



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

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2007133813/09**, 13.02.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.02.2006

(30) Конвенционный приоритет:
11.02.2005 US 60/652,236

(43) Дата публикации заявки: **20.03.2009**

(45) Опубликовано: **20.01.2010** Бюл. № 2

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **WO 02/082683, A2, 17.10.2002. RU 2214686, C2, 20.10.2003. SU 1225023, A, 15.04.1996. RU 2144733, C1, 20.01.2000. EP 0966113, A1, 22.12.1999. US 5541956, A, 30.07.1996.**

(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: **11.09.2007**

(86) Заявка РСТ:
US 2006/005185 (13.02.2006)

(87) Публикация РСТ:
WO 2006/086786 (17.08.2006)

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):

**СТАМОУЛИС Анастасиос (US),
МАЛЛАДИ Дурга Прасад (US)**

(73) Патентообладатель(и):

КВЭЛКОММ ИНКОРПОРЕЙТЕД (US)

(54) ВЫБОР ПАРАМЕТРА УСТАНОВЛЕНИЯ ПОРОГА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАНАЛА

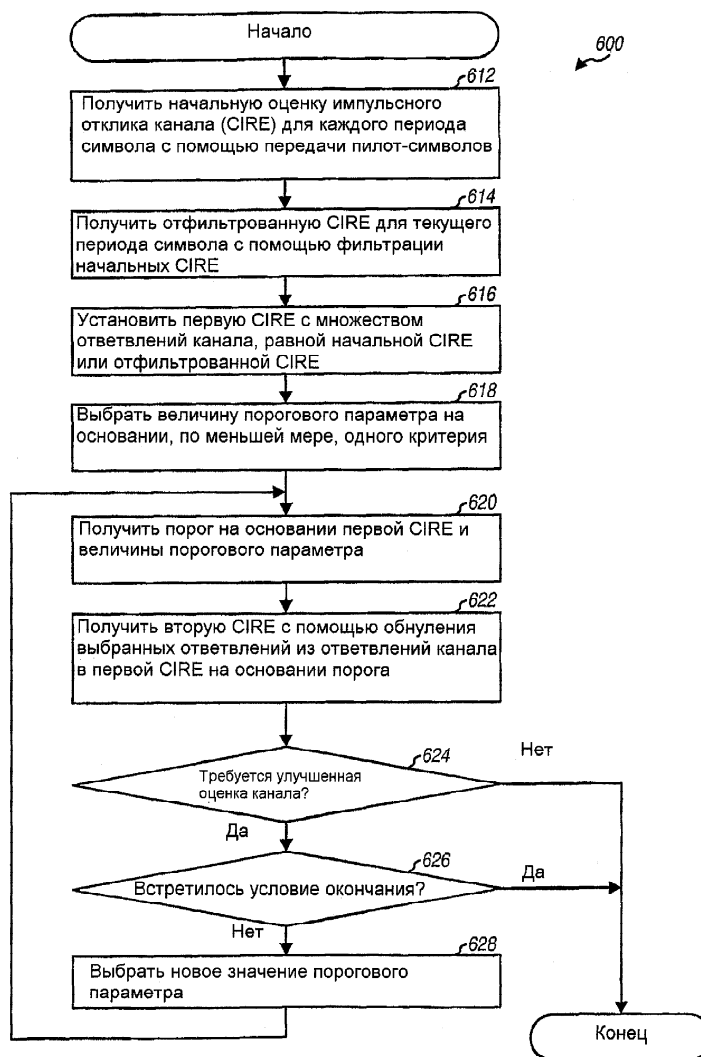
(57) Реферат:

Изобретение относится к сети связи и предназначено для получения оценки канала для канала связи. Технический результат - повышение качества оценки канала связи. Для этого в способе получают первую оценку импульсного отклика канала (CIRE), имеющую множество ответвлений канала, например, с помощью фильтрации начальных CIRE, полученных из принятых пилот-символов. Выбирают величину порогового параметра на основании, по меньшей мере, одного критерия,

который может относиться к профилю канала, рабочему SNR, числу ответвлений канала и т.д. Получают вторую CIRE с помощью обнуления выбранных ответвлений из ответвлений канала в первой CIRE на основании величины порогового параметра. Может быть определена средняя энергия ответвлений канала, может быть получен порог на основании средней энергии и величины порогового параметра, и могут быть обнулены ответвления канала с энергией, меньшей, чем порог. Память может запоминать величины

порогового параметра для разных сценариев работы, и запомненные величины могут быть выбраны для использования на основании

текущего сценария работы. 3 н. и 23 з.п. ф-лы, 6 ил.



