



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2008110953/09**, **22.08.2006**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
22.08.2006

(30) Конвенционный приоритет:
22.08.2005 US 60/710,371
24.08.2005 US 60/711,144
27.10.2005 US 11/261,823
15.03.2006 US 11/377,458

(43) Дата публикации заявки: **27.09.2009**

(45) Опубликовано: **27.07.2010** Бюл. № 21

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **WO 2004/019447 A2**, **04.03.2004**. **RU 2257609 C2**, **27.07.2005**. **WO 2004/203347 A2**, **14.10.2004**. **WO 2004/107693 A2**, **09.12.2004**.

(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: **24.03.2008**

(86) Заявка РСТ:
US 2006/032860 (22.08.2006)

(87) Публикация РСТ:
WO 2007/024913 (01.03.2007)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. Ю.Д.Кузнецову,
рег.№ 595

(72) Автор(ы):

КИМ Биоунг-Хоон (US),
КАДОУС Тамер (US)

(73) Патентообладатель(и):

КВЭЛКОММ ИНКОРПОРЕЙТЕД (US)

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВЫБОРА ВИРТУАЛЬНЫХ АНТЕНН

(57) Реферат:

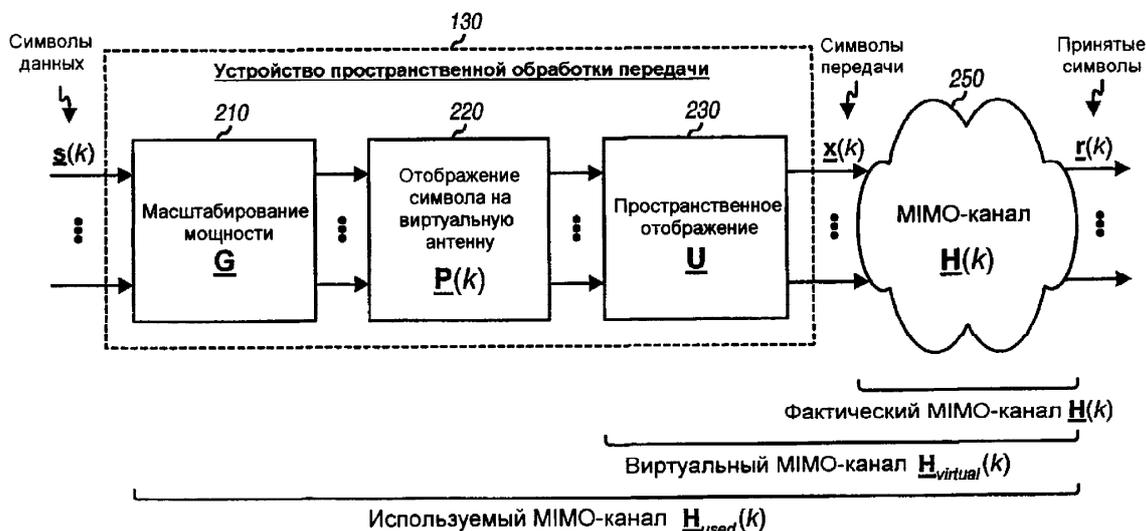
Описываются технологии для передачи данных от виртуальных антенн вместо физических антенн. Техническим результатом является эффективное использование мощности передачи, доступной для передающих антенн. Для этого каждая виртуальная антенна может отображаться на некоторые или на все физические антенны с помощью различных отображений.

Оценивается эффективность разных наборов, по меньшей мере, из одной виртуальной антенны на основании одного или более показателей, таких как качество сигнала, пропускная способность, общая скорость, и так далее. Для использования выбирается набор виртуальных антенн с наилучшей эффективностью. Если выбор виртуальных антенн выполняется принимающим устройством, то информация о состоянии

канала для выбранного набора виртуальных антенн может быть отправлена на передающее устройство. Информация о состоянии канала может переносить данные о выбранной виртуальной антенне (антеннах), качестве сигнала или скорости (скоростях) для выбранной виртуальной антенны (антенн),

одну или более матрицы предварительного кодирования, используемых для формирования выбранной виртуальной антенны (антенн), и так далее. Передающее устройство и/или принимающее устройство используют выбранную виртуальную антенну (антенны) для передачи данных. 8 н. и 34 з.п. ф-лы, 11 ил.

300



ФИГ. 3

RU 2395903 C2

RU 2395903 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
H04B 7/06 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2008110953/09, 22.08.2006**

(24) Effective date for property rights:
22.08.2006

(30) Priority:
22.08.2005 US 60/710,371
24.08.2005 US 60/711,144
27.10.2005 US 11/261,823
15.03.2006 US 11/377,458

(43) Application published: **27.09.2009**

(45) Date of publication: **27.07.2010 Bull. 21**

(85) Commencement of national phase: **24.03.2008**

(86) PCT application:
US 2006/032860 (22.08.2006)

(87) PCT publication:
WO 2007/024913 (01.03.2007)

Mail address:
129090, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. Ju.D.Kuznetsovu, reg.№ 595

(72) Inventor(s):
KIM Bioung-Khoon (US),
KADOUS Tamer (US)

(73) Proprietor(s):
KVEHLKOMM INKORPOREJTED (US)

RU 2 395 903 C2

RU 2 395 903 C2

(54) **METHOD AND DEVICE FOR SELECTING VIRTUAL ANTENNAS**

(57) Abstract:

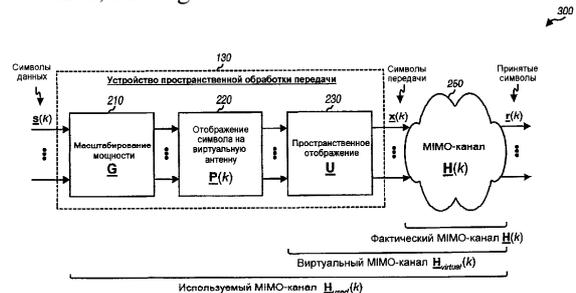
FIELD: physics.

SUBSTANCE: every virtual antenna can be displayed on several or on all physical antennas with the help of various images. Efficiency of various combinations of at least one virtual antenna is estimated using one or more such parameters as signal quality, transmission capacity, total rate etc. Combination of virtual antennas with higher efficiency is selected to use. If virtual antennas are selected by receiving device then the data on channel state for selected combination of said antennas can be transferred to transmitting device. Data on channel state can transfer information on selected virtual antenna (antennas), signal quality or rate (rates), one or more matrixes of pre-encoding

used to form selected virtual antenna (antennas), and so on. Transmitting and/or receiving device can use selected virtual antenna (antennas) for data transmission.

EFFECT: efficient use of transmission power available for transmitting antennas.

42 cl, 11 dwg



ФИГ. 3

Настоящая заявка на патент испрашивает приоритет предварительных заявок США №60/710,371 на "СПОСОБ ВЫБОРОЧНОЙ ПСЕВДОСЛУЧАЙНОЙ ПЕРЕСТАНОВКИ ВИРТУАЛЬНЫХ АНТЕНН", поданной 22 августа 2005 года, и №60/711,144 на "СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАЗНЕСЕНИЯ АНТЕНН В СИСТЕМАХ СВЯЗИ СО МНОГИМИ ВХОДАМИ И МНОГИМИ ВЫХОДАМИ",
5 поданной 24 августа 2005 года, и заявки США №11/261,823 на "СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗНЕСЕНИЯ АНТЕНН В БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМЕ СВЯЗИ", поданной 27 октября 2005 года, и
10 переуступленных правопреемнику настоящей заявки и включенных в нее посредством ссылки.

Область техники

Настоящее раскрытие в целом имеет отношение к средствам связи и, более
определенно, к технологиям для передачи данных в беспроводной системе связи.

Уровень техники

В беспроводной системе связи передающее устройство (например, базовая станция или терминал) может использовать множество (T) передающих антенн для передачи данных на принимающее устройство, оборудованное множеством (R) приемных антенн. Множество передающих и приемных антенн могут использоваться для
20 увеличения пропускной способности и/или улучшения надежности. Например, передающее устройство может передавать T символов одновременно от T передающих антенн, чтобы улучшить пропускную способность. С другой стороны, передающее устройство может передавать один и тот же символ с избыточностью от
25 всех T передающих антенн, чтобы улучшить прием принимающим устройством.

Передача от каждой передающей антенны вызывает помехи передачам от других передающих антенн. В некоторых случаях можно получить улучшенные характеристики, передавая меньше, чем T символов, одновременно от T передающих антенн. Это может быть достигнуто путем выбора подмножества из T передающих антенн и передачи меньше, чем T символов, от выбранного подмножества
30 передающих антенн. Передающая антенна(ы), которая не используется для передачи, не вызывает помехи в передающей антенне (антеннах), которая используется для передачи. Следовательно, могут быть получены улучшенные характеристики для
35 выбранного подмножества передающих антенн.

Каждая передающая антенна обычно сопоставляется с определенной пиковой мощностью передачи, которая может использоваться для этой антенны. Пиковая мощность передачи может определяться усилителем мощности, используемым для
40 передающей антенны, регулирующими ограничивающими условиями и/или другими факторами. Для каждой передающей антенны, которая не используется для передачи, мощность передачи для этой антенны по существу растрачивается впустую.

Таким образом, в данной области техники существует потребность в технологиях для более эффективного использования мощности передачи, доступной для
45 передающих антенн.

РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В настоящем описании излагаются технологии для передачи данных от виртуальных антенн вместо физических антенн. Физическая антенна является антенной, применяемой для излучения сигнала. Обычно физическая антенна имеет
50 ограниченную максимальную мощность передачи, которая часто определяется соотношенным усилителем мощности. Виртуальная антенна является антенной, от которой могут быть переданы данные. Виртуальная антенна может соответствовать

лучу, сформированному с помощью объединения множества физических антенн посредством вектора коэффициентов или весов. Множество виртуальных антенн могут быть сформированы множеством физических антенн так, что каждая виртуальная антенна отображается на некоторые или на все физические антенны с помощью различных отображений, которые описаны ниже. Виртуальные антенны обеспечивают возможность эффективного использования имеющейся мощности передачи физических антенн.

Согласно одному аспекту, оценивается характеристика различных наборов, по меньшей мере, из одной виртуальной антенны, и выбирается для использования набор из виртуальной антенны (антенн) с наилучшей характеристикой. Характеристика может количественно определяться различными показателями, такими как качество сигнала, пропускная способность, общая скорость, и так далее. В варианте осуществления оценивается множество гипотез на основании, по меньшей мере, одного показателя. Каждая гипотеза соответствует отличающемуся набору, по меньшей мере, из одной виртуальной антенны. Гипотеза с наилучшей характеристикой (например, с самыми высокими качеством сигнала, пропускной способностью или общей скоростью) выбирается из числа всех оцениваемых гипотез. Если выбор виртуальной антенны выполняется принимающим устройством, то информация о состоянии канала для выбранной виртуальной антенны (антенн) может быть передана на передающее устройство. Информация о состоянии канала может переносить различные виды информации, например, о выбранной виртуальной антенне (антеннах), качестве сигнала или скорости (скоростях) для выбранной виртуальной антенны (антенн), одну или более матриц, используемых для формирования выбранной виртуальной антенны (антенн), и так далее. Передающее устройство и/или принимающее устройство могут использовать выбранную виртуальную антенну (антенны) для передачи данных.

Ниже более подробно описываются различные аспекты и варианты осуществления настоящего изобретения.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Признаки и сущность настоящего изобретения станут более наглядными из детального описания, излагаемого ниже, при рассмотрении в сочетании с чертежами, на которых одинаковые ссылочные позиции используются для обозначения одинаковых элементов на всех чертежах.

Фиг.1 показывает структурную схему передающего устройства и принимающего устройства.

Фиг.2 показывает структурную схему устройства пространственной обработки передачи.

Фиг.3 показывает модель передачи для виртуальной антенны.

Фиг.4А и 4В показывают две иллюстративные передачи от виртуальных антенн.

Фиг.5 показывает выбор виртуальной антенны для четырех виртуальных антенн.

Фиг.6 показывает пример распределения мощности по принципу «заполнения водой».

Фиг.7 показывает технологический процесс для выбора и использования виртуальных антенн.

Фиг.8 показывает устройство для выбора и использования виртуальных антенн.

Фиг.9 показывает технологический процесс для передачи данных от виртуальных антенн.

Фиг.10 показывает устройство для передачи данных от виртуальных антенн.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Слово "иллюстративный" используется в настоящем описании, чтобы обозначить "служащий примером, вариантом или иллюстрацией". Любой вариант осуществления или образец, охарактеризованный в настоящем описании как "иллюстративный", не должен обязательно истолковываться как предпочтительный или выгодный перед другими вариантами осуществления или образцами.

Фиг.1 показывает структурную схему варианта осуществления передающего устройства 110 и принимающего устройства 150 в системе 100 связи. Передающее устройство 110 оборудовано множеством (Т) антенн, а принимающее устройство 150 оборудовано множеством (R) антенн. Каждая передающая антенна и каждая приемная антенна может быть физической антенной или антенной решеткой. Для передачи по нисходящей линии связи (или прямой линии связи) передающее устройство 110 может быть частью базовой станции, узла доступа, Узла В и/или какого-то другого сетевого объекта и может содержать некоторые или все их функциональные средства. Принимающее устройство 150 может быть частью мобильной станции, пользовательского терминала, пользовательского оборудования и/или какого-то другого устройства и может содержать некоторые или все их функциональные средства. Для передачи по восходящей линии связи (или обратной линии связи) передающее устройство 110 может быть частью мобильной станции, пользовательского терминала, пользовательского оборудования и так далее, а принимающее устройство 150 может быть частью базовой станции, узла доступа, Узла В и так далее.

