме того, один столбец (например, собственный вектор) начального канала предварительного кодирования имеет тот же самый сегмент изменения.

5 На Фиг.3 и 4 в иллюстративных целях каждая поднесущая использует подканал предварительного кодирования, соответствующий различному разложению SVD. Другими словами, степень детализации предварительного кодирования, показанная на Фиг.3 и 4, является одной поднесущей. Для предварительного кодирования каждого
10 ресурсного блока, возможные точки скачков встречаются между краями двух соседних ресурсных блоков. Когда предварительно закодированный единичный блок включает в себя несколько ресурсных блоков, возможные точки скачков встречаются между краями двух соседних предварительно закодированных единичных блоков.

15 Далее описывается, как компенсировать когерентность канала, нарушенную из-за использования матрицы предварительного кодирования, согласно различным вариантам осуществления настоящего изобретения.

А. Сохранить канал предварительного кодирования когерентным
Решение 1: Поворот фаз

20 Во-первых, следующее описание предусмотрено для случая, когда предварительно закодированный единичный блок включает в себя, например, одну поднесущую. Специалисту в области техники понятно, что предварительно закодированный единичный блок может включать в себя несколько поднесущих, например один или более ресурсных блоков. В системе мультиплексирования с ортогональным
25 частотным разделением (OFDM) каждый ресурсный блок включает в себя 12 поднесущих.

Сначала получают информацию о состоянии канала. Для системы TDD базовая станция 1 может оценивать канал нисходящей линии связи в соответствии с принятым
30 опорным сигналом восходящей линии связи, переданным мобильным терминалом 2, для получения матрицы канала. В дуплексной системе с частотным разделением (FDD) мобильный терминал 2 измеряет канал нисходящей линии связи и возвращает измерение канала нисходящей линии связи к базовой станции 1, и, таким образом, базовая станция 1 может получить матрицу канала нисходящей линии связи.

35 Затем, базовая станция 1 выполняет разложение матрицы канала нисходящей линии связи для получения начальной матрицы предварительного кодирования. В предпочтительном варианте осуществления используется разложение SVD для получения начальной матрицы V предварительного кодирования. В вариации
40 варианта осуществления для получения начальной матрицы предварительного кодирования Q может быть использовано QR-разложение, где Q представляет собой ортогональную матрицу, а R представляет собой верхнюю треугольную матрицу. Решение этих матричных разложений не является единственным. Поэтому полученная соответствующая матрица предварительного кодирования также не является
45 единственной.

Затем используется матрица поворота фаз для сохранения когерентности канала, предварительно закодированного с помощью начальных матриц предварительного кодирования, соответствующих нескольким различным предварительно
50 закодированным единичным блокам. Поэтому новая матрица предварительного кодирования представляется следующим выражением:

$$F_1 = V_1 G_1 \quad (3)$$

где G_1 является диагональной матрицей, используемой для корректировки фазы

канала начального предварительного кодирования $U_i D_i$ так, что когерентность канала между несколькими предварительно закодированными единичными блоками восстанавливается.

Фиг.5 представляет собой блок-схему последовательности операций, которая изображает способ согласно варианту осуществления настоящего изобретения.

На этапе S50 базовая станция 1 детектирует фазу канала начального предварительного кодирования для каждой поднесущей и получает фазу канала начального предварительного кодирования для поднесущей, граничащей с каждой поднесущей. Например, базовая станция 1 анализирует фазу одной поднесущей, в дальнейшем называемую целевой поднесущей.

Затем на этапе S51 базовая станция 1 сравнивает разность между фазой канала начального предварительного кодирования для целевой поднесущей и фазой канала скорректированного (начального) предварительного кодирования для соседней поднесущей с $(-2^\pi, -\pi, 0, \pi, 2^\pi)$. В некоторых случаях соседняя поднесущая непосредственно предшествует целевой поднесущей. Если разность ближе всего к 0 или $\pm 2^\pi$, то из этого следует, что фаза канала начального предварительного кодирования для целевой поднесущей не совершила скачок относительно фазы канала скорректированного (начального) предварительного кодирования для непосредственно предшествующей поднесущей; в противном случае, если разность ближе всего к $\pm \pi$, то из этого следует, что фаза канала начального предварительного кодирования для целевой поднесущей совершила скачок относительно фазы канала скорректированного (начального) предварительного кодирования для непосредственно предшествующей поднесущей. Например, разность между, с одной стороны, h_{11} и h_{21} в канале начального предварительного кодирования, для i равного 1, и, с другой стороны, h_{11} и h_{21} в канале начального предварительного кодирования, для i равного 0, ближе всего к π , в то время как разности между, с одной стороны, h_{12} и h_{22} в канале начального предварительного кодирования, для i равного 1, и, с другой стороны, h_{12} и h_{22} в канале начального предварительного кодирования, для i равного 0, ближе всего к 2^π , и тогда диагональная матрица G_1 составляется в виде $G_1 = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$.

Следовательно, канал H_{1p1} скорректированного предварительного кодирования, взвешенный посредством матрицы предварительного кодирования, преобразованной посредством диагональной матрицы G_1 , делает H_{1p1} и H_{0p1} непрерывными, где нижний индекс $p1$ представляет собой скорректированный канал предварительного кодирования. Затем фаза канала начального предварительного кодирования для второй поднесущей сравнивается с фазой канала скорректированного начального предварительного кодирования для первой поднесущей. В общем случае, $H_{ip1} = H_i V_i G_i = U_i D_i V_i^H V_i G_i = U_i D_i G_i$, где G_i делает непрерывной фазу скорректированной матрицы предварительного кодирования i -го предварительно закодированного единичного блока и фазу скорректированной матрицы предварительного кодирования $(i-1)$ -го предварительно закодированного единичного блока.

Когда предварительно закодированный единичный блок включает в себя несколько поднесущих, каналы предварительного кодирования, соответствующие поднесущим с одинаковым индексом в пределах различных предварительно закодированных единичных блоков, сравниваются, потому что каждая поднесущая в одном и том же предварительно закодированном единичном блоке использует одну и ту же матрицу

предварительного кодирования. Например, на этапе S50 базовая станция 1 детектирует фазу канала начального предварительного кодирования для первой поднесущей в каждом предварительно закодированном единичном блоке. Затем, в соответствии с фазой канала начального предварительного кодирования для первой поднесущей в i -ом предварительно закодированном единичном блоке и фазой канала скорректированного (начального) предварительного кодирования для первой поднесущей в $(i-1)$ -ом предварительно закодированном единичном блоке, если найден разрыв фазы, то на этапе S51 соответственно корректируется фаза каждой поднесущей в i -ом предварительно закодированном единичном блоке.

Фиг.6 изображает кривую канала, соответствующую кривой на Фиг.4, после поворота фаз.

Из-за сложности мобильной среды сигнал от передатчика к приемнику обычно включает в себя несколько компонентов сигнала, возникающих в результате отражения, дифракции и т.д. И различные компоненты сигнала достигают приемника, имея различную мощность, время прибытия и направление, которые сильно отличаются в различных средах. Из-за различного времени прибытия различных многолучевых компонентов, принятый сигнал уширяется во временной области.

Основная особенность многолучевого распространения состоит в том, что каждый маршрут сигналов, достигающих приемника, имеет различные коэффициенты ослабления и задержки. Уширение во временной области принятого сигнала называют уширением из-за задержки, которое непосредственно отражает избирательность канала по частоте (различные спектры частот сигнала имеют разную мощность).

Уширение из-за задержки определяется как максимальная задержка среди нескольких путей. Поэтому далее рассматриваются характеристики во временной области канала предварительного кодирования с повернутой фазой, то есть канала скорректированного предварительного кодирования.