ФИГ.6



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2007133813/09, 13.02.2006**

(24) Effective date for property rights:
13.02.2006

(30) Priority:
11.02.2005 US 60/652,236

(43) Application published: **20.03.2009**

(45) Date of publication: **20.01.2010 Bull. 2**

(85) Commencement of national phase: **11.09.2007**

(86) PCT application:
US 2006/005185 (13.02.2006)

(87) PCT publication:
WO 2006/086786 (17.08.2006)

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):

**STAMOULIS Anastasios (US),
MALLADI Durga Prasad (US)**

(73) Proprietor(s):

KVEhLKOMM INKORPOREJTED (US)

(54) SELECTING PARAMETRE FOR SETTING CHANNEL ESTIMATION THRESHOLD

(57) Abstract:

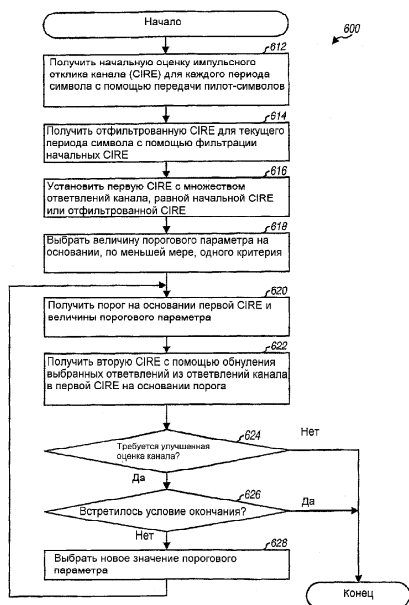
FIELD: physics; communications.

SUBSTANCE: invention relates to communication networks and is meant for estimating a communication channel. In the method a first channel impulse response estimate (CIRE) having multiple channel taps is derived, for example by filtering initial CIREs obtained from received pilot-characters. A threshold parametre value is selected based on at least one criterion, which may relate to channel profile, operating SNR, number of channel taps, and so on. A second CIRE is derived by zeroing out selected ones of the channel taps in the first

CIRE based on the threshold parametre value. The average energy of the channel taps may be determined, a threshold may be derived based on the average energy and the threshold parametre value, and channel taps with energy less than the threshold may be zeroed out. Memory may store threshold parametre values for different operating scenarios, and stored values may be selected for use based on the current operating scenario.

EFFECT: higher quality of communication channel estimation.

26 cl, 6 dwg



ФИГ.6

Притязание на приоритет согласно 35 U.S.C. §119

По настоящей заявке на патент испрашивается приоритет по предварительной заявке № 60/652236, озаглавленной “Выбор параметра установления порога для оценки канала”, поданной 11 февраля 2005 г., права на которую переданы владельцу настоящего изобретения, и которая специально включена в настоящее описание в качестве ссылки.

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение в целом относится к сети связи и, более конкретно, к способам, предназначенным для получения оценки канала для канала связи.

Уровень техники

В системе связи передатчик обычно обрабатывает (например, кодирует, перемежает и преобразует символы) данные трафика, чтобы сгенерировать символы данных, которые являются символами модуляции для данных. Для когерентной системы передатчик мультиплексирует пилот-символы с символами данных, обрабатывает мультиплексированные данные и пилот-символы, чтобы сгенерировать радиочастотный (RF) сигнал, и передает RF сигнал через канал связи. Канал искажает RF сигнал с помощью отклика канала и дополнительно ухудшает RF сигнал с помощью шума и помех.

Приемник принимает переданный RF сигнал и обрабатывает переданный RF сигнал, чтобы получить выборки. Для детектирования когерентных данных приемник оценивает отклик канала связи на основании принятых пилот-символов и получает оценку канала. Затем приемник выполняет детектирование (например, коррекцию) относительно выборок с помощью оценки канала, чтобы получить оценки символов данных, которые являются оценками символов данных, посланных передатчиком. Затем приемник обрабатывает (например, выполняет демодуляцию, отменяет перемежение и декодирует) оценки символов данных, чтобы получить декодированные данные.

Качество оценки канала может иметь большое влияние на эффективность детектирования данных и может воздействовать на оценки символов, а также на правильность декодированных данных. Следовательно, в данной области техники имеется потребность в способах, чтобы получать высококачественную оценку канала в системе связи.