В передающем устройстве 110 устройство 120 обработки данных передачи принимает данные трафика от источника 112 данных и обрабатывает (например, форматирует, кодирует, выполняет перемежение и отображение символов) данные трафика, чтобы сгенерировать символы данных. В том смысле, в каком это используется в настоящем описании, символ данных представляет собой модуляционный символ для данных, пилотный символ является модуляционным символом для пилотного сигнала, модуляционный символ является комплексным значением для точки в сигнальном созвездии (например, для М-ФМ (М-чная фазовая манипуляция) или М-КАМ (М-чная квадратурная амплитудная модуляция)), и символ обычно является комплексной величиной. Пилотный сигнал представляет собой данные, которые заранее известны и передающему устройству, и принимающему устройству, и могут также именоваться как обучающий, опорный сигнал, преамбула и так далее. Устройство 130 пространственной обработки передачи мультиплексирует символы данных с пилотными символами, выполняет пространственную обработку на мультиплексированных данных и пилотных символах и предоставляет Т потоков символов передачи для Т передающих модулей 132а-132t. Каждый передающий модуль 132 обрабатывает (например, модулирует, преобразует в аналоговое представление, фильтрует, усиливает и преобразует с повышением частоты) свой поток символов передачи и генерирует модулированный сигнал. Т модулированных сигналов от передающих модулей 132а-132t передаются от антенн 134а-134t соответственно.

В принимающем устройстве 150 R антенн 152а-152г принимают Т модулированных сигналов, и каждая антенна 152 предоставляет принятый сигнал на соответствующий принимающий модуль 154. Каждый принимающий модуль 154 обрабатывает свой принятый сигнал методом, являющимся комплементарным к обработке, выполненной передающими модулями 132, чтобы получить принятые символы, предоставляет

5 принятые символы для данных трафика на устройство 160 пространственной обработки приема и предоставляет принятые символы для пилотного сигнала на канальное обрабатывающее устройство 194. Канальное обрабатывающее устройство 194 оценивает отклик ММО-канала от передающего устройства 110 к принимающему устройству 150 на основании принятых символов для пилотного сигнала (и, возможно, принятых символов для данных трафика) и предоставляет

10 оценки канала на устройство 160 пространственной обработки приема. Устройство 160 пространственной обработки приема выполняет обнаружение на принятых символах для данных трафика, используя оценки канала, и предоставляет оценки символов данных. Устройство 170 обработки данных приема дополнительно обрабатывает (например, выполняет обращенное перемежение и декодирует) оценки символов данных и предоставляет декодированные данные на накопитель 172 данных.

15 Принимающее устройство 150 может оценивать условия канала и может передавать информацию о состоянии канала на передающее устройство 110. Информация о состоянии канала может указывать, например, конкретный набор, по меньшей мере, из одной виртуальной антенны для использования при передаче, одну или более матрицы, используемые для формирования выбранной виртуальной антенны (антенн), одну или более скоростей или форматов пакета для использования при передаче, качество сигнала для выбранной виртуальной антенны (антенн), символы квитирования (АСК) и/или символы негативного квитирования (НАК) для пакетов, декодированных принимающим устройством 150, другие виды информации, или любую их комбинацию. Информация о состоянии канала обрабатывается (например, кодируется, подвергается перемежению и отображению символов) устройством 180 обработки сигнализации передачи, подвергается пространственной обработке устройством 182 пространственной обработки передачи и дополнительно обрабатывается передающими модулями 154a-154g для генерирования R модулированных сигналов, которые передаются через антенны 152a-152g.

30 В передающем устройстве 110 R модулированных сигналов принимаются антеннами 134a-134t, обрабатываются принимающими модулями 132a-132t, подвергаются пространственной обработке устройством 136 пространственной обработки приема и дополнительно обрабатываются (например, подвергаются обращенному перемежению и декодируются) устройством 138 обработки сигнализации приема для восстановления информации о состоянии канала.

40 Управляющее/обрабатывающее устройство 140 управляет передачей данных на принимающее устройство 150 исходя из информации о состоянии канала. Канальное обрабатывающее устройство 144 может оценивать отклик ММО-канала от передающего устройства 150 на передающее устройство 110 и может предоставлять существенную информацию, используемую для передачи данных на принимающее устройство 150.

45 Управляющие/обрабатывающие устройства 140 и 190 управляют операциями в передающем устройстве 110 и принимающем устройстве 150 соответственно. Запоминающие устройства 142 и 192 хранят данные и программные коды для передающего устройства 110 и принимающего устройства 150 соответственно.

50 Технологии, изложенные в настоящем описании, могут использоваться для различных беспроводных систем связи, таких как система Множественного Доступа с Частотным Разделением (FDMA), система Множественного Доступа с Кодовым Разделением (CDMA), система Множественного Доступа с Временным Разделением (TDMA), система Множественного Доступа с Пространственным

Разделением (SDMA), система Множественного Доступа с Ортогональным Частотным Разделением (OFDMA), система Множественного Доступа с Частотным Разделением и Одной Несущей (SC-FDMA), и так далее. Система OFDMA использует Мультиплексирование с Ортогональным Разделением Частот (OFDM). OFDM и SC-FDMA разделяют полную ширину полосы системы на множество (K) ортогональных поднесущих, которые также именуются тонами, элементами дискретизации, и так далее. Каждая поднесущая может модулироваться данными. Обычно модуляционные символы передаются в частотной области в случае OFDM и во временной области в случае SC-FDMA.

1. Обработка в Передающем Устройстве

Передающее устройство может передавать один или более выходных символов одновременно от T передающих антенн на каждой поднесущей в каждом периоде символа. Каждый выходной символ может быть модуляционным символом для OFDM, частотно-временным символом для SC-FDMA или какой-нибудь другой комплексной величиной. Передающее устройство может передавать выходные символы, используя различные схемы передачи.

В варианте осуществления передающее устройство обрабатывает выходные символы для передачи следующим образом:

$$\underline{x}(k) = \underline{U} \cdot \underline{P}(k) \cdot \underline{G} \cdot \underline{s}(k), \quad \text{Ур. (1)}$$

где

$\underline{s}(k) = [s_1(k) \ s_2(k) \ \dots \ s_V(k)]^T$ является $V \times 1$ вектором, состоящим из V выходных символов, для передачи на поднесущей k в одном периоде символа,

\underline{G} является диагональной $V \times V$ матрицей, состоящей из коэффициентов усиления для V выходных символов,

$\underline{P}(k)$ является $T \times V$ матрицей перестановок для поднесущей k ,

$\underline{U} = [\underline{u}_1 \ \underline{u}_2 \ \dots \ \underline{u}_T]$ является ортонормированной $T \times T$ матрицей,

$\underline{x}(k) = [x_1(k) \ x_2(k) \ \dots \ x_T(k)]^T$ является $T \times 1$ вектором, состоящим из T символов передачи, для передачи от T передающих антенн на поднесущей k в одном периоде символа, и

" T " обозначает транспонирование.

Для упрощения в настоящем описании предполагается, что средняя мощность каждого элемента $s_i(k)$ в векторе $\underline{s}(k)$ равна единице. Уравнение (1) применяется для одной поднесущей k . Передающее устройство может выполнять такую же обработку для каждой поднесущей, используемой для передачи.

T представляет собой число передающих антенн. Кроме того, T также является числом виртуальных антенн, доступных для использования и сформированных T столбцами ортонормированной матрицы \underline{U} . Виртуальные антенны также могут называться эффективными антеннами или с использованием какой-нибудь другой терминологии. V является числом выходных символов, передаваемых одновременно на одной поднесущей в одном периоде символа. Кроме того, V является числом виртуальных антенн, используемых для передачи. В общем случае, $1 \leq V \leq \min\{T, R\}$. V может быть конфигурируемым параметром, который может выбираться, как описано ниже.

Хотя это не показано в уравнении (1), передающее устройство может применять разнесение с циклическими задержками, чтобы улучшить избирательность по частоте виртуальных антенн. Разнесение с циклическими задержками может быть

реализовано (1) в частотной области, путем применения различных линейных изменений фазы на K поднесущих каждой передающей антенны, или (2) во временной области, путем применения T различных циклических задержек для T передающих антенн. Для упрощения ниже приводится описание для варианта осуществления, показанного в уравнении (1), без разнесения с циклическими задержками.

В уравнении (1) матрица \underline{G} коэффициентов усиления определяет величину мощности передачи для использования по отношению к каждому из V выходных символов, передаваемых одновременно. В варианте осуществления задается такая матрица коэффициентов усиления, что суммарная мощность передачи P_{total} для T передающих антенн используется для передачи независимо от числа передаваемых выходных символов, т.е. независимо от величины V . В варианте осуществления суммарная мощность передачи равномерно или поровну распределяется по V выходным символам, а матрица коэффициентов усиления может быть задана следующим образом:

$$\underline{G} = \sqrt{\frac{T}{V} \cdot \frac{P_{tx}}{K}} \cdot \underline{I} \quad \text{Ур. (2)}$$

где \underline{I} является единичной матрицей, а P_{tx} является максимальной энергией передачи для каждой передающей антенны. Уравнение (2) предполагает, что все K поднесущие используются для передачи. В этом варианте осуществления для каждого выходного символа может использоваться большая мощность передачи, если передается меньше выходных символов. В других вариантах осуществления суммарная мощность передачи может распределяться неравномерно или неровно по V выходным символам.

Матрица $\underline{P}(k)$ перестановок выбирает V конкретных виртуальных антенн (или V конкретных столбцов матрицы \underline{U}), чтобы использовать для поднесущей k из числа T доступных виртуальных антенн. Матрица перестановок может задаваться различными способами, что описано ниже. Такие же или отличающиеся матрицы перестановок могут использоваться для K поднесущих.

Ортонормированная матрица \underline{U} характеризуется свойством $\underline{U}^H \cdot \underline{U} = \underline{I}$, где \underline{U}^H представляет собой сопряженное транспонирование матрицы \underline{U} . T столбцов матрицы \underline{U} являются ортогональными друг к другу, и каждый столбец обладает единичной мощностью. В варианте осуществления матрица \underline{U} задается так, что сумма квадратов амплитуд T элементов в каждой строке равна постоянной величине. Это свойство приводит к равной мощности передачи, используемой для всех T передающих антенн. Кроме того, матрица \underline{U} может быть унитарной матрицей, которая характеризуется свойством $\underline{U}^H \cdot \underline{U} = \underline{U} \cdot \underline{U}^H = \underline{I}$.

Для формирования виртуальных антенн могут использоваться различные ортонормированные и унитарные матрицы. В варианте осуществления для матрицы \underline{U} используется $T \times T$ матрица \underline{W} Уолша/Адамара. В другом варианте осуществления для матрицы \underline{U} используется $T \times T$ матрица \underline{F} Фурье. В еще одном варианте осуществления матрица \underline{U} образована как $\underline{U} = \underline{\Delta} \cdot \underline{F}$, где $\underline{\Delta}$ является диагональной матрицей, составленной из T масштабированных значений для T строк матрицы \underline{F} . Например, $\underline{\Delta}$ может быть задана в виде $\underline{\Delta} = \text{diag}\{1 e^{j\theta_1} \dots e^{j\theta_{T-1}}\}$, где θ_t для $t=1, \dots, T-1$ могут быть случайными фазами, которые изменяют пространственные направления, описываемые столбцами матрицы \underline{F} . В еще одном варианте осуществления матрица \underline{U} является ортонормированной матрицей с псевдослучайными элементами. Также для матрицы \underline{U} могут использоваться различные другие матрицы.

В варианте осуществления единственная ортонормированная матрица \underline{U} используется для всех K поднесущих во всех периодах символа. В этом варианте осуществления \underline{U} не является функцией индекса k поднесущей или индекса n символа. В другом варианте осуществления разные ортонормированные матрицы используются для разных поднесущих. В еще одном варианте осуществления разные ортонормированные матрицы используются для разных наборов поднесущих, которые могут назначаться разным пользователям. В еще одном варианте осуществления разные ортонормированные матрицы используются для разных временных интервалов, причем каждый временной интервал может охватывать единственный или множество периодов символов. В еще одном варианте осуществления для использования выбираются одна или более ортонормированных матриц из набора ортонормированных матриц, доступных для использования. В общем случае данные и пилотный сигнал могут передаваться, используя одну или более ортонормированных матриц так, что принимающее устройство в состоянии оценивать отклик канала на основании пилотного сигнала и использовать оценку канала для восстановления данных, переданных на принимающее устройство.

Ортонормированная матрица (например, матрица Уолша/Адамара или матрица Фурье) может быть выбрана для использования без знания отклика ММО-канала. Также ортонормированная матрица может быть выбрана на основании знания отклика ММО-канала и в этом случае может именоваться как матрица предварительного кодирования. Матрица предварительного кодирования может выбираться принимающим устройством и указываться передающему устройству или может выбираться передающим устройством в системе дуплексной связи с временным разделением.

Фиг.2 показывает вариант осуществления устройства 130 пространственной обработки передачи, которое выполняет обработку, показанную в уравнении (1). Устройство 130 пространственной обработки передачи включает в себя модуль 210 масштабирования мощности, модуль 220 отображения символа на виртуальную антенну и модуль 230 пространственного отображения. В модуле 210 V множительных устройств 212a-212v принимают V выходных символов $s_1(k)$ - $s_v(k)$, соответственно, в вектор $\underline{s}(k)$, умножают эти выходные символы на коэффициенты усиления g_1 - g_v , соответственно, из матрицы \underline{G} коэффициентов усиления и предоставляют V масштабированных символов. Множительные устройства 212a-212v выполняют матричное умножение $\underline{G}\cdot\underline{s}(k)$.

В варианте осуществления, показанном на Фиг.2, каждый масштабированный символ отображается на одну виртуальную антенну модулем 220. V виртуальные антенны a_1 - a_v выбираются для использования из числа T доступных виртуальных антенн 1- T , где $a_1, a_2, \dots, a_v \in \{1, \dots, T\}$. Модуль 220 включает в себя V устройств 222a-222v мультиплексирования. Каждое устройство 222 мультиплексирования принимает V масштабированных символов от множительных устройств 212a-212v и предоставляет один из V масштабированных символов на своем выходе. Устройства 222a-222v мультиплексирования выполняют матричное умножение на $T \times V$ матрицу $\underline{P}(k)$ перестановок и предоставляют V отображенных символов $s_{a_1}(k)$ - $s_{a_v}(k)$

для V выбранных виртуальных антенн и T - V нулевых символов, которые не учитываются. В других вариантах осуществления масштабированный выходной символ может отображаться на множество виртуальных антенн.