Сравниваются статистические характеристики канала предварительного кодирования с повернутой фазой и канала без предварительного кодирования. Принимая во внимание когерентность канала в частотной области, настоящее описание изобретения использует предварительное кодирование каждого ресурсного блока с повернутой фазой для приближения к более практически вероятному сценарию. Канал предварительного кодирования с повернутой фазой преобразуется во временную область (это соответствует обратному преобразованию Фурье (IFFT) по 120 точкам, выделенным для 10 ресурсных блоков). Наблюдаемые статистические характеристики показаны на Фиг.7 и 8.

Как показано на Фиг.7 и 8, канал скорректированного предварительного кодирования после предварительного кодирования имеет статистические характеристики, очень похожие на статистические характеристики необработанного канала без предварительного кодирования. Поэтому пользовательское оборудование может выполнить оценку каналов для выделенных ресурсов для определения параметров канала предварительного кодирования.

В решении 1, при выборе G_v , деление осуществляется, главным образом, в соответствии с различными поднесущими в частотной области. В вышеупомянутом примере для выполнения коррекции сравниваются импульсные характеристики каналов начального предварительного кодирования одной или более поднесущих со степенью детализации предварительного кодирования и одной или более поднесущих с соседней степенью детализации предварительного кодирования. Помимо частотной области, в случае необходимости, в операции по повороту также можно

рассматривать когерентность фаз во временной области. Другими словами, рассматривается когерентность между одним или более символами (временными интервалами или подкадрами) со степенью детализации предварительного кодирования и одним или более символами (временными интервалами или

подкадрами) с соседней степенью детализации предварительного кодирования. Операции, выполняемые для сохранения когерентности во временной области между различными степенями детализации предварительного кодирования, подобны операциям, выполняемым для сохранения когерентности в частотной области.

Очевидно, что коррекция для сохранения когерентности во временной области может быть применена после коррекции для сохранения когерентности в частотной области или может быть выполнена отдельно.

Решение 2: Сглаживание амплитуды

Во-первых, получают информацию о состоянии канала. Для системы TDD базовая станция 1 может оценивать канал нисходящей линии связи в соответствии с принятым опорным сигналом восходящей линии связи, переданным мобильным терминалом 2 для получения матрицы канала. А в системе FDD мобильный терминал 2 измеряет канал нисходящей линии связи и возвращает измерение канала нисходящей линии связи базовой станции 1, и, таким образом, базовая станция 1 может получить матрицу канала нисходящей линии связи.

Затем базовая станция 1 выполняет разложение матрицы канала нисходящей линии связи для получения матрицы начального предварительного кодирования. В предпочтительном варианте осуществления, для получения матрицы V начального предварительного кодирования используется разложение SVD. В вариации варианта осуществления, для получения матрицы Q начального предварительного кодирования может быть использовано QR-разложение, где Q представляет собой ортогональную матрицу, а R представляет собой верхнюю треугольную матрицу. Заметим, что решение этих матричных разложений не является единственным. Поэтому полученная соответствующая матрица предварительного кодирования также не является единственной.

Помимо поворота фаз, матрица G_t также может быть использована для сглаживания амплитуды канала начального предварительного кодирования. Далее предоставляется подробное описание решения для сглаживания, основанное на преобразовании Фурье (FFT), со ссылкой на Фиг.9. Сглаживание скачков фазы может быть выполнено во всем канале начального предварительного кодирования, состоящем из каналов начального предварительного кодирования, соответствующих нескольким степеням детализации предварительного кодирования. Весь канал начального предварительного кодирования обозначен как $H_{\text{int precoded}}$.

Во-первых, на этапе S90 базовая станция 1 выполняет обратное преобразование Фурье (IFFT) канала $H_{\text{int precoded}}$ и, таким образом, получает импульсную характеристику h канала во временной области.

Затем на этапе S91 базовая станция 1 усекает h , сохраняя некоторую длину (например, длину циклического префикса), и задает точки, которые были отсечены, равными нулям, получая, таким образом, h_{clip} .

Например, согласно ожидаемой максимальной многолучевой задержке базовая станция 1 может сохранить точки в h до момента времени, соответствующего ожидаемой максимальной многолучевой задержке, и задать оставшиеся точки равными нулям. Это соответствует уменьшению максимальной многолучевой задержки. И чем меньше максимальная многолучевая задержка, тем более гладкой

становится амплитуда канала в частотной области.

Затем на этапе S92 базовая станция 1 выполняет преобразование Фурье (FFT) матрицы h_{clip} для восстановления гладкого канала H_{smooth} .

Затем на этапе S93 получают корректирующую матрицу G , соответствующую

H_{smooth} , которая может быть выражена в виде

$$G = H_{smooth} \cdot (UD) \quad (4)$$

где \cdot обозначает деление на скалярную величину (поэлементное деление), которое означает, что каждый элемент в матрице извлекается, и значение каждого элемента в множестве единичных блоков предварительного кодирования делится.

В решении 2, при выборе G , деление осуществляется, главным образом, в соответствии с различными поднесущими в частотной области. Помимо частотной области, в случае необходимости, может также рассматриваться когерентность во временной области в операции по сглаживанию амплитуды. Другими словами, рассматривается когерентность между одним или более символами (временными интервалами или подкадрами) со степенью детализации предварительного кодирования и одним или более символами (временными интервалами или подкадрами) с соседней степенью детализации предварительного кодирования.

Операции, выполняемые для сохранения когерентности во временной области между различными степенями детализации предварительного кодирования, подобны операциям, выполняемым для сохранения когерентности в частотной области.

Очевидно, коррекция для сохранения когерентности во временной области может быть применена после коррекции для сохранения когерентности в частотной области или выполнена отдельно.

Решение 3: Комбинация поворота фаз и сглаживания амплитуды

В вариации варианта осуществления решения 1 и 2 могут быть объединены для корректирования начальной матрицы предварительного кодирования.

Например, после операции поворота фаз, операция сглаживания амплитуды может быть дополнительно применена к матрице после поворота фаз, чтобы дополнительно улучшить когерентность матрицы предварительного кодирования.

Сценарий А полностью прозрачен для терминала, и в мобильном терминале 2 не требуется делать никаких изменений.

Так как канал скорректированного предварительного кодирования при условии взвешивания скорректированной матрицы предварительного кодирования удовлетворяет условию когерентности, в этих трех решениях, мобильный терминал 2 может выполнять унифицированную оценку канала для различных степеней детализации предварительного кодирования.

В. Сохранение когерентности матрицы собственных значений канала предварительного кодирования

Матрица G_1 может использоваться для сглаживания матрицы собственных значений D_1 канала предварительного кодирования вместо $U_1 D_1$, таким образом, что $D_1 G_1$ становится равномерно затухающей диагональной матрицей.

В частности, к начальной матрице UD предварительного кодирования может быть применено линейное преобразование, например, путем умножения слева на обратную матрицу U^{-1} матрицы U . Далее, последующие операции выполняются, как описано в одном из решений 1-3 в сценарии А. Заметим, что когда для выполнения коррекции амплитуды используется решение 2, формула (4) должна быть модифицирована в формулу (5): $G = H_{smooth} \cdot D$.

Так как корректируется амплитуда, это решение для сглаживания матрицы

собственных значений фактически является алгоритмом распределения мощности.

Так как канал скорректированного предварительного кодирования, при условии взвешивания посредством скорректированной матрицы предварительного кодирования, когерентен, мобильный терминал 2 может выполнить унифицированную

оценку канала для различных степеней детализации предварительного кодирования. Далее предоставлено описание настоящего изобретения с аппаратной точки зрения. Фиг. 10 представляет собой блок-схему, которая изображает устройство согласно варианту осуществления настоящего изобретения. Устройство 10 обработки на Фиг. 10 расположено в базовой станции 1. Устройство 10 обработки включает в себя средство 100 получения начальной матрицы предварительного кодирования, средство 101 корректирования и средство 102 передачи. При этом средство 101 корректирования включает в себя средство 1010 получения первой корректирующей матрицы, средство 1011 поворота, средство 1012 получения второй корректирующей матрицы, средство 1013 корректировки амплитуды и средство 1014 получения матрицы собственных значений.