Сущность изобретения

В настоящей заявке описаны способы, предназначенные для получения высококачественной оценки канала. В соответствии с вариантом осуществления изобретения описано устройство, которое включает в себя, по меньшей мере, один процессор и память. Процессор (процессоры) получает первую оценку импульсного отклика канала (CIRE), имеющую множество ответвлений канала. Процессор (процессоры) может получать начальные CIRE на основании принятых пилот-символов и может фильтровать начальные CIRE, чтобы получить первую CIRE. Процессор (процессоры) выбирает величину порогового параметра на основании, по меньшей мере, одного критерия, который может относиться к профилю канала, рабочему отношению сигнал-шум (SNR), ожидаемому разбросу задержки канала, числу ответвлений канала и т.д. Процессор (процессоры) получает вторую CIRE с помощью обнуления выбранных ответвлений из ответвлений канала в первой CIRE на основании величины порогового параметра. Процессор (процессоры) может получать среднюю энергию ответвлений канала, получать порог на основании средней энергии и величины порогового параметра и обнулять ответвления канала с энергией,

меньшей, чем порог. Память может запоминать таблицу величин порогового параметра для разных сценариев работы. Процессор (процессоры) может выбирать одну из запомненных величин порогового параметра на основании текущего сценария работы.

В соответствии с другим вариантом осуществления предоставлен способ, в котором получают первую CIRE, имеющую множество ответвлений канала. Выбирают величину порогового параметра на основании, по меньшей мере, одного критерия. Получают вторую CIRE с помощью обнуления выбранных ответвлений из ответвлений канала в первой CIRE на основании величины порогового параметра.

В соответствии с еще одним вариантом осуществления описано устройство, которое включает в себя средство, предназначенное для получения первой CIRE, имеющей множество ответвлений канала, средство, предназначенное для выбора величины порогового параметра на основании, по меньшей мере, одного критерия, и средство, предназначенное для получения второй CIRE с помощью обнуления выбранных ответвлений из ответвлений канала в первой CIRE на основании величины порогового параметра.

Различные аспекты и варианты осуществления изобретения описаны более подробно ниже.

Краткое описание чертежей

Фиг.1 изображает блок-схему передатчика и приемника.

Фиг.2 изображает примерную многоуровневую структуру кадра.

Фиг.3 изображает примерную структуру поддиапазона.

Фиг.4 иллюстрирует установление порога для оценки импульсного отклика канала.

Фиг.5 изображает блок-схему устройства оценки канала/процессора в приемнике.

Фиг.6 изображает процесс, предназначенный для выполнения оценки канала с помощью установления порога.

Подробное описание предпочтительных вариантов осуществления

Слово “примерный” используется в настоящем описании, чтобы означать “служащий в качестве примера, образца или иллюстрации”. Любой вариант осуществления, описанный в настоящей заявке как “примерный”, не должен быть истолкован как обязательно предпочтительный или преимущественный относительно других вариантов осуществления.

Способы оценки канала, описанные в настоящей заявке, могут быть использованы для различных систем связи, таких как система множественного доступа с кодовым разделением (CDMA), система множественного доступа с разделением времени (TDMA), система множественного доступа с частотным разделением (FDMA), система с ортогональным частотным уплотнением (OFDM), система множественного доступа с ортогональным частотным разделением (OFDMA), система FDMA с одной несущей (SC-FDMA) и т.д. Система CDMA может реализовывать одну или более технологий радиодоступа (RAT), такие как широкополосный CDMA (W-CDMA), Cdma2000 и т.д. cdma2000 охватывает стандарты IS-2000, IS-856 и IS-95. Система TDMA может реализовывать RAT, такую как глобальная система мобильной связи (GSM). Эти различные RAT и стандарты известны в данной области техники. Система OFDM может быть системой IEEE 802.11a/g, системой широкого вещания цифрового видео для портативных устройств (DBV-H), системой цифрового широкого вещания с интегрированными услугами для наземного телевизионного вещания (ISDB-T) и т.д. Система OFDMA передает символы модуляции в частотной области в ортогональных частотных поддиапазонах с использованием OFDM. Система SC-FDMA

передает символы модуляции во временной области в ортогональных частотных поддиапазонах.

Для пояснения способы описаны ниже для систем с множеством частотных поддиапазонов, которые могут быть системами OFDM, OFDMA или SC-FDMA.