Модуль 230 умножает каждый отображенный символ на соответствующий столбец матрицы \underline{U} и генерирует вектор для этого символа. Модуль 230 включает в себя V

наборы 232a-232v множительных устройств для V виртуальных антенн и T суммирующих устройств 236a-236t для T передающих антенн. Каждый набор 232 множительных устройств включает в себя T множительных устройств 234 для T передающих антенн. Отображенный символ $s_{a_1}(k)$ для виртуальной антенны a_1

умножается на T элементов столбца \underline{u}_{a_1} матрицы \underline{U} с помощью T множительных устройств 234aa-234at, чтобы сгенерировать вектор с T элементами. Эти T элементов указывают компоненты этого отображенного символа для T передающих антенн. Отображенный символ для каждой остающейся виртуальной антенны умножается на соответствующий столбец матрицы \underline{U} , чтобы сгенерировать вектор для этого отображенного символа. Суммирующее устройство 236a суммирует выходные данные V множительных устройств 234aa-234va и генерирует символ передачи $x_1(k)$ для передающей антенны 1. Каждое из остальных суммирующих устройств 236 суммирует выходные данные соответствующего набора V множительных устройств 234 и генерирует символ передачи для своей передающей антенны. Суммирующие устройства 236a-236t предоставляют T символов передачи $x_1(k)$ - $x_T(k)$ в векторе $\underline{x}(k)$ для T передающих антенн. Множительные устройства 234 и суммирующие устройства 236 выполняют матричное умножение на матрицу \underline{U} .

Как показано на Фиг.2, каждый отображенный символ передается от одной виртуальной антенны, но от всех T передающих антенн. Получают V векторов для передачи V отображенных символов на V выбранных виртуальных антенн. Эти V векторов суммируются для генерирования вектора $\underline{x}(k)$ символа передачи.

Фиг.3 показывает модель 300 для схемы передачи, задаваемой уравнением (1). Устройство 130 пространственной обработки передачи в принимающем устройстве принимает вектор $\underline{s}(k)$ выходного символа для каждой поднесущей и периода символа. В устройстве 130 пространственной обработки передачи модуль 210 масштабирования мощности умножает вектор $\underline{s}(k)$ выходного символа на матрицу \underline{G} коэффициентов усиления. Модуль 220 отображения символа на виртуальную антенну уменьшает вектор масштабированного символа на матрицу $\underline{P}(k)$ перестановок и генерирует $T \times 1$ вектор, составленный из V отображенных символов, которые будут переданы через V выбранных виртуальных антенн, и $T-V$ нулевых символов, которые не учитываются. Модуль 230 пространственного отображения умножает подвергнутый перестановке вектор символов на ортонормированную матрицу \underline{U} и генерирует вектор $\underline{x}(k)$ символов передачи. Вектор $\underline{x}(k)$ символов передачи передается от T передающих антенн и через ММО-канал 250 на R приемных антенн в принимающем устройстве.

Принятые символы в принимающем устройстве могут быть выражены как:

$$\begin{aligned} \underline{r}(k) &= \underline{H}(k) \cdot \underline{x}(k) + \underline{n}(k), \\ &= \underline{H}(k) \cdot \underline{U} \cdot \underline{P}(k) \cdot \underline{G} \cdot \underline{s}(k) + \underline{n}(k), \\ &= \underline{H}_{\text{virtual}}(k) \cdot \underline{P}(k) \cdot \underline{G} \cdot \underline{s}(k) + \underline{n}(k), \\ &= \underline{H}_{\text{used}}(k) \cdot \underline{s}(k) + \underline{n}(k), \end{aligned} \quad \text{Ур. (3)}$$

где

$\underline{H}(k)$ является $R \times T$ матрицей фактических откликов ММО-каналов для поднесущей k ,

$\underline{H}_{\text{virtual}}(k)$ является $R \times T$ матрицей виртуальных откликов ММО-каналов для поднесущей k ,

$\underline{H}_{\text{used}}(k)$ является $R \times V$ матрицей используемых откликов ММО-каналов для поднесущей k ,

$\underline{r}(k)$ является $R \times 1$ вектором, составленным из R символов, принятых от R приемных

антенн на поднесущей k в одном периоде символа, и

$\underline{p}(k)$ является $R \times 1$ вектором помех для поднесущей k . Для упрощения можно допустить, что помехи представляют собой аддитивный белый гауссовский шум (AWGN) с нулевым вектором средних значений и ковариационной матрицей вектора $\underline{p}(k) = \sigma_n^2 \mathbf{I}$, где σ_n^2 является дисперсией помехи.

Матрицы виртуальных и используемых откликов ММО-каналов могут быть заданы как:

$$\begin{aligned} \underline{H}_{\text{virtual}}(k) &= \underline{H}(k) \cdot \underline{U}, \\ &= [\underline{H}(k) \cdot \underline{u}_1 \underline{H}(k) \cdot \underline{u}_2 \dots \underline{H}(k) \cdot \underline{u}_T], \end{aligned} \quad \text{Ур. (4)}$$

$$\begin{aligned} \underline{H}_{\text{used}}(k) &= \underline{H}_{\text{virtual}}(k) \cdot \underline{P}(k) \cdot \underline{G}, \\ &= [\underline{H}(k) \cdot \underline{u}_{\alpha_1} \cdot g_1 \underline{H}(k) \cdot \underline{u}_{\alpha_2} \cdot g_2 \dots \underline{H}(k) \cdot \underline{u}_{\alpha_V} \cdot g_V], \end{aligned} \quad \text{Ур. (5)}$$

где

\underline{u}_t , для $t=1, \dots, T$, является t -м столбцом матрицы \underline{U} для t -й доступной виртуальной антенны,

\underline{u}_{α_v} , для $v=1, \dots, V$, является столбцом матрицы \underline{U} для v -й используемой виртуальной антенны,

$\text{diag} \{ \underline{G} \} = \{ g_1 \ g_2 \ \dots \ g_V \}$ являются коэффициентами усиления V потоков данных, отправленных от V используемых виртуальных антенн, и

$$\{ \underline{u}_{\alpha_1} \ \underline{u}_{\alpha_2} \ \dots \ \underline{u}_{\alpha_V} \} \subset \{ \underline{u}_1 \ \underline{u}_2 \ \dots \ \underline{u}_T \}.$$

T передающих антенн соотносятся с T векторами $\underline{h}_1(k) \dots \underline{h}_T(k)$ фактических откликов каналов. T доступных виртуальных антенн соотносятся с T векторами $\underline{h}_{\text{virtual},1}(k) = \underline{H}(k) \cdot \underline{u}_1 \dots \underline{h}_{\text{virtual},T}(k) = \underline{H}(k) \cdot \underline{u}_T$ виртуальных откликов каналов. Каждый вектор $\underline{h}_{\text{virtual},t}(k)$ формируется полной матрицей $\underline{H}(k)$ фактических откликов ММО-каналов.

Как показано в уравнении (4) и проиллюстрировано на Фиг.3, виртуальный ММО-канал с T виртуальными антеннами формируется ортонормированной матрицей \underline{U} .

Используемый ММО-канал формируется с помощью V виртуальных антенн, которые используются для передачи. Умножение $\underline{H}(k)$ на матрицу \underline{U} не изменяет статистические свойства $\underline{H}(k)$. Следовательно, фактический ММО-канал $\underline{H}(k)$ и виртуальный ММО-канал $\underline{H}_{\text{virtual}}(k)$ имеет подобные характеристики. Однако умножение на матрицу \underline{U}

учитывает полное использование суммарной мощности передачи для всех T передающих антенн. Пиковая мощность передачи для каждой передающей антенны

может быть обозначена как P_{tx} и суммарная мощность передачи для T передающих антенн может быть обозначена как $P_{\text{total}} = T \cdot P_{tx}$. Если V выходных символов

передаются от V передающих антенн без умножения на матрицу \underline{U} , то каждая передающая антенна, которая выключена, приводит к тому, что мощность передачи

P_{tx} для этой передающей антенны расходуется впустую. Однако, если V выходных символов передаются от V виртуальных антенн с умножением на матрицу \underline{U} , то

каждый выходной символ передается от всех T передающих антенн, при этом может использоваться полная мощность передачи P_{tx} для каждой передающей антенны

независимо от числа виртуальных антенн, выбранных для использования, и суммарная мощность передачи P_{total} для всех T передающих антенн может быть

распределена по V виртуальным антеннам.

Для схемы передачи, показанной в уравнении (1), $R \times T$ ММО-система эффективно приводится к $R \times V$ ММО-системе. Передающее устройство представляется, как будто оно имеет V виртуальных антенн, а не T передающих антенн, где $1 \leq V \leq T$.

Передающее устройство может передавать V потоков данных по V выбранным

виртуальным антеннам. V выбранные виртуальные антенны могут сопоставляться с разными значениями качества сигналов и могут иметь разные мощности передачи. В варианте осуществления каждый поток данных передается от соответствующей виртуальной антенны. Для каждого потока данных может быть выбрана подходящая скорость исходя из пропускной способности виртуальной антенны, используемой для этого потока данных. В другом варианте осуществления каждый поток данных передается через все V выбранные виртуальные антенны для достижения сходной характеристики для всех V потоков данных. Если для передачи доступна единственная поднесущая, то каждый поток данных может быть передан от V выбранных виртуальных антенн в разные периоды символа. Если для передачи доступно множество поднесущих, то каждый поток данных может быть передан от V выбранных виртуальных антенн на разных поднесущих. Если каждый поток данных передается от всех V выбранных виртуальных антенн, то может быть выбрана единая скорость для всех V потоков данных исходя из средней пропускной способности для V выбранных виртуальных антенн.

Фиг.4А показывает вариант осуществления передачи двух потоков данных от двух виртуальных антенн. В этом варианте осуществления доступны четыре виртуальные антенны, виртуальные антенны 2 и 4 выбираются для использования, а виртуальные антенны 1 и 3 не используются. Выходные символы для потока 1 данных передаются от виртуальной антенны 2 на всех K поднесущих. Выходные символы для потока 2 данных передаются от виртуальной антенны 4 на всех K поднесущих.

В варианте осуществления, показанном на Фиг.4А, может использоваться единственная матрица перестановок для всех K поднесущих, которая может быть определена следующим образом:

$$\underline{P}(k) = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \text{ для } k=1, \dots, K \quad \text{Ур. (6)}$$

Каждая строка матрицы $\underline{P}(k)$ перестановок соответствует одной доступной виртуальной антенне, и каждый столбец матрицы $\underline{P}(k)$ соответствует одному потоку данных. Для каждой виртуальной антенны, которая не используется для передачи, соответствующая строка матрицы $\underline{P}(k)$ состоит только из нулей. Для каждого потока данных соответствующий столбец матрицы $\underline{P}(k)$ содержит элемент '1' для виртуальной антенны, используемой для этого потока данных.

Фиг.4В показывает вариант осуществления циклической передачи трех потоков данных через K поднесущих трех виртуальных антенн. В этом варианте осуществления доступны четыре виртуальные антенны, причем виртуальные антенны 1, 3 и 4 выбираются для использования, а виртуальная антенна 2 не используется. Выходные символы для потока 1 данных передаются от виртуальной антенны 1 на поднесущих 1, 4, 7, ... , от виртуальной антенны 3 на поднесущих 2, 5, 8, ... , и от виртуальной антенны 4 на поднесущих 3, 6, 9.... Выходные символы для каждого из других двух потоков данных также передаются через K поднесущих всех трех выбранных виртуальных антенн, как показано на Фиг.4В.

В варианте осуществления, показанном на Фиг.4В, матрицы перестановок могут быть заданы следующим образом:

$$\underline{P}(1) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \underline{P}(2) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \underline{P}(3) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \text{ и т.д.} \quad \text{Ур. (7)}$$

5

Потоки 1, 2 и 3 данных ставятся в соответствие со столбцами 1, 2 и 3 соответственно каждой матрицы перестановок. Для каждого потока данных виртуальная антенна, используемая для потока данных, обозначается элементом '1' в строке, соответствующей виртуальной антенне. Как показано на Фиг.4В и указано в уравнении (7), каждый поток данных переходит от одной выбранной виртуальной антенны на следующую выбранную виртуальную антенну через К поднесущих и осуществляет циклический переход на первую выбранную виртуальную антенну после достижения последней выбранной виртуальной антенны.

10

Фиг.4А и 4В показывают конкретные варианты осуществления отображения потоков данных на виртуальные антенны. В общем случае любое число потоков данных может передаваться от любого числа виртуальных антенн. Потоки данных могут отображаться на выбранные виртуальные антенны детерминированным способом (например, циклически или последовательно используя все возможные перестановки) или псевдослучайным способом, основанным на последовательности псевдослучайных чисел (ПЧ), которая известна и передающему устройству, и принимающему устройству. Данный поток данных может быть отображен на все выбранные виртуальные антенны, используя любую перестановку потока или схему отображения, один пример которой показан на Фиг.4В.