Следующее описание предоставлено с учетом случая, когда предварительно закодированный единичный блок включает в себя, например, одну поднесущую.

Специалисту в данной области техники понятно, что предварительно закодированный единичный блок может включать в себя несколько поднесущих, например один или более ресурсных блоков. В системе OFDM каждый ресурсный блок включает в себя 12 поднесущих.

Вначале средство 100 получения начальной матрицы предварительного кодирования получает информацию о состоянии канала. Для системы TDD средство 100 получения начальной матрицы предварительного кодирования может оценить канал нисходящей линии связи в соответствии с принятым опорным сигналом восходящей линии связи, переданным мобильным терминалом 2, для получения матрицы канала. А в системе FDD мобильный терминал 2 измеряет канал нисходящей линии связи и возвращает измерение канала нисходящей линии связи средству 100 получения начальной матрицы предварительного кодирования, и, таким образом, базовая станция 1 может получить матрицу канала нисходящей линии связи.

Затем средство 100 получения начальной матрицы предварительного кодирования выполняет разложение матрицы канала нисходящей линии связи для получения начальной матрицы предварительного кодирования. В предпочтительном варианте осуществления, для получения начальной матрицы V предварительного кодирования используется разложение SVD. В вариации варианта осуществления, для получения начальной матрицы Q предварительного кодирования может быть использовано QR-разложение, где Q представляет собой ортогональную матрицу, а R представляет собой верхнюю треугольную матрицу. Заметим, что решение этих матричных разложений не является единственным. Поэтому полученная соответствующая матрица предварительного кодирования также является не единственной.

Затем используется корректирующая матрица для сохранения когерентности каналов, предварительно закодированных посредством начальной матрицы предварительного кодирования, соответствующей нескольким различным предварительно закодированным единичным блокам. Поэтому новая матрица предварительного кодирования представляется в виде:

$$F_1 = V_1 G_1 \quad (3)$$

где G_1 может быть диагональной матрицей, используемой для корректировки фазы канала начального предварительного кодирования $U_1 D_1$, так, что когерентность

канала между несколькими предварительно закодированными единичным блоками восстанавливается.

Решение I: Поворот фаз

5 Вначале средство 1010 получения первой корректирующей матрицы в средстве 101
корректирования детектирует фазу канала начального предварительного
кодирования для каждой поднесущей, и получает фазу канала начального
предварительного кодирования для поднесущей, граничащей с каждой поднесущей.
10 Например, базовая станция 1 надеется исследовать фазу одной поднесущей, которая в
дальнейшем называется целевой поднесущей.

Затем разность между фазой канала начального предварительного кодирования
для целевой поднесущей и фазой канала скорректированного (начального)
предварительного кодирования для соседней поднесущей сравнивается с $(-2^\pi, -\pi, 0, \pi, 2^\pi)$.
15 В некоторых случаях, соседняя поднесущая непосредственно предшествует
целевой поднесущей. Если разность ближе всего к 0 или $\pm 2^\pi$, из этого следует, что
фаза канала начального предварительного кодирования для целевой поднесущей не
совершила скачок относительно фазы канала скорректированного (начального)
предварительного кодирования в непосредственно предшествующей поднесущей; в
20 противном случае, если разность ближе всего к $\pm \pi$, из этого следует, что фаза канала
начального предварительного кодирования для целевой поднесущей совершила
скачок относительно фазы канала скорректированного (начального)
предварительного кодирования для непосредственно предшествующей поднесущей.
25 Например, разность между, с одной стороны h_{11} и h_{21} в канале начального
предварительного кодирования, полагая i равным 1, и, с другой стороны, h_{11} и h_{21} в
канале начального предварительного кодирования, полагая i равным 0, ближе всего к
 π , в то время, как разности между, с одной стороны, h_{12} и h_{22} в канале начального
предварительного кодирования, полагая i равным 1, и, с другой стороны, h_{12} и h_{22} в
30 канале начального предварительного кодирования, полагая i равным 0, ближе всего
к 2^π , и тогда диагональная матрица G_1 составляется в виде $G_1 = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$.

Следовательно, канал H_{1p1} скорректированного предварительного кодирования,
35 взвешенный посредством матрицы предварительного кодирования, преобразованной
посредством средства 1011 поворота фаз с помощью диагональной матрицы G_1 ,
делает H_{1p1} и H_{0p1} непрерывными, где нижний индекс $p1$ представляет собой канал
скорректированного предварительного кодирования. Затем, фаза канала начального
предварительного кодирования для второй поднесущей сравнивается с фазой
40 скорректированного канала начального предварительного кодирования для первой
поднесущей. В общем случае, $H_{ip1} = H_i V_i G_i = U_i D_i V_i^H V_i G_i = U_i D_i G_i$, где G_i делает
непрерывной фазу скорректированной матрицы предварительного кодирования i -го
предварительно закодированного единичного блока и фазу скорректированной
45 матрицы предварительного кодирования $(i-1)$ -го предварительно закодированного
единичного блока.

Затем средство 102 передачи передает к мобильному терминалу 2 пилот-сигнал
и/или данные, взвешенные посредством матрицы предварительного кодирования,
50 скорректированной первым средством корректирования.

Когда предварительно закодированный единичный блок включает в себя несколько
поднесущих, каналы предварительного кодирования, соответствующие поднесущим с
одинаковым индексом от различных предварительно закодированных единичных

блоков, сравниваются, потому что каждая поднесущая в одном и том же предварительно закодированном единичном блоке использует одну и ту же матрицу предварительного кодирования. Например, средство 1010 получения первой корректирующей матрицы детектирует фазу канала начального предварительного кодирования для первой поднесущей в каждом предварительно закодированном единичном блоке. Затем, согласно фазе канала начального предварительного кодирования для первой поднесущей в i -ом предварительно закодированном единичном блоке и фазе канала скорректированного (начального) предварительного кодирования для первой поднесущей в $(i-1)$ -ом предварительно закодированном единичном блоке, если найден разрыв фазы, средство 1011 поворота фаз соответственно корректирует фазу каждой поднесущей в i -ом предварительно закодированном единичном блоке.

Фиг.6 изображает кривую канала, соответствующую кривой на Фиг.4 после поворота фаз.

Из-за сложности мобильной среды сигнал от передатчика к приемнику обычно включает в себя несколько компонентов сигнала, возникающих в результате отражения, дифракции и т.д. И различные компоненты сигнала достигают приемника, имея различную мощность, время прибытия и направление, которые сильно отличаются в различных средах. Из-за различного времени прибытия различных многолучевых компонентов, принятый сигнал уширяется во временной области. Основная особенность многолучевого распространения состоит в том, что каждый маршрут сигналов, достигающих приемника, имеет различные коэффициенты ослабления и задержки. Уширение во временной области принятого сигнала называют уширением из-за задержки, которое непосредственно отражает избирательность канала по частоте (различные спектры частот сигнала имеют разную мощность). Уширение из-за задержки определяется как максимальная задержка среди нескольких путей. Поэтому, далее рассматриваются характеристики во временной области канала предварительного кодирования с повернутой фазой, то есть канала скорректированного предварительного кодирования.

Сравниваются статистические характеристики канала предварительного кодирования с повернутой фазой и канала без предварительного кодирования. Принимая во внимание когерентность канала в частотной области, настоящее описание изобретения использует предварительное кодирование каждого ресурсного блока с повернутой фазой для приближения к более практически вероятному сценарию. Канал предварительного кодирования с повернутой фазой преобразуется во временную область (обратное преобразование Фурье (IFFT) по 120 точкам, выделенным для 10 ресурсных блоков). Наблюдаемые статистические характеристики показаны на Фиг.7 и 8.