Фиг.1 изображает блок-схему передатчика 110 и приемника 150 в беспроводной системе 100 связи. Для простоты каждый из передатчика 110 и приемника 150 оснащен одной антенной. Для линии связи базовая станция-терминал (или прямой линии связи) передатчик 110 может быть частью базовой станции, а приемник 150 может быть частью терминала. Для линии связи терминал-базовая станция (или обратной линии связи) передатчик 110 может быть частью терминала, а приемник 150 может быть частью базовой станции. Базовая станция обычно является неподвижной станцией, а также может называться системой базового приемопередатчика (BTS), точкой доступа, узлом В или некоторой другой терминологией. Терминал может быть неподвижным или подвижным и может быть беспроводным устройством, сотовым телефоном, персональным цифровым ассистентом (PDA), картой беспроводного модема и т.д. Способы оценки канала, описанные в настоящей заявке, могут быть использованы для терминала, а также для базовой станции.

В передатчике 110 процессор 112 данных передачи (TX) обрабатывает (например, кодирует, перемежает и преобразует символы) данные трафика и генерирует символы данных. Процессор 114 пилот-символов генерирует пилот-символы. В настоящем описании символ данных является символом модуляции для данных, пилот-символ является символом модуляции для пилот-сигнала, символ модуляции является комплексной величиной для точки в совокупности сигналов (например, для PSK (фазовая манипуляция) или QAM (квадратурная амплитудная модуляция)), и символ обычно является комплексной величиной. Модулятор 120 мультиплексирует символы данных и пилот-символы, выполняет модуляцию (например, для OFDM или SC-FDMA) относительно мультиплексированных данных и пилот-символов и генерирует символы передачи. Символ передачи может быть символом OFDM или символом SC-FDMA, и его посылают в один период символа. Устройство 132 передатчика (TMTR) обрабатывает (например, преобразует в аналоговый вид, усиливает, фильтрует и преобразует с повышением частоты) символы передачи и генерирует RF сигнал, который передают через антенну 134.

В приемнике 150 антенна 152 принимает RF сигнал из передатчика 110 и предоставляет принятый сигнал в устройство 154 приемника (RCVR). Устройство 154 приемника приводит принятый сигнал к определенному состоянию (например, фильтрует, усиливает, преобразует с понижением частоты и оцифровывает) и предоставляет входные выборки. Демодулятор 160 выполняет демодуляцию (например, для OFDM или SC-FDMA) относительно входных выборок, чтобы получить принятые символы. Демодулятор предоставляет принятые пилот-символы в устройство оценки канала/процессор 170 и предоставляет принятые символы данных в детектор 172 данных. Устройство оценки канала/процессор 170 получает оценки канала для беспроводного канала между передатчиком 110 и приемником 150 на основании принятых пилот-символов. Детектор 172 данных выполняет детектирование данных (например, коррекцию или согласованную фильтрацию) относительно принятых символов данных с оценками канала и предоставляет оценки символов данных, которые оценивают символы данных, посланные передатчиком 110. Процессор 180 данных RX обрабатывает (например, выполняет обратное преобразование символов, отменяет перемежение и декодирует) оценки символов

данных и предоставляет декодированные данные. Обычно обработка в приемнике 150 является дополнительной к обработке в передатчике 110.

Контроллеры/процессоры 140 и 190 управляют работой различных устройств обработки в передатчике 110 и приемнике 150 соответственно. Памяти 142 и 192
5 запоминают коды программ и данные для передатчика 110 и приемника 150 соответственно.

Фиг.2 изображает примерную многоуровневую структуру 200 кадра, которая может быть использована для системы 100. Линия связи времени передачи разделена
10 на суперкадры, причем каждый суперкадр имеет предварительно определенную длительность времени, например, приблизительно одна секунда. Каждый суперкадр может включать в себя (1) поле заголовка, предназначенное для мультиплексированных пилот-символов с разделением времени (TDM) и информации о непроизводительных затратах/управляющей информации, и (2) поле данных,
15 предназначенное для данных трафика и мультиплексированных пилот-символов с частотным разделением (FDM). Поле данных может быть разделено на множество (O) внешних кадров одинакового размера, причем каждый внешний кадр может быть разделен на множество (F) кадров, а каждый кадр может быть разделен на множество (T) интервалов времени. Например, каждый суперкадр может включать в себя четыре
20 внешних кадра (O=4), каждый внешний кадр может включать в себя 32 кадра (F=32), а каждый кадр может включать в себя 15 интервалов времени (T=15). Если каждый кадр имеет длительность 10 миллисекунд (мс), что соответствует W-CDMA, тогда каждый интервал времени имеет длительность 667 микросекунд (мкс), каждый внешний кадр имеет длительность 329 мс, а каждый суперкадр имеет длительность приблизительно
25 1,28 секунд. Суперкадр, внешний кадр, кадр и интервал времени также могут быть упомянуты с помощью любой другой терминологии.