15

1. Обработка в Принимающем Устройстве

Принимающее устройство может использовать различные технологии обнаружения для восстановления выходных символов, переданных передающим устройством. Эти технологии обнаружения включают в себя метод минимальной среднеквадратической ошибки (MMSE), метод обращения в нуль незначущих коэффициентов (ZF), максимальное отношение, метод суммирования дифференциально взвешенных сигналов каждого канала (MRC) и метод последовательного подавления помех (SIC). Принимающее устройство может выводить матрицу пространственного фильтра, основываясь на методе MMSE, ZF или MRC, следующим образом:

20

$$\underline{M}_{\text{mmse}}(k) = \underline{D}_{\text{mmse}}(k) \cdot [\underline{H}_{\text{used}}^H(k) \cdot \underline{H}_{\text{used}}(k) + \sigma_n^2 \underline{I}]^{-1} \cdot \underline{H}_{\text{used}}^H(k), \quad \text{Ур. (8)}$$

25

$$\underline{M}_{\text{zf}}(k) = [\underline{H}_{\text{used}}^H(k) \cdot \underline{H}_{\text{used}}(k)]^{-1} \cdot \underline{H}_{\text{used}}^H(k), \text{ и} \quad \text{Ур. (9)}$$

$$\underline{M}_{\text{mrc}}(k) = \underline{D}_{\text{mrc}}(k) \cdot \underline{H}_{\text{used}}^H(k), \quad \text{Ур. (10)}$$

где

$$\underline{Q}(k) = [\underline{H}_{\text{used}}^H(k) \cdot \underline{H}_{\text{used}}(k) + \sigma_n^2 \underline{I}]^{-1} \cdot \underline{H}_{\text{used}}^H(k) \cdot \underline{H}_{\text{used}}(k),$$

30

$$\underline{D}_{\text{mmse}}(k) = [\text{diag} \{ \underline{Q}(k) \}]^{-1},$$

$$\underline{D}_{\text{mrc}}(k) = [\text{diag} \{ \underline{H}_{\text{used}}^H(k) \cdot \underline{H}_{\text{used}}(k) \}]^{-1},$$

В уравнениях (8) и (10), $\underline{D}_{\text{mmse}}(k)$ и $\underline{D}_{\text{mrc}}(k)$ являются диагональными $V \times V$ матрицами масштабированных величин, используемых для получения нормированных оценок выходных символов.

35

Принимающее устройство может выполнять обнаружение следующим образом:

$$\hat{\underline{s}}(k) = \underline{M}(k) \cdot \underline{r}(k) = \underline{s}(k) + \tilde{\underline{n}}(k),$$

Ур. (11)

где

$\underline{M}(k)$ является $V \times R$ матрицей пространственных фильтров, которая может быть

$\underline{M}_{\text{mmse}}(k)$, $\underline{M}_{\text{zf}}(k)$ или $\underline{M}_{\text{mrc}}(k)$,

$\hat{\underline{s}}(k)$ является $V \times 1$ вектором с V оценками символов, и

$\tilde{\underline{n}}(k)$ является вектором помех после обнаружения.

Принимающее устройство может получать оценку $\underline{H}(k)$, $\underline{H}_{\text{virtual}}(k)$ и/или $\underline{H}_{\text{used}}(k)$

исходя из пилотного сигнала, принятого от передающего устройства. Для упрощения в настоящем описании предполагается, что нет погрешности оценки канала.

Принимающее устройство может вывести $\underline{H}_{\text{used}}(k)$ исходя из $\underline{H}(k)$ или $\underline{H}_{\text{virtual}}(k)$ и

известных \underline{U} , $\underline{P}(k)$ и \underline{G} . Затем принимающее устройство может вывести $\underline{M}(k)$ исходя из

$\underline{H}_{\text{used}}(k)$ для V выбранных виртуальных антенн. Размерность $\underline{M}(k)$ зависит от числа виртуальных антенн, используемых для передачи. Оценки символа в $\hat{\underline{s}}(k)$ являются оценками выходных символов в $\underline{s}(k)$.

Принимающее устройство может выполнять обнаружение, как показано в уравнении (11), для каждой поднесущей k в каждом периоде символа n , чтобы

получить оценки символов для этих поднесущей и периода символа. Принимающее устройство может выполнить обратное отображение оценок символов для всех

поднесущих и периодов символа на потоки способом, комплиментарным отображению символа на виртуальную антенну, выполненному передающим

устройством. Затем принимающее устройство может выполнить обработку

(например, демодулировать, выполнить обращенное перемежение и декодировать) потоков оценок символов, чтобы получить декодированные потоки данных.

Качество оценок символов зависит от технологии обнаружения, используемой принимающим устройством. В общем случае, качество сигнала может быть

количественно определено через отношение сигнал-шум (SNR), отношение сигнал-смесь помехи с шумом (SINR), отношение энергия символа-шум (E_s/N_0), и так далее.

Для ясности в дальнейшем описании для представления качества сигнала используется отношение SNR.

Отношение SNR для метода MMSE может быть выражено как:

$$\gamma_{\text{mmse},v}(k) = \frac{q_v(k)}{1 - q_v(k)}, \quad \text{для } v=1, \dots, T, \quad \text{Ур. (12)}$$

где

$q_v(k)$ является v -м диагональным элементом матрицы $\underline{Q}(k)$ для поднесущей k , и

$\gamma_{\text{mmse},v}(k)$ является отношением SNR поднесущей k виртуальной антенны v с MMSE-обнаружением.

Отношение SNR для технологии ZF может быть выражено как:

$$\gamma_{\text{zf},v}(k) = \frac{1}{r_v(k) \cdot \sigma_n^2}, \quad \text{для } v=1, \dots, T, \quad \text{Ур. (13)}$$

где

$r_v(k)$ является v -м диагональным элемент матрицы $\text{diag}\{[\underline{H}_{\text{used}}^H(k) \cdot \underline{H}_{\text{used}}(k)]^{-1}\}$ для поднесущей k , и

$\gamma_{zf,v}(k)$ является отношением SNR поднесущей k виртуальной антенны v с ZF-обнаружением.

Уравнения (12) и (13) предполагают, что средняя мощность каждого элемента вектора $\underline{s}(k)$ символов передачи равна единице. Отношения SNR для других технологий обнаружения известны в данной области техники и не приводятся в настоящем описании.

Уравнения (12) и (13) задают отношения SNR в линейных единицах. Кроме того, отношение SNR может быть задано в децибелах (дБ), следующим образом:

$$\text{SNR}_v(k) = 10 \log_{10} \{ \gamma_v(k) \}, \quad \text{Ур. (14)}$$

где $\gamma_v(k)$ является отношением SNR в линейных единицах, и $\text{SNR}_v(k)$ является соответствующим отношением SNR в дБ.

Для метода SIC принимающее устройство восстанавливает V потоков данных на V этапах или уровнях, один поток данных на каждый этап, и устраняет помехи из каждого декодированного потока данных до восстановления следующего потока данных. Для первого этапа принимающее устройство выполняет обнаружение на принятых символах (например, используя методы MMSE, ZF или MRC, как показано в уравнении (11)) и получает оценки символов для одного потока данных. Затем принимающее устройство обрабатывает (например, демодулирует, выполняет обратное перемежение и декодирует) оценки символов для получения декодированного потока данных. После этого принимающее устройство оценивает помехи, вызванные этим потоком данных с помощью (1) перекодирования, перемежения и символьного отображения декодированного потока данных таким же образом, как это выполнялось передающим устройством для этого потока и (2) умножения реконструированных выходных символов на векторы откликов используемых MIMO-каналов, чтобы получить составляющие помех, вызванных этим потоком. Затем принимающее устройство вычитает составляющие помех из принятых символов для получения модифицированных принятых символов. Для каждого последующего этапа принимающее устройство обрабатывает модифицированные принятые символы от предыдущего этапа таким же образом, как в первом этапе, чтобы восстановить один поток данных.

Для метода SIC отношение SNR каждого декодированного потока данных зависит от (1) метода обнаружения (например, MMSE, ZF или MRC), используемого для потока, (2) конкретного этапа, на котором поток данных восстанавливается, и (3) величины помех, вызванных потоком данных, восстанавливаемых на более поздних этапах. В общем случае отношение SNR улучшается для потоков данных, восстанавливаемых на более поздних этапах, потому что помехи от потоков данных, восстановленных на предшествующих этапах, устраняются. Это может обеспечить более высокие скорости, которые используются для потоков данных, восстанавливаемых на более поздних этапах.

Согласно одному аспекту оценивается характеристика различных наборов или комбинаций из виртуальной антенны (антенн), и для использования выбирается набор из виртуальной антенны (антенн) с наилучшей характеристикой. Характеристика может количественно определяться различными показателями, такими как качество сигнала (например, отношение SNR), пропускная способность, общая скорость и так далее. Выбор виртуальной антенны может выполняться различными способами.

В варианте осуществления оцениваются все возможные наборы из одной или более виртуальных антенн. Каждый возможный набор виртуальных антенн также

именуется как гипотеза. Для T доступных виртуальных антенн имеется всего $2^T - 1$ гипотез - одна гипотеза для T виртуальных антенн, T гипотез для $T-1$ виртуальных антенн, и так далее, и T гипотез для одной виртуальной антенны могут быть
 5 определены M гипотез, где $M = 2^T - 1$, если все возможные гипотезы определены. Гипотеза m , для $m = 1, \dots, M$, приходится на конкретный набор из виртуальной антенны (антенн), который обозначается как A_m . M гипотез приходится на M различных наборов виртуальных антенн.

В варианте осуществления характеристика определяется равномерным
 10 распределением суммарной мощности передачи по выбранным виртуальным антеннам. Для гипотезы с V виртуальными антеннами, где $1 \leq V \leq T$, суммарная мощность передачи может быть распределена следующим образом:

$$15 \quad P_{m,v}(k) = \frac{T \cdot P_{tx}}{V \cdot K}, \quad \text{для } v \in A_m, \quad \text{Ур. (15)}$$

где $P_{m,v}(k)$ является мощностью передачи для поднесущей k виртуальной антенны v в гипотезе m . В уравнении (15) суммарная мощность передачи $P_{total} = T \cdot P_{tx}$ равномерно
 20 распределяется по V виртуальным антеннам, и каждой виртуальной антенне назначается $P_{v,a} = T \cdot P_{tx} / V$. Затем назначенная мощность передачи $P_{v,a}$ для каждой виртуальной антенны равномерно распределяется на K поднесущих этой виртуальной антенны. $P_{v,a}$ и $P_{m,v}(k)$ являются большими для гипотез с меньшим количеством
 25 виртуальных антенн. Уравнение (15) также отражает, что только виртуальной антенне (антеннам) в наборе назначается мощность передачи, и всем другим виртуальным антеннам назначается нулевая мощность передачи (за исключением возможного назначения для передач пилотных сигналов).

Для каждой гипотезы m может быть вычислено отношение SNR каждой
 30 поднесущей каждой виртуальной антенны в гипотезе, например, как показано в уравнениях (12)-(14). Нужно отметить, что $q_v(k)$ и $r_v(k)$ зависят от мощности $P_{m,v}(k)$, используемой для вычисления $H_{used}(k)$. Следовательно, отношение SNR зависит от числа виртуальных антенн в гипотезе и является большим, если гипотеза имеет
 35 меньше виртуальных антенн из-за большего значения $P_{m,v}(k)$.

В варианте осуществления характеристика количественно определяется средним отношением SNR, которое может быть вычислено следующим образом:

$$40 \quad \text{SNR}_{avg,v} = \frac{1}{V \cdot K} \cdot \sum_{v \in A_m} \sum_{k=1}^K \text{SNR}_{m,v}(k), \quad \text{Ур. (16)}$$

где

$\text{SNR}_{m,v}(k)$ является отношением SNR поднесущей k виртуальной антенны v в
 45 гипотезе m , и

$\text{SNR}_{avg,v}$ является средним отношением SNR для гипотезы m ,

$\text{SNR}_{m,v}(k)$ и $\text{SNR}_{avg,v}$ выражаются в единицах дБ.

В другом варианте осуществления характеристика количественно определяется
 50 пропускной способностью, которая также именуется как спектральная эффективность, емкость, и так далее. Пропускная способность для гипотезы m может быть определена на основании функции неограниченной емкости (пропускной способности) следующим образом:

$$TP_m = \sum_{v=A_m} \sum_{k=1}^K \log_2 [1 + \gamma_{m,v}(k)], \quad \text{Ур. (17)}$$

5

где

$\gamma_{m,v}(k)$ является отношением SNR поднесущей k виртуальной антенны v в гипотезе m , и

TP_m представляет собой пропускную способность для гипотезы m .

10

В уравнении (17) $\gamma_{m,v}(k)$ выражается в линейных единицах, а пропускная способность каждой поднесущей каждой виртуальной антенны задается как $\log_2[1 + \gamma_{m,v}(k)]$. Пропускная способность для всех поднесущих всех виртуальных антенн в гипотезе m суммируется нарастающим итогом для получения общей пропускной способности для гипотезы. Функция неограниченной емкости в уравнении (17)

15

предполагает, что данные могут быть надежно переданы при этой емкости MIMO-канала.

Кроме того, пропускная способность для гипотезы m может быть определена на основании функции с ограниченной емкости следующим образом:

20

$$TP_m = \sum_{v=A_m} \sum_{k=1}^K \log_2 [1 + Q \cdot \gamma_{m,v}(k)], \quad \text{Ур. (18)}$$

25

где Q является поправкой на потери, используемой для учета различных факторов, таких как схема модулирования, схема кодирования, кодовая скорость, размер пакета, погрешности оценки канала, и так далее. Пропускная способность также может быть вычислена на основании других функций емкости.

30

В еще одном варианте осуществления производительность (эффективность) количественно определяется общей скоростью. Система может поддерживать набор скоростей. Каждая скорость может быть сопоставлена с конкретной схемой кодирования и модулирования, конкретной кодовой скоростью, конкретной спектральной эффективностью и конкретным минимальным отношением SNR, требующимися для достижения заданного уровня характеристики, например 1%-й вероятности искажения пакета (PER). Для каждой гипотезы m может быть выбрана скорость для каждой виртуальной антенны в гипотезе исходя из отношений SNR для этой виртуальной антенны. Выбор скорости может быть выполнен различными способами.