Как показано на Фиг.7 и 8, канал скорректированного предварительного кодирования после предварительного кодирования имеет статистические характеристики, очень похожие на статистические характеристики необработанного канала без предварительного кодирования. Поэтому пользовательское оборудование может выполнить оценку каналов в выделенных ресурсах, чтобы определить параметры канала предварительного кодирования.

В решении I, при выборе G_1 , деление осуществляется, главным образом, в соответствии с различными поднесущими в частотной области. В вышеупомянутом примере, для применения коррекции сравниваются импульсные характеристики каналов начального предварительного кодирования одной или более поднесущих со

степенью детализации предварительного кодирования и одной или более поднесущих с соседней степенью детализации предварительного кодирования. Помимо частотной области, в случае необходимости, в операции по повороту также можно рассматривать когерентность фаз во временной области. Другими словами,

рассматривается когерентность между одним или более символами (временными интервалами или подкадрами) со степенью детализации предварительного кодирования и одним или более символами (временными интервалами или подкадрами) с соседней степенью детализации предварительного кодирования. Операции, выполняемые для сохранения когерентности во временной области между различными степенями детализации предварительного кодирования, подобны операциям, выполняемым для сохранения когерентности в частотной области. Очевидно, что коррекция для сохранения когерентности во временной области может быть применена после коррекции для сохранения когерентности в частотной области или может выполняться отдельно.

Решение II: Сглаживание амплитуды

Во-первых, получают информацию о состоянии канала. Для системы TDD, базовая станция 1 может оценить канал нисходящей линии связи в соответствии с принятым опорным сигналом восходящей линии связи, переданным мобильным терминалом 2 для получения матрицы канала. А в системе FDD, мобильный терминал 2 измеряет канал нисходящей линии связи и возвращает измерение канала нисходящей линии связи базовой станции 1, и, таким образом, базовая станция 1 может получить матрицу канала нисходящей линии связи.

Затем базовая станция 1 выполняет разложение матрицы канала нисходящей линии связи для получения начальной матрицы предварительного кодирования. В предпочтительном варианте осуществления для получения матрицы V начального предварительного кодирования используется разложение SVD. В вариации варианта осуществления для получения матрицы Q начального предварительного кодирования может быть использовано QR-разложение, где Q представляет собой ортогональную матрицу, а R представляет собой верхнюю треугольную матрицу. Заметим, что решение этих матричных разложений не является единственным. Поэтому, полученная ассоциированная матрица предварительного кодирования также не является единственной.

Помимо поворота фаз матрица G_1 также может быть использована для сглаживания амплитуды канала начального предварительного кодирования. Далее предоставляется подробное описание решения для сглаживания, основанное на преобразовании Фурье (FFT), со ссылкой на Фиг.9. Сглаживание скачков фазы может быть выполнено во всем канале начального предварительного кодирования, состоящем из каналов начального предварительного кодирования, соответствующих нескольким степеням детализации предварительного кодирования. Весь канал начального предварительного кодирования обозначен как $H_{\text{int precoded}}$.

Во-первых, средство обратного преобразования Фурье (не показано) в средстве 1012 получения второй корректирующей матрицы выполняет обратное преобразование Фурье (IFFT) канала $H_{\text{int precoded}}$ и, таким образом, получает импульсную характеристику канала h во временной области.

Затем усекающее средство (не показано) в средстве 1012 получения второй корректирующей матрицы усекает h , сохраняя некоторую длину (например, длину циклического префикса), и задает точки, которые были отсечены, равными нулям, получая, таким образом, h_{clip} .

Например, согласно ожидаемой максимальной многолучевой задержке отсекающее средство может сохранить в h точки до момента времени, соответствующего ожидаемой максимальной многолучевой задержке, а оставшиеся точки задать равными нулям. Это соответствует уменьшению максимальной многолучевой задержки. И чем меньше максимальная многолучевая задержка, тем более гладкой становится амплитуда канала в частотной области.

Затем средство совершения преобразования Фурье (не показано) в средстве 1012 получения второй корректирующей матрицы выполняет преобразование Фурье (FFT) матрицы h_{clip} для восстановления гладкого канала H_{smooth} .

Затем средство 1012 получения второй корректирующей матрицы получает корректирующую матрицу G , соответствующую H_{smooth} , которая может быть выражена в виде

$$G = H_{smooth} \cdot (UD) \quad (4)$$

где \cdot обозначает деление на скалярную величину (поэлементное деление), означающее, что каждый элемент в матрице извлекается, и значение каждого элемента в нескольких единичных блоках предварительного кодирования делится.

Затем средство 1013 сглаживания амплитуды сглаживает амплитуду канала начального предварительного кодирования в соответствии с матрицей предварительного кодирования, скорректированной с помощью второй корректирующей матрицы G , полученной вторым средством корректирования.

Затем средство 101 передачи взвешивает данные и пилот-сигнал посредством скорректированной матрицы предварительного кодирования, скорректированной с помощью второй корректирующей матрицы, и передает их мобильному терминалу 2.

В решении II, при выборе G , деление осуществляется, главным образом, в соответствии с различными поднесущими в частотной области. Помимо частотной области, в операции сглаживания амплитуды, в случае необходимости, может также рассматриваться когерентность во временной области. Другими словами, рассматривается когерентность между одним или более символами (временными интервалами или подкадрами) со степенью детализации предварительного кодирования и одним или более символами (временными интервалами или подкадрами) с соседней степенью детализации предварительного кодирования. Операции, выполняемые для сохранения когерентности во временной области между различными степенями детализации предварительного кодирования, подобны операциям, выполняемым для сохранения когерентности в частотной области. Очевидно, что коррекция для сохранения когерентности во временной области может быть применена после коррекции для сохранения когерентности в частотной области или выполнена отдельно.

Решение III: Комбинация поворота фаз и сглаживания амплитуды

В вариации варианта осуществления решения I и II могут быть объединены для корректирования начальной матрицы предварительного кодирования.

Например, после операции поворота фаз, операция сглаживания амплитуды может дополнительно применяться к матрице после поворота фаз, чтобы дополнительно улучшить когерентность матрицы предварительного кодирования.

Вышеупомянутые три решения полностью прозрачны для терминала, и в мобильном терминале 2 не требуется делать никаких изменений.

Так как канал скорректированного предварительного кодирования, при условии взвешивания со скорректированной матрицей предварительного кодирования, удовлетворяет условию когерентности в этих трех решениях, мобильный терминал 2

может выполнять унифицированную оценку канала для различных степеней детализации предварительного кодирования.

С. Сохранение когерентности матрицы собственных значений канала предварительного кодирования

5 Матрица G_i может быть использована для сглаживания матрицы собственных значений D_i канала предварительного кодирования вместо $U_i D_i$, так что $D_i G_i$ становится равномерно затухающей диагональной матрицей.

10 В частности, как показано на Фиг. 11, средство 1014 получения матрицы собственных значений применяет к начальной матрице UD предварительного кодирования линейное преобразование, например, посредством умножения слева на обратную матрицу U^{-1} матрицы U . Далее, последующие операции выполняются, как описано в одном из решений 1-3 в сценарии А. Заметим, что когда для выполнения коррекции амплитуды используется решение 2, формула (4) должна быть
15 модифицирована в формулу (5): $G = H_{smooth} \cdot D$.

Так как корректируется амплитуда, это решение для сглаживания матрицы собственных значений фактически является алгоритмом распределения мощности.

20 Так как канал скорректированного предварительного кодирования, при условии взвешивания со скорректированной матрицей предварительного кодирования, когерентен, мобильный терминал 2 может выполнять унифицированную оценку канала для различных степеней детализации предварительного кодирования.

25 Хотя настоящее изобретение изображено на чертежах и описано в приведенном выше описании, такое описание и иллюстрация являются пояснительными и иллюстративными, а не ограничивающими. Поэтому настоящее изобретение не ограничивается вышеупомянутыми вариантами осуществления.