В одном варианте осуществления различные радиотехнологии могут быть
30 использованы для различных интервалов времени. Например, для некоторых интервалов времени может быть использована W-CDMA, а для других интервалов времени может быть использована OFDM. Обычно система может поддерживать любую технологию или любую комбинацию радиотехнологий, а каждый интервал времени может использовать одну или множество радиотехнологий. Интервал
35 времени, используемый для OFDM, называют интервалом времени OFDM. Интервал времени OFDM может переносить один или более (N) символов OFDM и дополнительно может включать в себя защитный период (GP). Например, интервал времени OFDM может переносить три символа OFDM и защитный период, причем
40 каждый символ OFDM имеет длительность, равную приблизительно 210 мкс.

Фиг.3 изображает примерную структуру 300 поддиапазона, которая может быть использована для системы 100. Система имеет общую полосу частот, равную BW МГц, которая разделена на множество (K) ортогональных поддиапазонов. K может быть
45 любой целой величиной, но обычно равно степени двух (например, 128, 256, 512, 1024 и т.д.), для того чтобы упростить преобразование между временем и частотой. Промежутки между смежными поддиапазонами равны BW/K МГц. В спектрально сформированной системе G поддиапазонов не используют для передачи, а они служат в качестве защитных поддиапазонов, чтобы дать возможность системе удовлетворять
50 требованиями спектральной маски, при этом обычно $G > 1$. G защитных поддиапазонов обычно распределяют таким образом, что $G_L \approx G/2$ защитных поддиапазонов находятся на нижней границе полосы частот, а $G_U \approx G/2$ защитных поддиапазонов находятся на верхней границе полосы частот. Остальные $U = K - G$ поддиапазонов могут

быть использованы для передачи и их называют применимыми поддиапазонами.

Чтобы облегчить оценку канала, пилот-символы могут передавать в множестве из M поддиапазонов, которые могут быть равномерно распределены по всей полосе частот системы. Последовательные поддиапазоны в множестве могут быть отделены друг от друга с помощью S поддиапазонов, где $S=K/M$. Некоторые из поддиапазонов в множестве могут быть среди G_L нижних защитных поддиапазонов и не использовались бы для передачи пилот-символов, а некоторые другие поддиапазоны в множестве могут быть среди G_U верхних защитных поддиапазонов и также не использовались бы для передачи пилот-символов. Для примера, изображенного на фиг.2, первые Z_L поддиапазонов в множестве не используются для передачи пилот-символов и называются поддиапазонами обнуленных пилот-символов, следующие P поддиапазонов в множестве используются для передачи пилот-символов и называются поддиапазонами использованных пилот-символов, и последние Z_U поддиапазонов в множестве являются поддиапазонами обнуленных пилот-символов, где $M=Z_L+P+Z_U$.

В одной примерной конструкции система использует структуру поддиапазона с $K=1024$ полными поддиапазонами, $G_L=68$ нижними защитными поддиапазонами, $G_U=68$ верхними защитными поддиапазонами, $U=888$ применимыми поддиапазонами, $M=128$ поддиапазонами пилот-символов, $P=111$ применимыми поддиапазонами пилот-символов и $C=108$ элементарными посылками для циклического префикса, приложенного к каждому символу OFDM. Для этих параметров также могут быть использованы другие величины.

Фиг.2 изображает примерную структуру кадра, а фиг.3 изображает примерную структуру поддиапазона. Способы оценки канала, описанные в настоящей заявке, могут быть использованы с различными структурами кадра и поддиапазона.

Для пояснения в описании ниже использована следующая номенклатура. Векторы обозначены жирными и подчеркнутыми символами с индексом, указывающим длину вектора, например $\underline{\mathbf{h}}_M$ для вектора $M \times 1$ или $\underline{\mathbf{H}}_K$ для вектора $K \times 1$, где “ $\times 1$ ” в размере является явным или опущенным для пояснения. Матрицы обозначены с помощью жирных и подчеркнутых символов с индексом, указывающим размер матрицы, например $\underline{\mathbf{W}}_{M \times K}$ для матрицы $M \times K$. Векторы временной области обычно обозначены с помощью символов нижнего регистра, например $\underline{\mathbf{h}}_K$, а векторы частотной области обычно обозначены с помощью символов верхнего регистра например, $\underline{\mathbf{H}}_K$.