40

Для гипотезы m среднее отношение SNR может быть вычислено для каждой виртуальной антенны следующим образом:

45

$$SNR_{avg,m,v} = \frac{1}{K} \cdot \sum_{k=1}^K SNR_{m,v}(k), \quad \text{для } v \in A_m, \quad \text{Ур. (19)}$$

где $SNR_{avg,m,v}$ является средним отношением SNR для виртуальной антенны v в гипотезе m .

50

Кроме того, эффективное отношение SNR для каждой виртуальной антенны может быть вычислено следующим образом:

$$SNR_{eff,m,v} = SNR_{avg,m,v} - SNR_{bo,m,v}, \quad \text{для } v \in A_m, \quad \text{Ур. (20)}$$

где

$SNR_{b_{o,m,v}}$ является коэффициентом потери мощности для виртуальной антенны v в гипотезе m , и

$SNR_{eff,m,v}$ является эффективным отношением SNR для виртуальной антенны v в гипотезе m .

Коэффициент потери мощности может использоваться для учета изменчивости отношений SNR по K поднесущим виртуальной антенны v и может задаваться в виде $SNR_{b_{o,m,v}} = K_{snr} \cdot \sigma_{snr,m,v}^2$, где $\sigma_{snr,m,v}^2$ является дисперсией отношений SNR для виртуальной антенны v , K_{snr} является постоянной величиной. Коэффициент потери мощности также может использоваться для учета других факторов, таких, например, как кодирование и модуляция, используемые для виртуальной антенны v , текущей PER, и так далее.

Кроме того, эквивалентное отношение SNR для каждой виртуальной антенны может быть вычислено следующим образом:

$$TP_{m,v} = \frac{1}{K} \cdot \sum_{k=1}^K \log_2 [1 + Q \cdot \gamma_{m,v}(k)], \quad \text{и} \quad \text{Ур. (21a)}$$

$$SNR_{eq,m,v} = 10 \log_{10} \left(\frac{2^{TP_{m,v}} - 1}{Q} \right), \quad \text{для } v \in A_m, \quad \text{Ур. (21b)}$$

где

$TP_{m,v}$ является средней пропускной способностью для каждой поднесущей виртуальной антенны v в гипотезе m , и

$SNR_{eq,m,v}$ является эквивалентным отношением SNR для виртуальной антенны v в гипотезе m .

Уравнение (21a) вычисляет среднюю пропускную способность для каждой поднесущей исходя из отношений SNR для всех K поднесущих. Уравнение (21b) задает отношение SNR, которое обеспечивает среднюю пропускную способность из уравнения (21a).

$SNR_{avg,m,v}$, $SNR_{eff,m,v}$ или $SNR_{eq,m,v}$ для каждой виртуальной антенны могут быть предоставлены в таблице соответствия скоростей в сопоставлении с требуемыми отношениями SNR. Тогда таблица соответствия может предоставлять самую высокую скорость, которая может использоваться для каждой виртуальной антенны.

Выбранные скорости для всех виртуальных антенн в гипотезе m могут суммироваться нарастающим итогом для получения общей скорости для гипотезы m .

Кроме того, эффективность может количественно определяться другими показателями, и это находится в пределах объема настоящего изобретения. M значений показателей применяются для M оцениваемых гипотез. Эти значения показателей могут приводиться для среднего отношения SNR, пропускной способности, общей скорости, и так далее. Может быть идентифицирована гипотеза с наилучшим значением показателя (например, с самым высоким средним отношением SNR, самой высокой пропускной способностью, или самой высокой общей скоростью) среди M гипотез. Набор из виртуальной антенны (антенн) для гипотезы с наилучшим значением показателя может быть выбран для использования.

Фиг.5 показывает выбор виртуальной антенны для случая с четырьмя доступными виртуальными антеннами. При $T = 4$ имеется всего $2^T - 1 = 15$ гипотез, которые

обозначены как гипотезы 1-15. Четыре гипотезы 1-4 относятся к одной виртуальной антенне, шесть гипотез 5-10 относятся к двум виртуальным антеннам, четыре гипотезы 11-14 относятся к трем виртуальным антеннам и одна гипотеза 15 относится к четырем виртуальным антеннам. Набор из виртуальной антенны (антенн) для каждой гипотезы показывается на Фиг.5. Например, гипотеза 2 относится к одной виртуальной антенне 2 ($a_1 = 2$), гипотеза 6 относится к двум виртуальным антеннам 1 и 3 ($a_1 = 1$ и $a_2 = 3$), гипотеза 12 относится к трем виртуальным антеннам 1, 2 и 4 ($a_1 = 1$, $a_2 = 2$ и $a_3 = 4$) и гипотеза 15 относится ко всем четырем виртуальным антеннам 1-4 ($a_1 = 1$, $a_2 = 2$, $a_3 = 3$ и $a_4 = 4$).

Суммарная мощность передачи $4P_{tx}$ может быть равномерно распределена по всем виртуальным антеннам в каждой гипотезе. Для каждой гипотезы с одной виртуальной антенной этой единственной виртуальной антенне назначается $4P_{tx}$. Для каждой гипотезы с двумя виртуальными антеннами каждой виртуальной антенне назначается $2P_{tx}$. Для каждой гипотезы с тремя виртуальными антеннами каждой виртуальной антенне назначается $2P_{tx}/3$. Для гипотезы с четырьмя виртуальными антеннами каждой виртуальной антенне назначается P_{tx} . Эффективность каждой гипотезы может определяться на основании каких-либо показателей, описанных выше. Может быть идентифицирована гипотеза с самым высоким значением показателя и может быть выбран для использования набор из виртуальной антенны (антенн) для этой гипотезы.

В другом варианте осуществления суммарная мощность передачи P_{total} неравномерно распределяется по виртуальным антеннам, основываясь на принципе «заполнения водой» или «заливки». Для каждой гипотезы m отношение SNR каждой поднесущей каждой виртуальной антенны может быть первоначально определено исходя из предположения, что этой виртуальной антенне назначается P_{tx} . Тогда может быть определено среднее отношение SNR для каждой виртуальной антенны, например, как показано в уравнении (19). Затем суммарная мощность передачи P_{total} может быть распределена по виртуальным антеннам в гипотезе так, что виртуальной антенне с самым высоким средним отношением SNR назначается наибольшая мощность передачи, а виртуальной антенне с самым низким средним отношением SNR назначается наименьшая величина мощности передачи. В общем случае неравномерное распределение мощности более целесообразно в системе дуплексной связи с временным разделением, в которой передающее устройство может легко получить полные сведения о беспроводном канале через взаимность канала. В системе дуплексной связи с частотным разделением неравномерное распределение мощности обычно требует большого объема информации обратной связи, такой, например, как лучшая матрица предварительного кодирования для разложения по собственным модам беспроводного канала. В качестве альтернативы для каждой гипотезы принимающее устройство может оценивать множество заранее заданных неравных распределений мощности по виртуальным антеннам и может передавать лучшее распределение мощности и лучше подмножество виртуальных антенн передающему устройству.

Фиг.6 показывает пример распределения мощности по трем виртуальным антеннам a_1 , a_2 и a_3 по принципу «заполнения водой». Среднее отношение SNR для каждой виртуальной антенны a_v , SNR_{a_v} для $v = 1, 2, 3$, определяется при допущении, что виртуальной антенне назначается P_{tx} . Обратная величина к среднему отношению SNR, $1/SNR_{a_v}$, для каждой виртуальной антенны вычисляется и

представлена на Фиг.6. Суммарная мощность передачи P_{total} распределяется по трем виртуальным антеннам так, что итоговый уровень мощности P_{top} является постоянным по трем виртуальным антеннам. Суммарная мощность передачи представлена заштрихованной областью на Фиг.6. Мощность передачи P_{α} ,
 5 назначенная каждой виртуальной антенне, равна итоговому уровню мощности минус обратное к среднему отношению SNR для этой виртуальной антенны, или $P_{top} - 1/SNR_{\alpha}$. Принцип «заполнения водой» описан в публикации Robert G. Gallager «Information Theory and Reliable Communication», John Wiley and Sons, 1968, которая
 10 является общедоступной.

Для каждой гипотезы суммарная мощность передачи может быть распределена по виртуальным антеннам в гипотезе заливки. Эффективность гипотезы может быть оценена исходя из мощности передачи, назначенной каждой виртуальной антенне.
 15 Могут быть определены отношения SNR каждой поднесущей каждой виртуальной антенны в гипотезе. Затем может быть вычислено значение показателя для гипотезы исходя из отношений SNR для всех поднесущих и виртуальных антенн в гипотезе. Гипотеза с лучшим значением показателя может быть выбрана для использования.

В еще одном варианте осуществления суммарная мощность передачи P_{total}
 20 неравномерно распределяется по виртуальным антеннам, основываясь на инверсии канала. Для каждой гипотезы m среднее отношение SNR для каждой виртуальной антенны в гипотезе может быть определено на основании предположения о назначении P_{ix} виртуальной антенне. Тогда суммарная мощность передачи P_{total}
 25 может быть распределена по виртуальным антеннам в гипотезе так, что для этих виртуальных антенн достигается сходное среднее отношение SNR. Методы выполнения инверсии канала описаны в заявке на патент США того же заявителя №10/179,442, озаглавленной "ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ С РАЗЛОЖЕНИЕМ ПО СОБСТВЕННЫМ МОДАМ КАНАЛА И ИНВЕРСИЯ КАНАЛА ДЛЯ МИМО-СИСТЕМ",
 30 поданной 24 июня 2002 года. Инверсия канала может дать возможность использовать одну и ту же скорость для всех виртуальных антенн и может упростить обработку и в передающем устройстве и в принимающем устройстве.

Эффективность может быть также определена, основываясь на других схемах для
 35 неравномерного распределения суммарной мощности передачи P_{total} по виртуальным антеннам.

3. Обратная связь

В варианте осуществления принимающее устройство выполняет выбор виртуальной антенны, оценивает различные наборы из виртуальной антенны (антенн)
 40 и выбирает набор из виртуальной антенны (антенн) с наилучшей эффективностью. Затем принимающее устройство передает информацию о состоянии канала для выбранного набора из виртуальной антенны (антенн) на передающее устройство. Информация о состоянии канала может содержать различные виды информации.

В варианте осуществления информация о состоянии канала отражает выбранный набор из V виртуальных антенн, где $V > 1$. Поскольку имеется $2^T - 1$ возможных гипотез для T виртуальных антенн, наилучшая гипотеза, а следовательно, и выбранный набор из V виртуальных антенн могут быть переданы с помощью T битов. Передающее устройство может выполнить упрощенную и квантованную процедуру «заливки» и
 50 может равномерно распределить суммарную мощность передачи P_{total} по V выбранным виртуальным антеннам.

В варианте осуществления информация о состоянии канала отражает

отношение SNR для каждой выбранной виртуальной антенны, которое может быть вычислено, как показано в уравнениях (19)-(21). Передающее устройство может выбрать скорость для каждой виртуальной антенны исходя из ее отношения SNR. Передающее устройство может распределить суммарную мощность передачи P_{total} (1) равномерно по V выбранным виртуальным антеннам или (2) неравномерно по V выбранным виртуальным антеннам (например, используя принцип «заливки» или инверсию канала) исходя из отношений SNR для этих V виртуальных антенн.

Неравномерное распределение мощности на основании отношений SNR может быть особенно действенным, когда информация для наилучшей матрицы предварительного кодирования доступна на передающем устройстве. Этот вариант осуществления может использоваться, например, для схемы передачи, показанной на Фиг.4А, когда от каждой выбранной виртуальной антенны передается один поток данных.

В другом варианте осуществления информация о состоянии канала отражает среднее отношение SNR для всех V выбранных виртуальных антенн, которое может быть вычислено, как показано в уравнении (16). Передающее устройство может выбрать скорость для всех V виртуальных антенн исходя из среднего отношения SNR. Этот вариант осуществления может использоваться, например, для схемы передачи, показанной на Фиг.4В, когда каждый поток данных передается от всех V выбранных виртуальных антенн и V потоков данных получают подобные отношения SNR.

В еще одном варианте осуществления информация о состоянии канала отражает базовое отношение SNR и достаточный ряд изменений отношений SNR для V выбранных виртуальных антенн. Этот вариант осуществления особенно эффективен для схемы передачи, показанной на Фиг.4В, когда каждый поток данных передается через все V выбранные виртуальные антенны и когда для восстановления потоков данных используется принимающее устройство с поддержкой метода SIC. Базовое отношение SNR может быть наименьшим отношением SNR для V выбранных виртуальных антенн, наименьшим отношением SNR для V потоков данных, отношением SNR для потока данных, который обнаружен первым с применением метода SIC, и так далее. Каждое изменение отношения SNR может указывать разность отношений SNR для двух виртуальных антенн, для двух потоков данных, и так далее.

В варианте осуществления отношения SNR для V виртуальных антенн могут быть упорядочены от наименьшего до наибольшего, базовое отношение SNR может быть наименьшим отношением SNR, первое изменение отношения SNR может быть разностью между наименьшим отношением SNR и вторым наименьшим отношением SNR, второе изменение отношения SNR может быть разностью между вторым наименьшим отношением SNR и третьим наименьшим отношением SNR, и так далее. В другом варианте осуществления отношения SNR для V потоков данных могут быть упорядочены от наименьшего до наибольшего, а базовое отношение SNR и изменение отношений SNR могут задаваться, как описано выше. Если V потоков данных передаются так, что они придерживаются подобных отношений SNR с линейным детектированием (например, как показано на Фиг.4В), то базовое отношение SNR может отражать среднее отношение SNR для V потоков данных и изменения SNR могут быть равны нулю. Это также может иметь место, когда передающее устройство выполняет предварительное кодирование и переставляет потоки данных по векторам столбцам матрицы предварительного кодирования. В идеальном случае, если множество потоков данных разделяются посредством предварительного кодирования на передающем устройстве, что имеет место при разложении по сингулярным значениям, то принимающему устройству не нужно

будет выполнять последовательное подавление помех для достижения максимальной спектральной эффективности. Однако на практике матрица предварительного кодирования обычно не вполне согласуется с матрицей сингулярного разложения, и принимающее устройство может выполнять последовательное подавление помех, чтобы максимизировать пропускную способность. Если потоки данных, которые придер-
 5 живаются подобных отношений SNR с линейным детектированием, восстанавливаются с помощью метода SIC, то базовое отношение SNR может отражать отношение SNR потока данных, который восстановлен первым, и изменение
 10 отношения SNR для каждого последующего восстанавливаемого потока данных может отражать улучшение в отношении SNR по сравнению с предшествующим восстановленным потоком данных.