30 Другие вариации раскрытых вариантов осуществления могут быть созданы и осуществлены специалистами в данной области техники, в качестве части заявленного изобретения, на основе изучения чертежей, описания изобретения и прилагаемой формулы изобретения. В формуле изобретения слово "содержит" не исключает наличия других элементов или этапов, а единственное число не исключает наличия множества. В практических применениях настоящего изобретения один блок может
35 выполнять функции нескольких элементов, перечисленных в формуле изобретения. Любые условные обозначения в формуле изобретения не должны рассматриваться как ограничивающие объем изобретения.

Формула изобретения

40 1. Способ передачи пилот-сигнала и/или данных, взвешенных посредством матрицы предварительного кодирования в базовой станции системы беспроводной связи, причем базовая станция получает информацию о состоянии канала, при этом способ содержит:

45 А. выполнение матричного разложения информации о состоянии канала для получения начальной матрицы предварительного кодирования, при этом начальная матрица предварительного кодирования не является единственной;

50 В. выполнение линейного преобразования начальной матрицы предварительного кодирования таким образом, что информация, ассоциированная с каналом скорректированного предварительного кодирования при условии взвешивания с линейно преобразованной матрицей предварительного кодирования, сохраняет когерентность;

С. передачу мобильному терминалу пилот-сигнала и/или данных, взвешенных

посредством линейно преобразованной матрицы предварительного кодирования.

2. Способ по п.1, в котором этап В содержит:

В1. получение первой корректирующей матрицы согласно каналу начального предварительного кодирования при условии взвешивания с начальной матрицей предварительного кодирования;

В2. выполнение линейного преобразования начальной матрицы предварительного кодирования с помощью первой корректирующей матрицы таким образом, что фаза канала скорректированного предварительного кодирования, при условии взвешивания с матрицей предварительного кодирования, линейно преобразованной посредством первой корректирующей матрицы, является непрерывной.

3. Способ по п.2, в котором за этапом В2 следует:

В3. выбор второй корректирующей матрицы согласно ожидаемой максимальной многолучевой задержке во временной области;

В4. выполнение линейного преобразования канала скорректированного предварительного кодирования с непрерывной фазой с помощью второй корректирующей матрицы, таким образом, что амплитуда канала скорректированного предварительного кодирования, при условии взвешивания со скорректированной матрицей предварительного кодирования, линейно преобразованной посредством второй корректирующей матрицы, является гладкой.

4. Способ по п.2 или 3, в котором канал начального предварительного кодирования содержит несколько предварительно закодированных единичных блоков и этап В1 дополнительно содержит:

получение фазы соседнего канала предварительного кодирования при условии взвешивания с соответствующей соседней матрицей предварительного кодирования в соседних предварительно закодированных единичных блоках целевого предварительно закодированного единичного блока в канале начального предварительного кодирования;

корректировку фазы целевого канала предварительного кодирования при условии взвешивания с целевой матрицей предварительного кодирования, соответствующей целевому предварительно закодированному единичному блоку, в соответствии с фазой соседнего канала предварительного кодирования таким образом, что фаза целевого канала предварительного кодирования и фаза соседнего канала предварительного кодирования являются непрерывными.

5. Способ по п.4, в котором предварительно закодированные единичные блоки содержат частотные ресурсы и/или временные ресурсы.

6. Способ по п.1, в котором этап В дополнительно содержит:

В1'. выбор второй корректирующей матрицы согласно ожидаемой максимальной многолучевой задержке во временной области;

В2'. выполнение линейного преобразования начальной матрицы предварительного кодирования с помощью второй корректирующей матрицы таким образом, что амплитуда канала предварительного кодирования, при условии взвешивания с матрицей предварительного кодирования, линейно преобразованной посредством второй корректирующей матрицы, является гладкой.

7. Способ по п.6, в котором этапу В2' предшествует:

получение первой корректирующей матрицы, соответствующей каналу начального предварительного кодирования при условии взвешивания с начальной матрицей предварительного кодирования;

выполнение линейного преобразования начальной матрицы предварительного

кодирования с помощью первой корректирующей матрицы таким образом, что фаза канала скорректированного предварительного кодирования, при условии взвешивания с матрицей предварительного кодирования, линейно преобразованной посредством первой корректирующей матрицы, является непрерывной;

при этом этап В2' дополнительно содержит: выполнение линейного преобразования канала скорректированного предварительного кодирования с непрерывной фазой с помощью второй корректирующей матрицы таким образом, что амплитуда канала скорректированного предварительного кодирования, при условии взвешивания со скорректированной матрицей предварительного кодирования, линейно преобразованной посредством второй корректирующей матрицы, является гладкой.

8. Способ по п.6 или 7, в котором канал, при условии взвешивания с начальной матрицей предварительного кодирования, является каналом начального предварительного кодирования, и этап В1' дополнительно содержит:

В10'. выполнение обратного преобразования Фурье канала начального предварительного кодирования для получения характеристики канала во временной области;

В11'. усечение множества предшествующих последовательных точек характеристики канала во временной области в соответствии с ожидаемой максимальной многолучевой задержкой, и заполнение оставшихся точек нолями, чтобы сгенерировать усеченную характеристику канала во временной области;

В12'. выполнение преобразования Фурье усеченной характеристики канала во временной области для получения канала предварительного кодирования с гладкой амплитудой;

В13'. деление на скалярную величину канала начального предварительного кодирования с гладкой амплитудой с каналом начального предварительного кодирования для получения второй корректирующей матрицы.

9. Способ по п.1, в котором канал, при условии взвешивания с начальной матрицей предварительного кодирования, является каналом начального предварительного кодирования, причем ассоциированная информация содержит матрицу собственных значений канала, а этап В дополнительно содержит:

В1''. получение матрицы собственных значений канала начального предварительного кодирования, соответствующей каналу начального предварительного кодирования;

В2''. корректировку амплитуды каждого собственного значения в матрице собственных значений таким образом, что амплитуды матрицы собственных значений являются гладкими.

10. Способ по любому из пп.1-3, 6, 7 и 9, в котором этап А дополнительно содержит: выполнение сингулярного разложения информации о состоянии канала, при этом правая унитарная матрица получающаяся из сингулярного разложения является начальной матрицей предварительного кодирования.

11. Способ по любому из пп.1-3, 6, 7 и 9, в котором этап А дополнительно содержит: выполнение QR-разложения информации о состоянии канала, при этом матрица Q получающаяся из QR-разложения является начальной матрицей предварительного кодирования.

12. Устройство обработки для передачи пилот-сигнала и/или данных, взвешенных посредством матрицы предварительного кодирования в базовой станции системы беспроводной связи, при этом базовая станция получает информацию о состоянии канала, причем устройство содержит:

средство получения начальной матрицы предварительного кодирования для выполнения матричного разложения информации о состоянии канала для получения начальной матрицы предварительного кодирования, причем начальная матрица предварительного кодирования не является единственной;

5 средство корректирования для выполнения линейного преобразования начальной матрицы предварительного кодирования, таким образом, что информация, ассоциированная с каналом скорректированного предварительного кодирования при условии взвешивания с линейно преобразованной матрицей предварительного кодирования, сохраняет когерентность;

10 средство передачи для передачи мобильному терминалу пилот-сигнала и/или данных, взвешенных посредством линейно преобразованной матрицы предварительного кодирования.

13. Устройство обработки по п.12, в котором средство корректирования содержит: 15 средство получения первой корректирующей матрицы для получения первой корректирующей матрицы, соответствующей каналу начального предварительного кодирования при условии взвешивания с начальной матрицей предварительного кодирования;

20 средство поворота фаз для выполнения линейного преобразования начальной матрицы предварительного кодирования с помощью первой корректирующей матрицы таким образом, что фаза канала скорректированного предварительного кодирования, при условии взвешивания с матрицей предварительного кодирования, линейно преобразованной посредством первой корректирующей матрицы, является непрерывной.