В варианте осуществления может использоваться только одно изменение отношения SNR, и отношение SNR для каждой виртуальной антенны или потока
 15 данных может быть задано как:

$$\text{SNR}_v = \text{SNR}_{\text{base}+(v-1) \cdot \text{SNR}_{\text{delta}}}, \text{ для } v = 1, \dots, V, \quad \text{Ур. (22)}$$

где SNR_v является отношением SNR для виртуальной антенны a_v или потока v
 20 данных. Вариант осуществления, показанный в уравнении (22), предполагает, что отношение SNR повышается на одинаковую величину по V выбранным виртуальным антеннам или V потокам данных и что усиление последовательного подавления помех между следующими друг за другом этапами или уровнями является почти постоянным.

В другом варианте осуществления информация о состоянии канала отражает скорость для каждой выбранной виртуальной антенны. Система может поддерживать набор скоростей, как описано выше, и скорость для каждой виртуальной антенны может выбираться исходя из отношения SNR для этой виртуальной антенны. В еще
 25 одном варианте осуществления информация о состоянии канала отражает единую скорость для всех V выбранных виртуальных антенн, которая может быть выбрана исходя из среднего отношения SNR для этих виртуальных антенн. В еще одном варианте осуществления информация о состоянии канала отражает базовую скорость и одно или более изменения скорости для выбранных виртуальных антенн. Этот вариант осуществления может быть полезен для схемы передачи, показанной на Фиг.4В, в случае принимающего устройства с поддержкой метода SIC. В еще одном
 30 варианте осуществления информация о состоянии канала отражает комбинацию скоростей для V выбранных виртуальных антенн. Система может поддерживать квантованный по векторам набор скоростей, который составлен из некоторого количества допустимых комбинаций скоростей, что также именуется модуляционными
 35 схемами кодирования (MCS). Каждая допустимая комбинация скоростей ставится в соответствие с определенным числом потоков данных для передачи и определенной скоростью для каждого потока данных. Комбинация скоростей может выбираться для V выбранных виртуальных антенн исходя из отношений SNR для этих
 40 виртуальных антенн.

В еще одном варианте осуществления информация о состоянии канала отражает одну или более ортонормированных матриц (или матриц предварительного кодирования), выбранных для использования из набора ортонормированных матриц,
 45 доступных для использования. Передающее устройство выполняет предварительное кодирование с использованием этих одной или более выбранных ортонормированных матриц. Характеристика для всех гипотез каждой ортонормированной матрицы может быть оценена, как описано выше. Ортонормированная матрица и набор из

виртуальной антенны (антенн) с наилучшей эффективностью могут быть обеспечены информацией о состоянии канала.

В общем случае информация о состоянии канала может переносить различные виды информации, такие как выбранный набор из V виртуальных антенн, качество сигнала (например, отношения SNR), скорости, мощность передачи, матрицы, пилотный сигнал, другую информацию, или их комбинацию.

В другом варианте осуществления передающее устройство выполняет выбор виртуальных антенн, например, используя информацию о состоянии канала от принимающего устройства.

В варианте осуществления передающее устройство передает пилотный сигнал таким образом, чтобы дать возможность принимающему устройству оценивать отношения SNR для всех T доступных виртуальных антенн, даже если данные передаются только на V выбранных виртуальных антеннах. Передающее устройство может передавать пилотный сигнал, циклически проходя через T виртуальных антенн в различных периодах символа, например виртуальная антенна 1 в периоде n символа, затем виртуальная антенна 2 в периоде $n+1$ символа, и так далее. Передающее устройство также может передавать пилотный сигнал от T виртуальных антенн на различных поднесущих, например на поднесущей k_1 виртуальной антенны 1, поднесущей k_2 виртуальной антенны 2, и так далее. В другом варианте осуществления передающее устройство передает основной пилотный сигнал на V выбранных виртуальных антеннах и передает вспомогательный пилотный сигнал на невыбранных виртуальных антеннах. Основной пилотный сигнал может передаваться чаще и/или на большем количестве поднесущих, чем вспомогательный пилотный сигнал. Передающее устройство также может передавать пилотный сигнал другими различными способами.

Фиг.7 показывает вариант осуществления технологического процесса 700 для выбора и использования виртуальных антенн. Множество гипотез для множества виртуальных антенн, сформированных множеством физических антенн, оценивается на основании, по меньшей мере, одного показателя, например на качестве сигнала, пропускной способности, общей скорости, и так далее (этап 712). Каждая гипотеза соответствует различному набору, по меньшей мере, из одной виртуальной антенны. Множество виртуальных антенн формируются одной или более матрицами, которые отображают каждую виртуальную антенну на некоторые или на все физические антенны. Гипотеза с наилучшей эффективностью выбирается из числа оцениваемых множества гипотез (этап 714).

В варианте осуществления определяется качество сигнала для каждой гипотезы и выбирается гипотеза с самым высоким качеством сигнала. В другом варианте осуществления определяется пропускная способность для каждой гипотезы и выбирается гипотеза с самой высокой пропускной способностью. В еще одном варианте осуществления определяется общая скорость для каждой гипотезы и выбирается гипотеза с самой высокой общей скоростью. Для всех вариантов осуществления каждая гипотеза может оцениваться с использованием суммарной мощности передачи, распределяемой равномерно или неравномерно по виртуальной антенне (антеннам) в гипотезе. Гипотезы могут оцениваться другими способами.

На этапе 714 по существу выбирают, по меньшей мере, одну виртуальную антенну из множества виртуальных антенн. Если выбор виртуальных антенн выполняется принимающим устройством, то информация о состоянии канала для выбранной виртуальной антенны (антенн) передается на передающее устройство (этап 716).

Информация о состоянии канала может переносить различные виды информации, такие как выбранная виртуальная антенна (антенны), качество сигнала или скорость(и) для выбранной виртуальной антенны (антенн) и так далее. Передающее устройство и/или принимающее устройство могут выбирать, по меньшей мере, одну скорость для выбранной виртуальной антенны (антенн) исходя из качества сигнала. Выбранная виртуальная антенна (антенны) используется для передачи данных (этап 718).

Фиг.8 показывает вариант осуществления устройства 800 для выбора и использования виртуальных антенн. Устройство 800 включает в себя средство для осуществления оценки множества гипотез для множества виртуальных антенн, сформированных множеством физических антенн (блок 812), средство для выбора гипотезы из множества гипотез (блок 814), средство для отправки информации о состоянии канала, по меньшей мере, для одной выбранной виртуальной антенны на передающее устройство (блок 816) и средство для использования выбранной виртуальной антенны (антенн) для передачи данных (блок 818).

Фиг.9 показывает вариант осуществления технологического процесса 900 для передачи данных от виртуальных антенн. Информация о состоянии канала принимается, по меньшей мере, для одной виртуальной антенны, выбранной из множества виртуальных антенн, сформированных множеством физических антенн (этап 912). Информация о состоянии канала может переносить любую информацию, описанную выше. Суммарная мощность передачи может распределяться (1) равномерно по выбранной виртуальной антенне (антеннам) или (2) неравномерно по выбранной виртуальной антенне (антеннам) исходя из информации о состоянии канала (этап 914). По меньшей мере, одна скорость для выбранной виртуальной антенны (антенн) выбирается исходя из информации о состоянии канала и распределения мощности (этап 916). Передача данных отправляется от выбранной виртуальной антенны (антенн) с выбранной скоростью (скоростями) (этап 918). Передача данных может содержать один или более потоков данных. Каждый поток данных может отображаться на соответствующую выбранную виртуальную антенну (например, как показано на Фиг.4А) или может отображаться на все из выбранных виртуальных антенн (например, как показано на Фиг.4В).

Фиг.10 показывает вариант осуществления устройства 1000 для передачи данных от виртуальной антенны. Устройство 1000 включает в себя средство для приема информации о состоянии канала, по меньшей мере, для одной виртуальной антенны, выбранной из множества виртуальных антенн, сформированных множеством физических антенн (блок 1012), средство для равномерного или неравномерного распределения суммарной мощности передачи по выбранной виртуальной антенне (антеннам) (блок 1014), средство для выбора, по меньшей мере, одной скорости для выбранной виртуальной антенны (антенн) исходя из информации о состоянии канала и распределения мощности (блок 1016) и средство для посылки передачи данных от выбранной виртуальной антенны (антенн) с выбранной скоростью (скоростями) (блок 1018).

Технологии, изложенные в настоящем описании, могут быть реализованы разными способами. Например, эти технологии могут быть реализованы в аппаратном обеспечении, программно-аппаратном обеспечении, программном обеспечении, или их комбинации. Для реализации в аппаратном обеспечении обрабатывающие устройства, используемые для выбора виртуальных антенн, передачи данных от выбранной виртуальной антенны (антенн), и/или приема данных от выбранной

5 виртуальной антенны (антенн), могут быть реализованы в одной или более специализированной интегральной схеме (СИС), цифровых сигнальных обрабатывающих устройствах (ЦСОУ), устройствах цифровой обработки сигнала (УЦОС), программируемых логических устройствах (ПЛУ), программируемых
5 вентильных матрицах (ПВМ), обрабатывающих устройствах, управляющих устройствах, микроконтроллерах, микропроцессорах, электронных устройствах, других электронных компонентах, выполненных с возможностью выполнения функций, изложенных в настоящем описании, или их комбинации.

10 Для реализации в программно-аппаратном обеспечении и/или программном обеспечении технологии могут быть реализованы с использованием модулей (например, процедур, функций, и так далее), которые выполняют функции, изложенные в настоящем описании. Коды программно-аппаратного обеспечения и/или программного обеспечения могут храниться в памяти (например, памяти 142
15 или 192 на Фиг.1) и исполняться обрабатывающим устройством (например, обрабатывающим устройством 140 или 190). Память может быть реализована в обрабатывающем устройстве или быть внешней для обрабатывающего устройства.

20 Заголовки включены в настоящее описание для ссылки и помощи в поиске определенных разделов. Эти заголовки не предназначены для ограничения объема понятий, описываемых под ними, и эти понятия могут быть применимы в других разделах повсюду в настоящем техническом описании.

25 Предыдущее описание раскрываемых вариантов осуществления предоставляется, чтобы дать возможность любому специалисту в данной области техники изготовить или использовать настоящее изобретение. Различные изменения в этих вариантах осуществления будут легко видны специалистам в данной области техники, и общие принципы, определенные в настоящем описании, могут быть применены к другим вариантам осуществления без отступления от сущности или объема настоящего
30 изобретения. Таким образом, настоящее изобретение не подразумевает ограничения вариантами осуществления, показанными в настоящем описании, но должно представлять самый широкий объем, совместимый с принципами и новыми признаками, раскрытыми в настоящем описании.

35 Формула изобретения

1. Устройство для беспроводной связи, содержащее по меньшей мере, один процессор, сконфигурированный для выбора, по меньшей мере, одной виртуальной антенны из множества виртуальных антенн, сформированных множеством
40 физических антенн, и обеспечения индикации использования, по меньшей мере, одной выбранной виртуальной антенны для передачи данных.

2. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, один процессор сконфигурирован для оценки множества гипотез, причем каждая гипотеза соответствует отличающемуся набору из, по меньшей мере, одной виртуальной антенны, и для выбора гипотезы из
45 множества гипотез, при этом, по меньшей мере, одна выбранная виртуальная антенна соответствует выбранной гипотезе.

3. Устройство по п.2, в котором, по меньшей мере, один процессор сконфигурирован для определения характеристики каждой из множества гипотез на основании, по
50 меньшей мере, одного показателя, и для выбора гипотезы с наилучшей характеристикой.

4. Устройство по п.2, в котором, по меньшей мере, один процессор сконфигурирован для определения качества сигнала для каждой из множества гипотез, и для выбора

гипотезы с самым высоким качеством сигнала.

5. Устройство по п.2, в котором, по меньшей мере, один процессор конфигурирован для определения пропускной способности для каждой из множества гипотез, и для выбора гипотезы с самой высокой пропускной способностью.

5 6. Устройство по п.2, в котором, по меньшей мере, один процессор конфигурирован для определения общей скорости для каждой из множества гипотез, и для выбора гипотезы с самой высокой общей скоростью.

7. Устройство по п.2, в котором, по меньшей мере, один процессор конфигурирован 10 для равномерного распределения суммарной мощности передачи, по меньшей мере, по одной виртуальной антенне для каждой из множества гипотез.

8. Устройство по п.2, в котором, по меньшей мере, один процессор конфигурирован для неравномерного распределения суммарной мощности передачи, по меньшей мере, по одной виртуальной антенне для каждой из множества гипотез.

15 9. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, один процессор конфигурирован для выбора, по меньшей мере, одной скорости для, по меньшей мере, одной выбранной виртуальной антенны, исходя из качества сигнала для, по меньшей мере, одной выбранной виртуальной антенны.

20 10. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, один процессор конфигурирован для выдачи команды на отсылку передачи данных через, по меньшей мере, одну выбранную виртуальную антенну, связанную с, по меньшей мере, одним процессором, на приемное устройство.

25 11. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, один процессор конфигурирован для отсылки информации о состоянии канала для, по меньшей мере, одной выбранной виртуальной антенны, на передающее устройство, и для приема передачи данных от передающего устройства через, по меньшей мере, одну выбранную виртуальную антенну,

30 12. Устройство по п.11, в котором информация о состоянии канала идентифицирует, по меньшей мере, одну выбранную виртуальную антенну.