14. Устройство по п.12, в котором средство корректирования содержит:

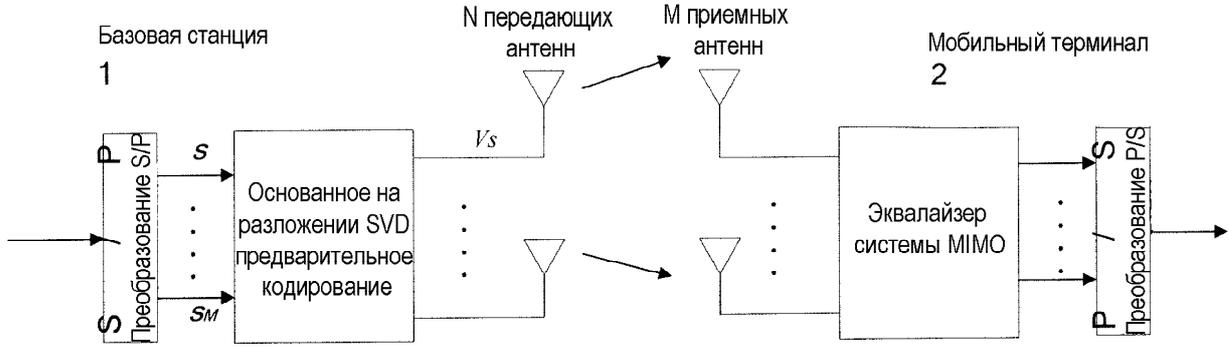
30 средство получения второй корректирующей матрицы для выбора второй корректирующей матрицы согласно ожидаемой максимальной многолучевой задержке во временной области;

40 средство сглаживания амплитуды для выполнения линейного преобразования канала начального предварительного кодирования с помощью второй корректирующей матрицы таким образом, что амплитуда канала скорректированного предварительного кодирования, при условии взвешивания со скорректированной матрицей предварительного кодирования, линейно преобразованной посредством второй корректирующей матрицы, является гладкой.

15. Устройство обработки по п.12, в котором канал, при условии взвешивания с начальной матрицей предварительного кодирования, является каналом начального предварительного кодирования, причем ассоциированная информация содержит 40 матрицу собственных значений канала, а средство корректирования содержит:

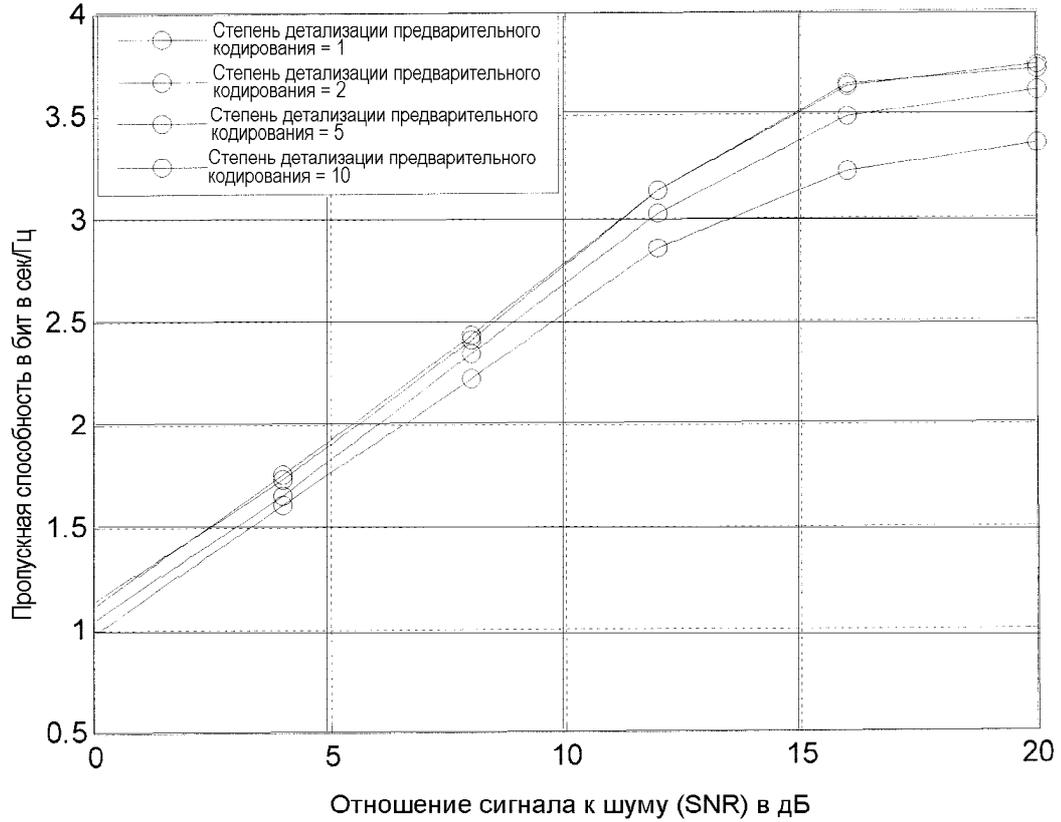
45 средство получения матрицы собственных значений для получения матрицы собственных значений канала начального предварительного кодирования, соответствующей каналу начального предварительного кодирования;

причем средство корректирования дополнительно используется для корректирования амплитуды каждого собственного значения в матрице собственных значений таким образом, что амплитуда матрицы собственных значений является гладкой.