13. Устройство по п.11, в котором информация о состоянии канала указывает качество сигнала или, по меньшей мере, одну скорость для, по меньшей мере, одной выбранной виртуальной антенны.

35 14. Устройство по п.11, в котором информация о состоянии канала указывает базовое качество сигнала и, по меньшей мере, одно изменение качества сигнала, причем базовое качество сигнала приводится для одной выбранной виртуальной антенны или одного потока данных, и при этом, по меньшей мере, одно изменение качества сигнала приводится для оставшихся выбранных виртуальных антенн или оставшихся потоков данных.

40 15. Устройство по п.11, в котором информация о состоянии канала указывает, по меньшей мере, одну матрицу, используемую для формирования, по меньшей мере, одной выбранной виртуальной антенны.

45 16. Устройство по п.1, в котором множество виртуальных антенн формируется с использованием, по меньшей мере, одной матрицы, которая отображает каждую виртуальную антенну на множество физических антенн.

17. Способ беспроводной связи, содержащий

50 выбор, по меньшей мере, одной виртуальной антенны из множества виртуальных антенн, сформированных множеством физических антенн; и

обеспечение индикации, по меньшей мере, одной выбранной виртуальной антенны для использования для передачи данных.

18. Способ по п.17, в котором выбор, по меньшей мере, одной виртуальной антенны содержит оценивание множества гипотез, причем каждая гипотеза соответствует отличающемуся набору из, по меньшей мере, одной виртуальной антенны, и выбор гипотезы из множества гипотез, причем, по меньшей мере, одна
5 выбранная виртуальная антенна соответствует выбранной гипотезе.

19. Способ по п.18, в котором оценивание множества гипотез содержит определение характеристики каждой из множества гипотез на основании, по меньшей мере, одного показателя, и при этом выбор гипотезы содержит выбор гипотезы с наилучшей
10 характеристикой.

20. Способ по п.19, в котором оценивание множества гипотез содержит равномерное распределение суммарной мощности передачи, по меньшей мере, по одной виртуальной антенне для каждой из множества гипотез.

21. Способ по п.17, дополнительно содержащий
15 отсылку информации о состоянии канала, по меньшей мере, для одной выбранной виртуальной антенны на передающее устройство; и прием передачи данных от передающего устройства, по меньшей мере, через одну выбранную виртуальную антенну.

22. Устройство для беспроводной связи, содержащее
20 средство для выбора, по меньшей мере, одной виртуальной антенны из множества виртуальных антенн, сформированных множеством физических антенн; и средство для обеспечения индикации, по меньшей мере, одной выбранной виртуальной антенны для использования для передачи данных.

23. Устройство по п.22, в котором средство для выбора, по меньшей мере, одной виртуальной антенны содержит
25 средство для оценивания множества гипотез, причем каждая гипотеза соответствует отличающемуся набору из, по меньшей мере, одной виртуальной антенны, и средство для выбора гипотезы из множества гипотез, причем, по меньшей мере, одна выбранная виртуальная антенна соответствует выбранной гипотезе.

24. Устройство по п.23, в котором средство для оценивания множества гипотез содержит средство для определения характеристики каждой из множества гипотез на основании, по меньшей мере, одного показателя, и при этом средство для выбора
35 гипотезы содержит средство для выбора гипотезы с наилучшей характеристикой.

25. Устройство по п.22, дополнительно содержащее
40 средство для отсылки информации о состоянии канала для, по меньшей мере, одной выбранной виртуальной антенны в передающее устройство; и

45 средство для приема передачи данных от передающего устройства через, по меньшей мере, одну выбранную виртуальную антенну.

26. Носитель для хранения кодов, при обращении к которым процессор исполняет такие действия как выбор, по меньшей мере, одной виртуальной антенны из множества виртуальных антенн, сформированных множеством физических антенн; и
использование, по меньшей мере, одной выбранной виртуальной антенны для
передачи данных.

27. Устройство для беспроводной связи, содержащее по меньшей мере, один процессор, конфигурированный для приема информации о состоянии канала для, по
50 меньшей мере, одной виртуальной антенны, выбранной из множества виртуальных антенн, сформированных множеством физических антенн, и отсылки передачи данных через, по меньшей мере, одну выбранную виртуальную антенну.

28. Устройство по п.27, в котором, по меньшей мере, один процессор

конфигурирован для равномерного распределения суммарной мощности передачи, по меньшей мере, по одной выбранной виртуальной антенне.

29. Устройство по п.27, в котором, по меньшей мере, один процессор конфигурирован для выбора, по меньшей мере, одной скорости для, по меньшей мере, одной выбранной виртуальной антенны, основываясь на информации о состоянии канала, и отсылки передачи данных с, по меньшей мере, одной выбранной скоростью.

30. Устройство по п.27, в котором, по меньшей мере, один процессор конфигурирован для отсылки, по меньшей мере, одного потока данных для передачи данных и для отображения каждого потока данных на все выбранные виртуальные антенны.

31. Устройство по п.30, в котором, по меньшей мере, один процессор конфигурирован для отображения каждого потока данных на все выбранные виртуальные антенны, основываясь на предварительно заданной перестановке потока.

32. Устройство по п.30, в котором, по меньшей мере, один процессор конфигурирован для отображения каждого потока данных на все выбранные виртуальные антенны путем циклического прохода через, по меньшей мере, одну выбранную виртуальную антенну, по множеству поднесущих.

33. Устройство по п.27, в котором, по меньшей мере, один процессор конфигурирован для отсылки, по меньшей мере, одного потока данных для передачи данных, и для отображения каждого потока данных на соответствующую выбранную виртуальную антенну.

34. Устройство по п.27, в котором, по меньшей мере, один процессор конфигурирован для приема информации о состоянии канала, указывающую, по меньшей мере, одну матрицу для использования при формировании, по меньшей мере, одной выбранной виртуальной антенны, и для обработки передачи данных с использованием этой, по меньшей мере, одной матрицы.

35. Устройство по п.34, в котором, по меньшей мере, один процессор конфигурирован для отсылки, по меньшей мере, одного потока данных для передачи данных и для отображения каждого потока данных на все выбранные виртуальные антенны.

36. Способ беспроводной связи, содержащий прием информации о состоянии канала для, по меньшей мере, одной виртуальной антенны, выбранной из множества виртуальных антенн, сформированных множеством физических антенн; и отсылку передачи данных через, по меньшей мере, одну выбранную виртуальную антенну.

37. Способ по п.36, дополнительно содержащий распределение суммарной мощности передачи, по меньшей мере, по одной выбранной виртуальной антенне.

38. Способ по п.36, в котором отсылка передачи данных содержит выбор, по меньшей мере, одной скорости для, по меньшей мере, одной выбранной виртуальной антенны, основываясь на информации о состоянии канала, и отсылку передачи данных, по меньшей мере, с одной выбранной скоростью.

39. Устройство для беспроводной связи, содержащее средство для приема информации о состоянии канала для, по меньшей мере, одной виртуальной антенны, выбранной из множества виртуальных антенн, сформированных множеством физических антенн; и средство для отсылки передачи данных через, по меньшей мере, одну выбранную виртуальную антенну.

40. Устройство по п.39, дополнительно содержащее средство для распределения суммарной мощности передачи, по меньшей мере, по одной выбранной виртуальной антенне.

41. Устройство по п.39, в котором средство для отсылки передачи данных содержит средство для выбора, по меньшей мере, одной скорости для, по меньшей мере, одной выбранной виртуальной антенны, основываясь на информации о состоянии канала, и средство для отсылки передачи данных с, по меньшей мере, одной
5 выбранной скоростью.

42. Носитель для хранения кодов, при обращении к которым процессор исполняет такие действия как прием информации о состоянии канала, по меньшей мере, для одной виртуальной антенны, выбранной из множества виртуальных антенн,
10 сформированных множеством физических антенн; и отсылку передачи данных, по меньшей мере, через одну выбранную виртуальную антенну.