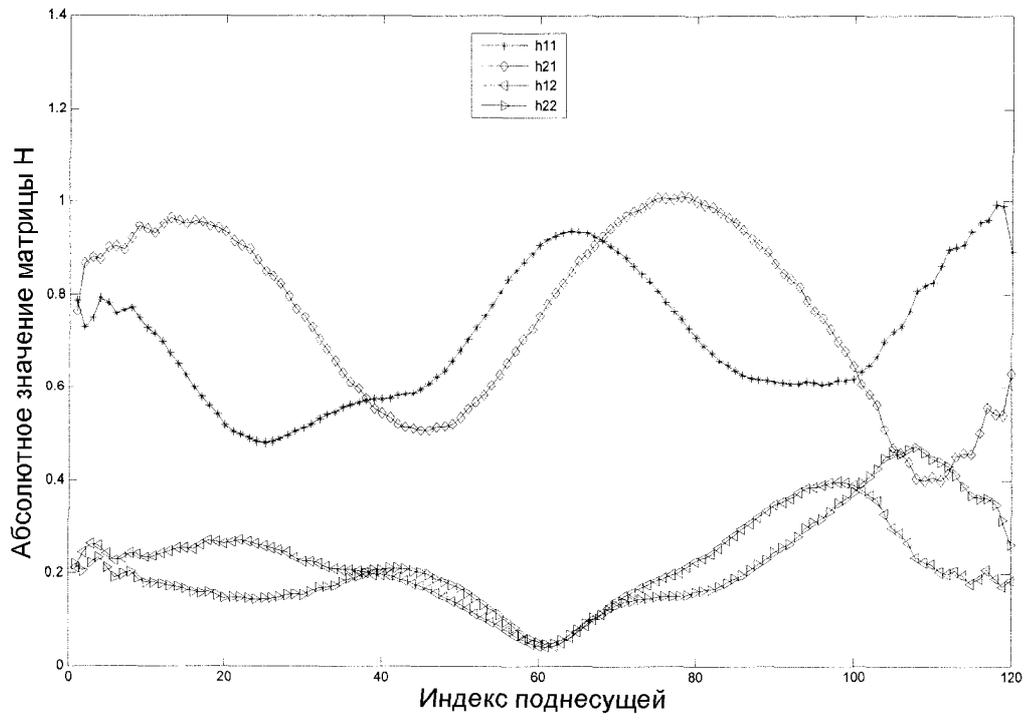


ФИГ. 1

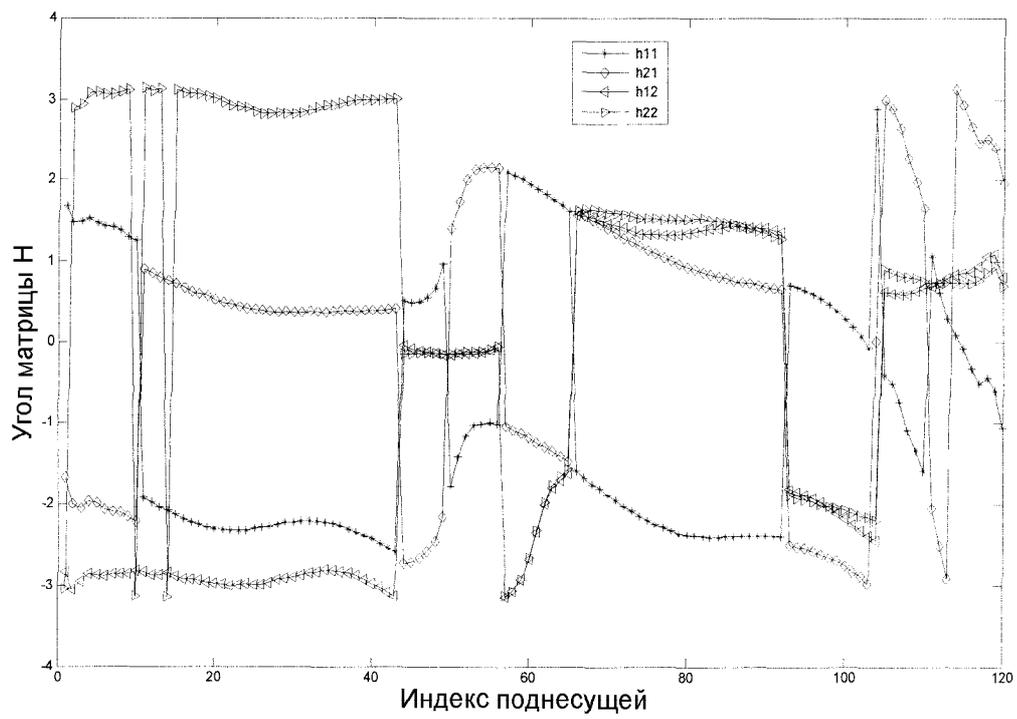
Производительность различной степени детализации предварительного кодирования в случае однослойного формирования луча