15

20

25

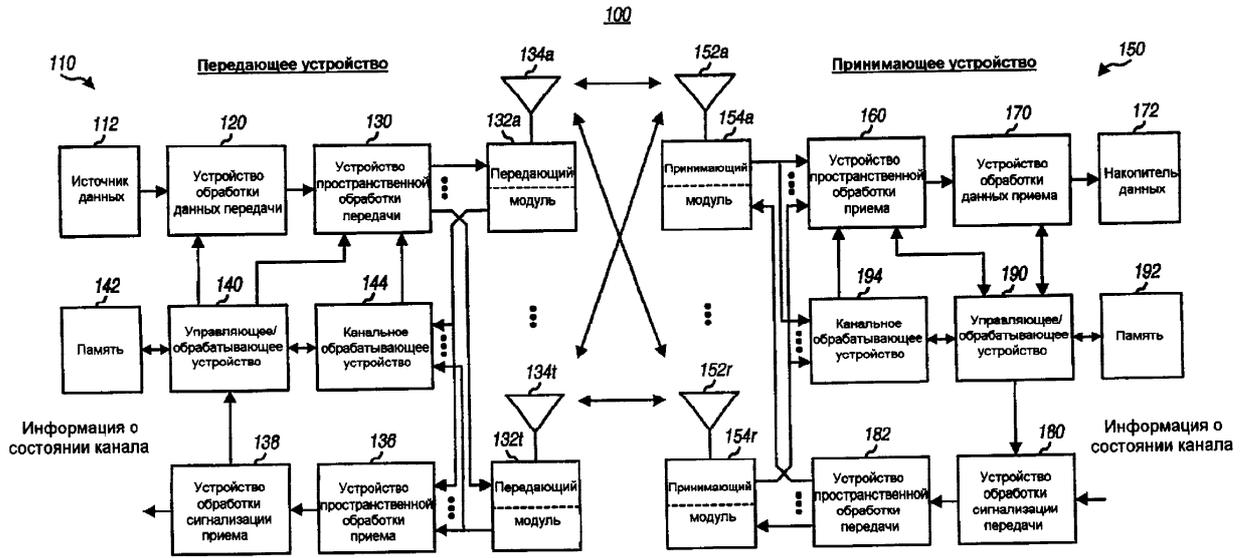
30

35

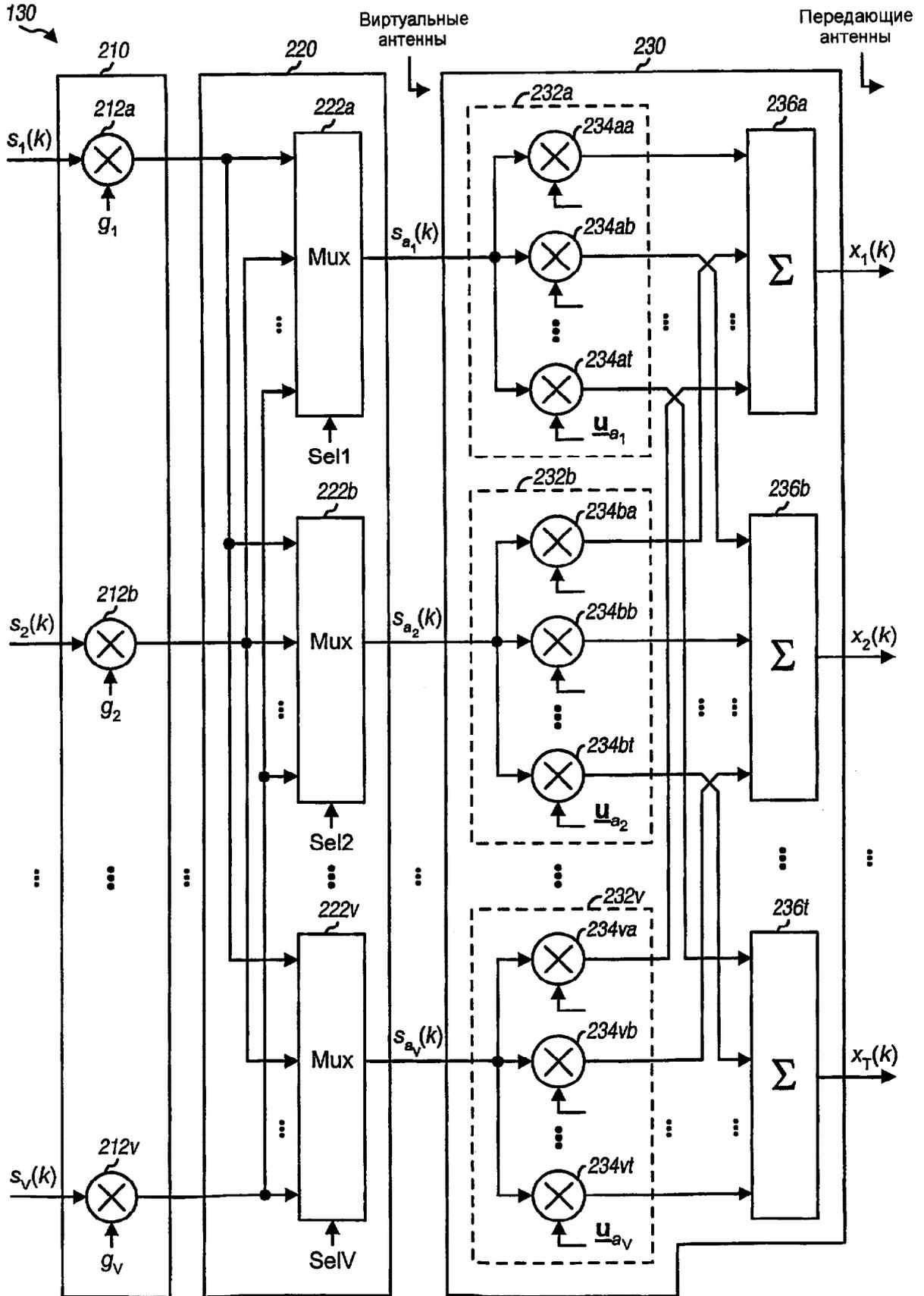
40

45

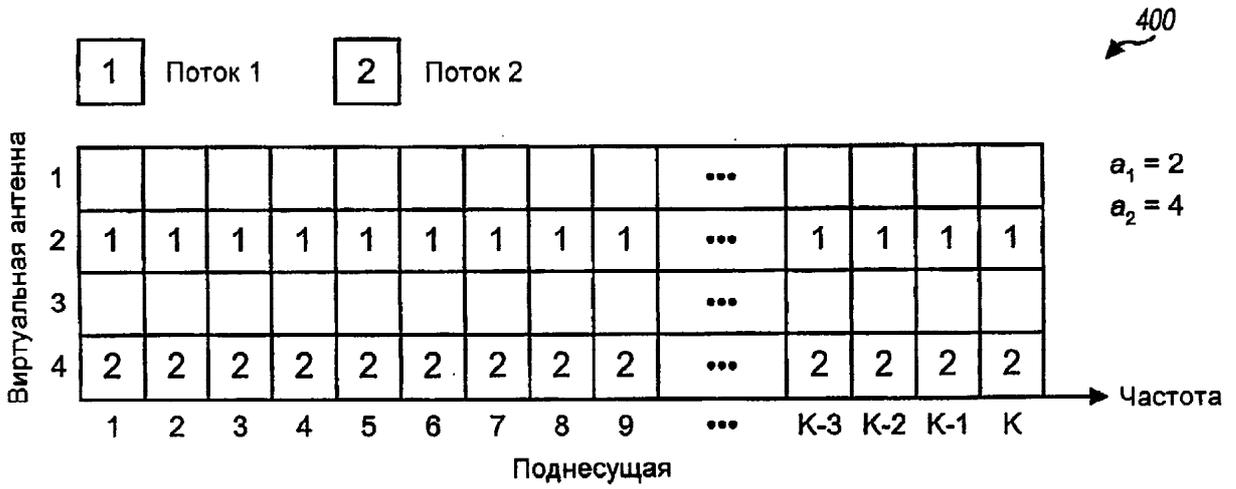
50



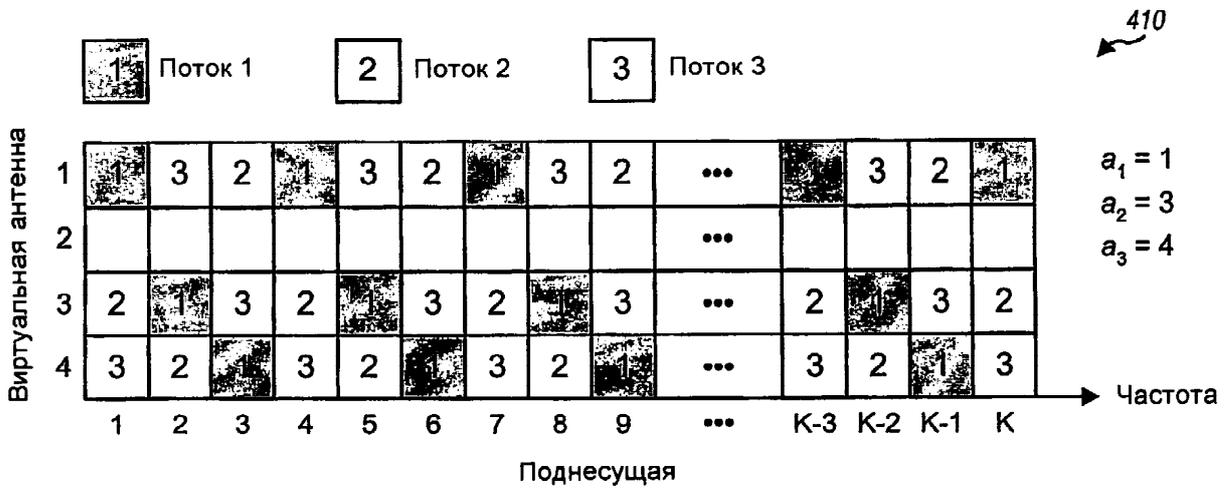
ФИГ. 1



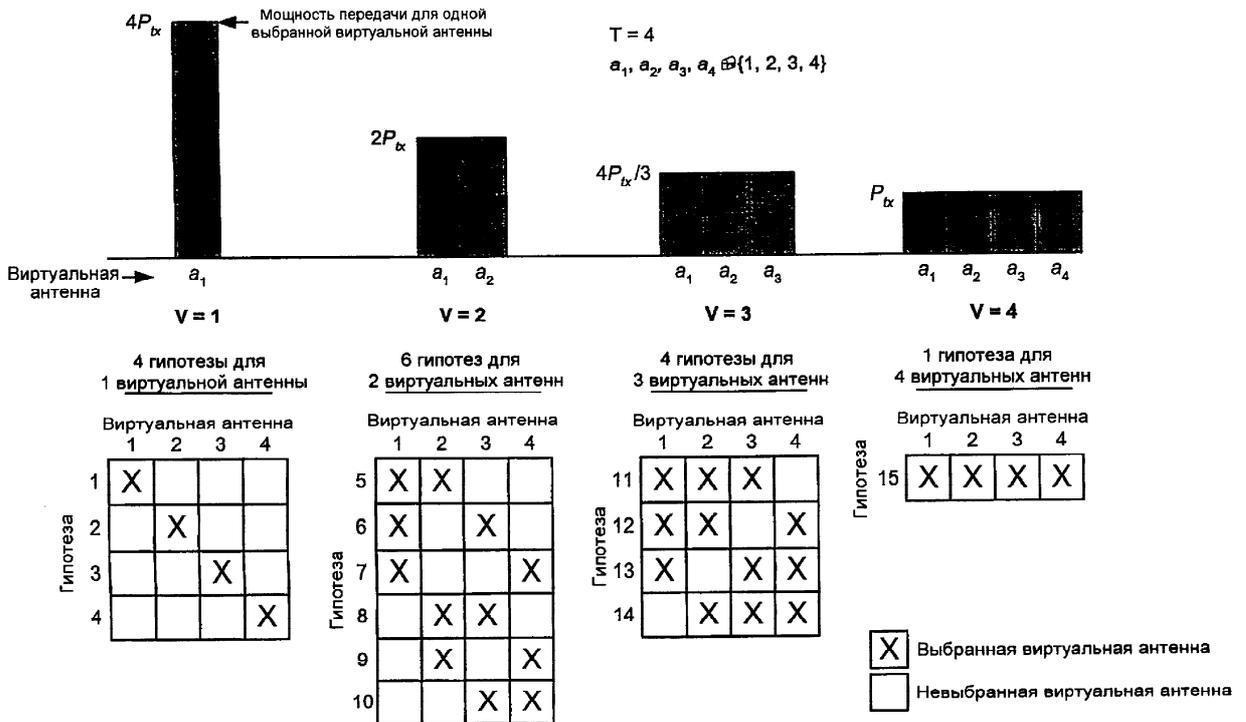
ФИГ. 2



ФИГ. 4А



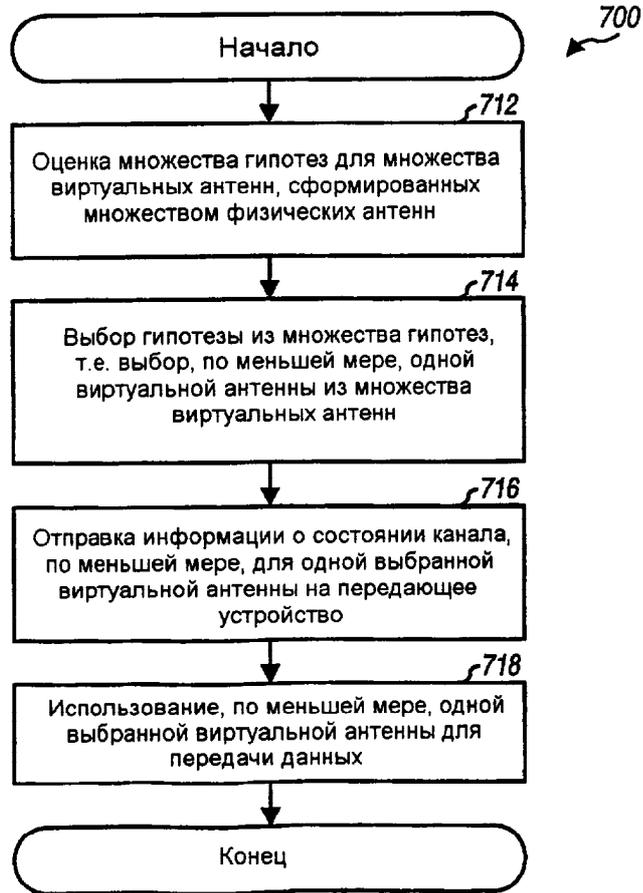
ФИГ. 4В



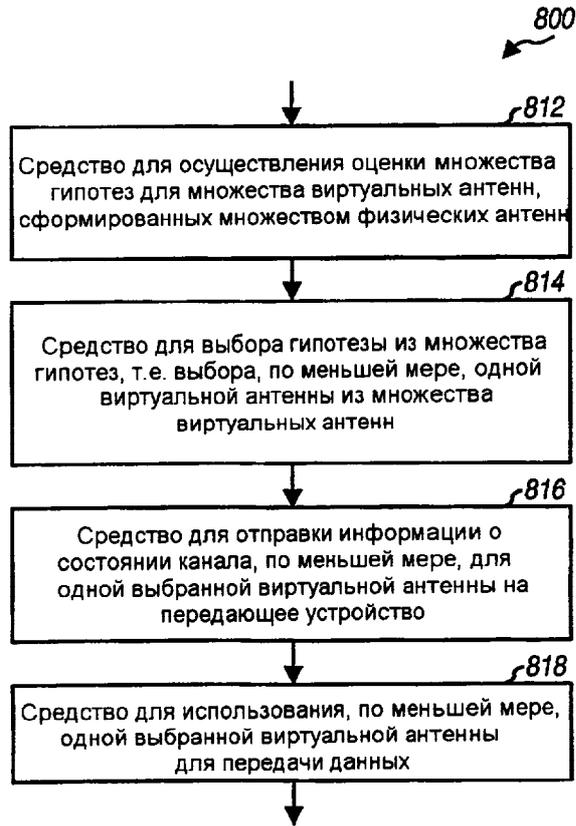
ФИГ. 5



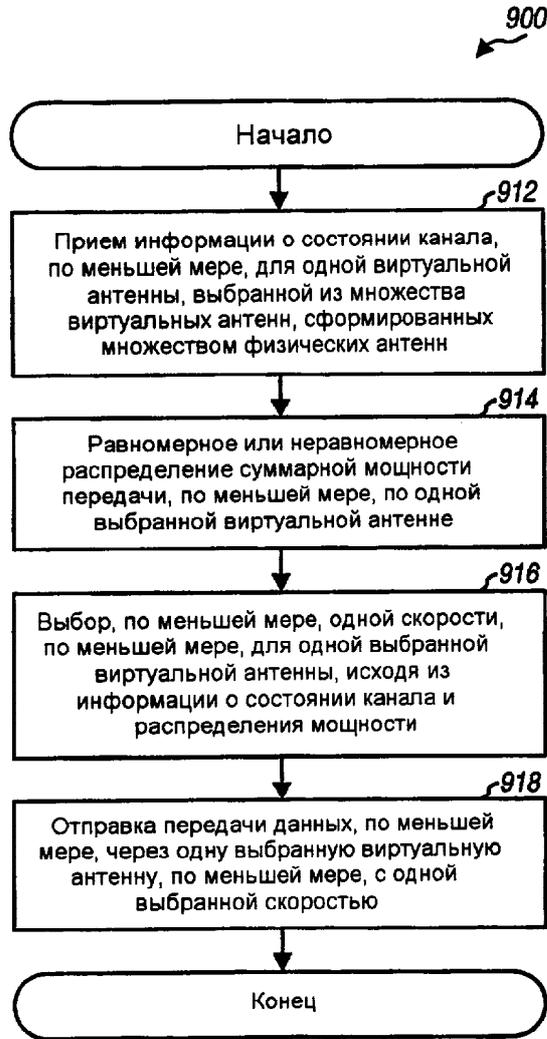
ФИГ. 6



ФИГ. 7

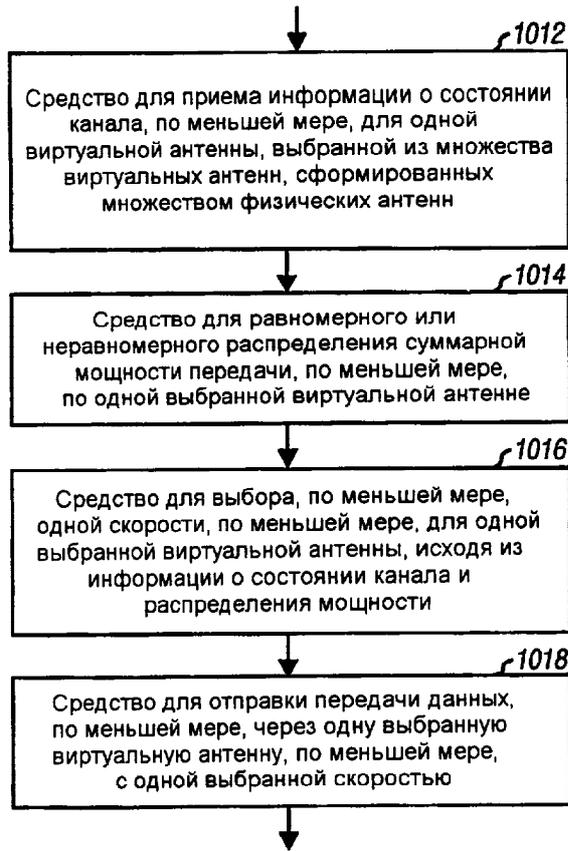


ФИГ. 8



ФИГ. 9

1000



ФИГ. 10