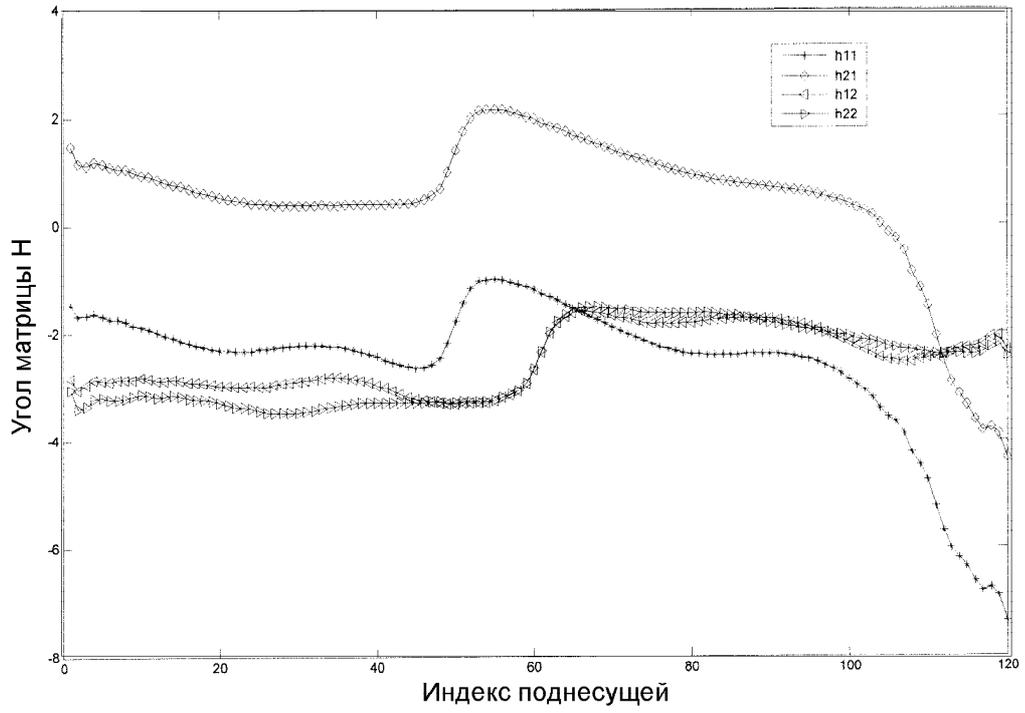
ФИГ. 2



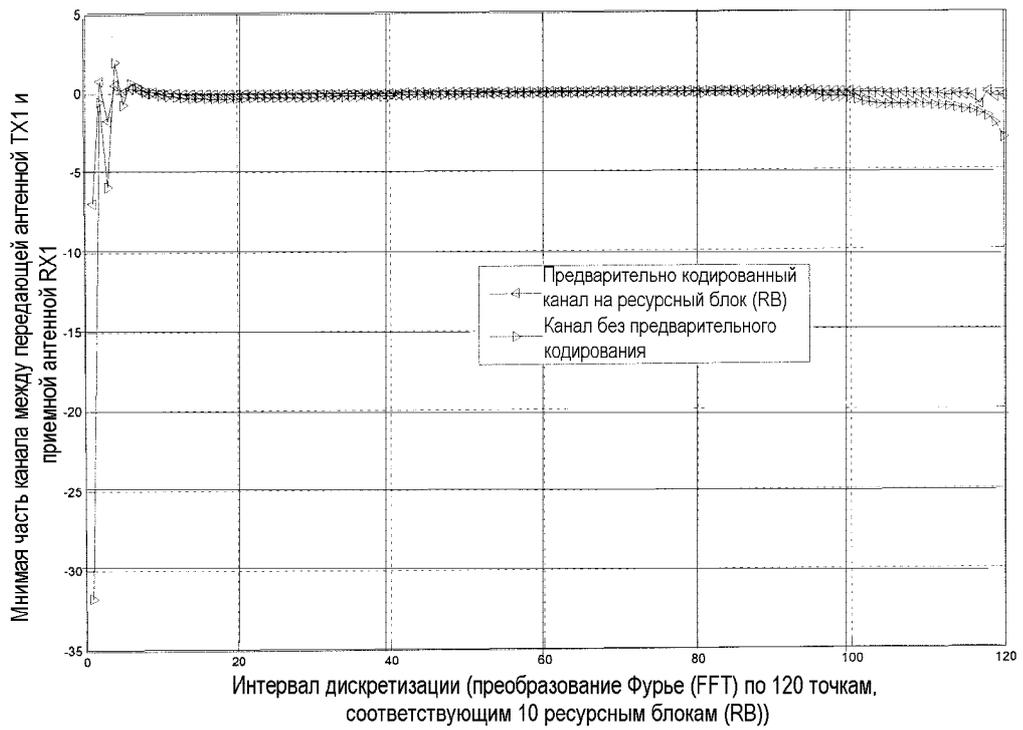
ФИГ. 3



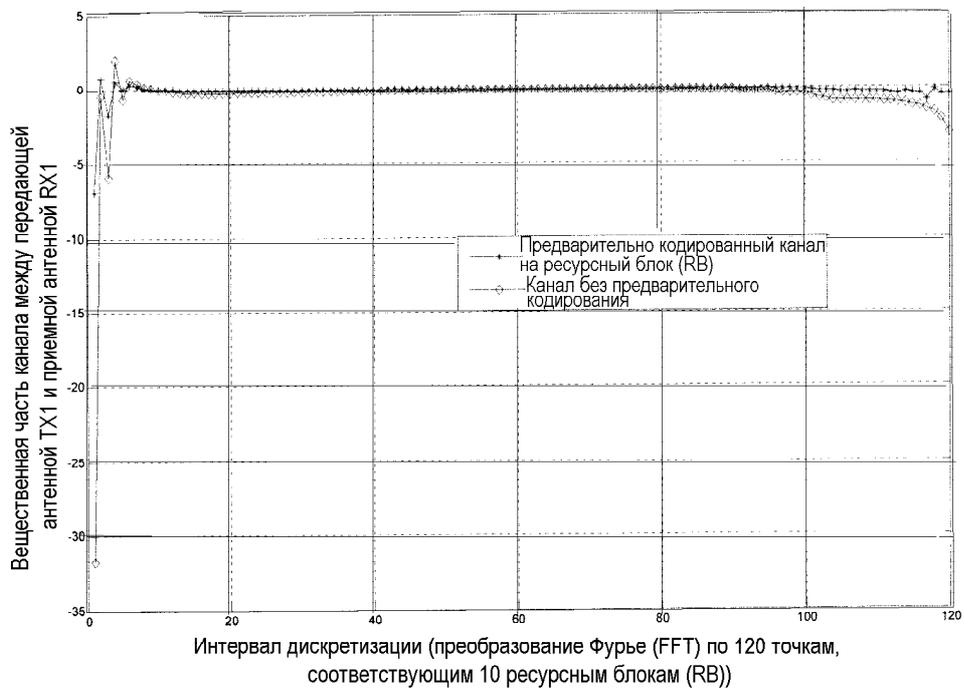
ФИГ. 4



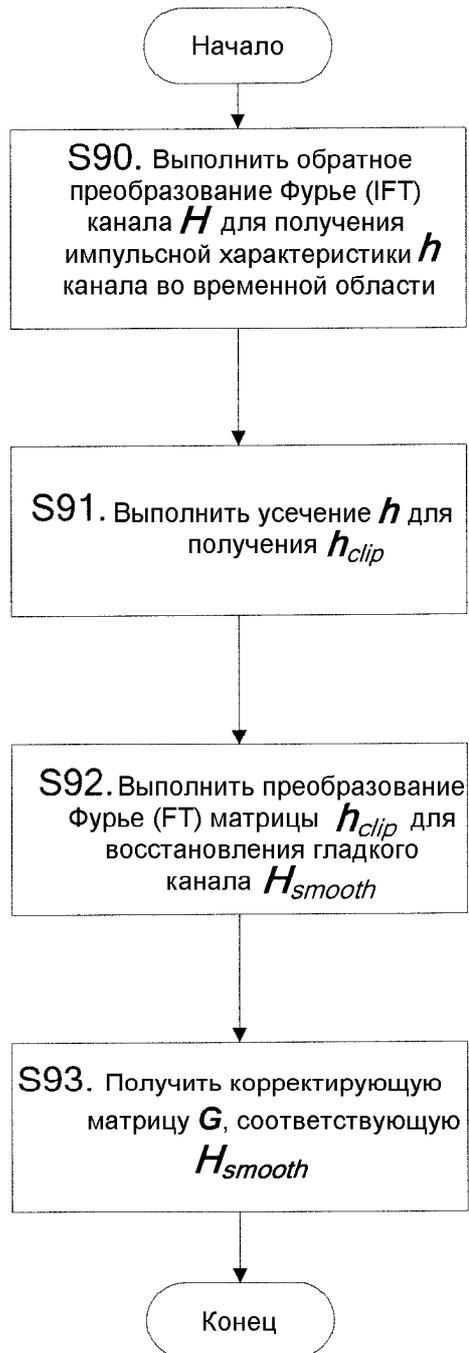
ФИГ. 6



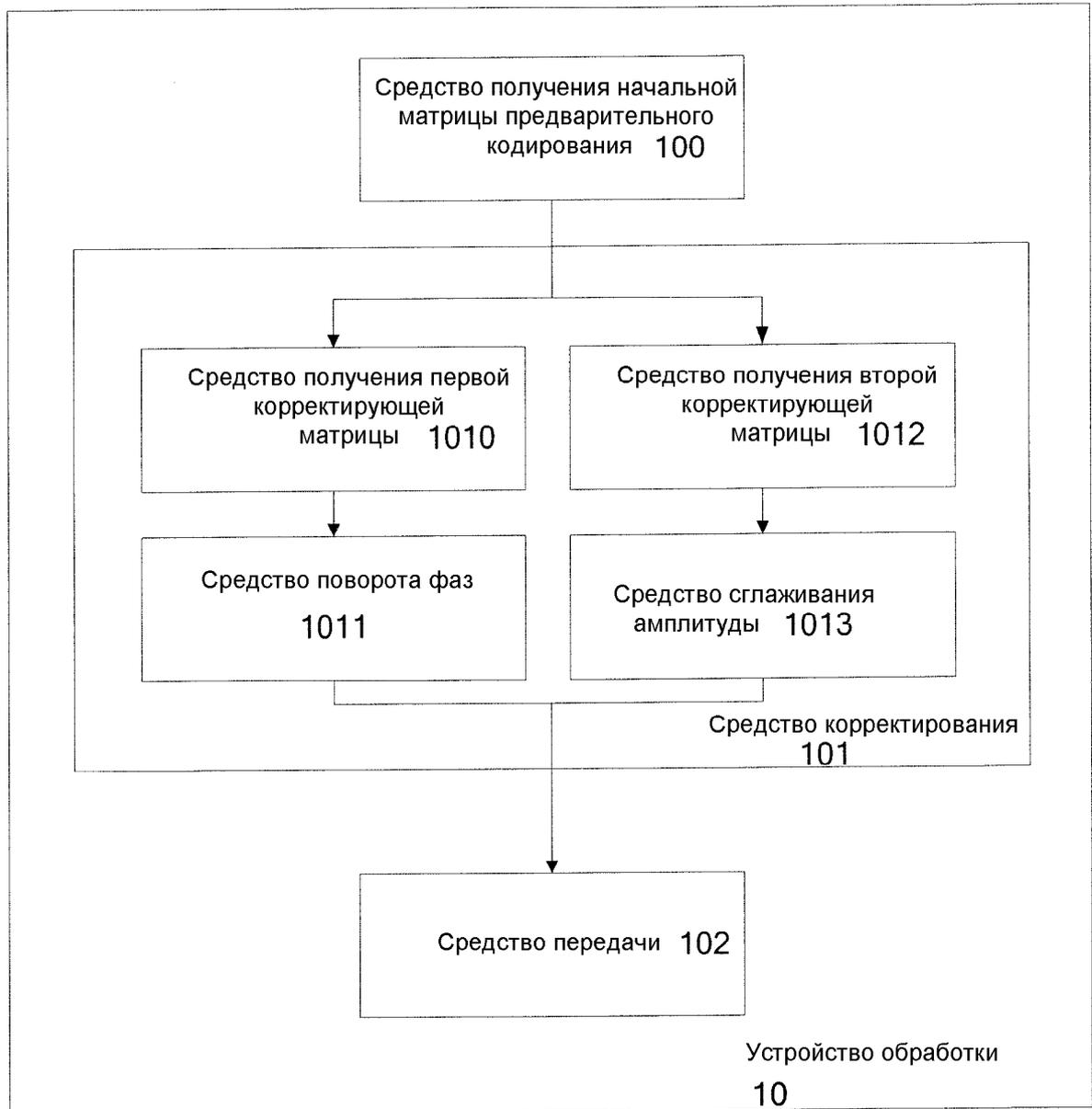
ФИГ. 7



ФИГ. 8



ФИГ. 9



ФИГ. 10



ФИГ. 11