Беспроводной канал между передатчиком 110 и приемником 150 может отличаться либо импульсным откликом $\underline{\mathbf{h}}_K$ канала временной области, либо соответствующим частотным откликом $\underline{\mathbf{H}}_K$ канала частотной области. Зависимость между импульсным откликом канала и частотным откликом канала может быть выражена в матричной форме следующим образом:

$$\underline{\mathbf{H}}_K = \underline{\mathbf{W}}_{K \times K} \cdot \underline{\mathbf{h}}_K; \quad \text{Уравнение (1)}$$

$$\underline{\mathbf{h}}_K = \underline{\mathbf{W}}_{K \times K}^{-1} \underline{\mathbf{H}}_K; \quad \text{Уравнение (2)}$$

где $\underline{\mathbf{h}}_K$ - вектор $K \times 1$ для импульсного отклика беспроводного канала,

$\underline{\mathbf{H}}_K$ - вектор $K \times 1$ для частотного отклика беспроводного канала,

$\underline{\mathbf{W}}_{K \times K}$ - матрица $K \times K$ Фурье,

$\underline{W}_{K \times K}^{-1} = \frac{1}{M} \underline{W}_{K \times K}^H$ - обратная матрица $K \times K$ Фурье, а

H обозначает сопряженное преобразование.

5 Уравнение (1) указывает, что частотный отклик канала является быстрым преобразованием Фурье или дискретным преобразованием Фурье (FFT/DFT) импульсного отклика канала. Уравнение (2) указывает, что импульсный отклик канала является обратным FFT или обратным DFT (IFFT/IDFT) частотного отклика канала. Элемент в строке r и столбце c матрицы $\underline{W}_{K \times K}$ Фурье может быть задан как:

10

$$w_{r,c} = e^{-j2\pi \frac{(r-1)(c-1)}{K}}, \quad \text{для } r=1, \dots, K \text{ и } c=1, \dots, K. \quad \text{Уравнение (3)}$$

15

“-1” в показателе степени в уравнении (3) из-за того, что индексы r и c начинаются с 1 вместо 0.

Передатчик 110 передает данные и пилот-символы в примененном поддиапазоне в приемник 150. Можно допустить, что данные и пилот-символы имеют среднюю
20 энергию, равную E_S или $E\{|X(k)|^2\} = E_S$, где $X(k)$ - символ, переданный в поддиапазоне k , а $E\{\}$ обозначает операцию математического ожидания. Для простоты следующее описание допускает, что каждый символ передают с единичной мощностью, так что $E_S=1$.

25

Принятые символы, полученные приемником 150 в период символа n OFDM, могут быть выражены как:

$$\underline{Y}_K(n) = \underline{H}_K(n) \circ \underline{X}_K(n) + \underline{\eta}_K(n), \quad \text{Уравнение (4)}$$

30

где $\underline{X}_K(n)$ - вектор $K \times 1$, содержащий переданные символы для K поддиапазонов,

$\underline{Y}_K(n)$ - вектор $K \times 1$, содержащий принятые символы для K поддиапазонов,

35 $\underline{\eta}_K(n)$ - вектор $K \times 1$ шума для K поддиапазонов, и

“ $\circ$ ” обозначает поэлементное произведение.

Каждый элемент $\underline{X}_K(n)$ может быть символом данных для поддиапазона данных, пилот-символом для поддиапазона пилот-символов или нулевым символом для неиспользованного поддиапазона (например, защитного поддиапазона). Для
40 простоты можно допустить, что пилот-символы имеют комплексное значение, равное $1+j0$, и величину, равную $\sqrt{E_S} = 1$. В этом случае принятые пилот-символы являются просто шумовой версией коэффициентов усиления каналов в $\underline{H}_K(n)$.

45

Если используют только P поддиапазонов пилот-символов для передачи пилот-символов, как изображено на фиг.3, тогда приемник может формировать $M \times 1$ вектор $\underline{Y}_M(n)$, содержащий P принятых пилот-символов для P использованных поддиапазонов пилот-символов и $Z_L + Z_U$ нулевых символов для обнуленных поддиапазонов пилот-символов. Вектор $\underline{Y}_M(n)$ может быть выражен как:

50

$$\underline{\mathbf{Y}}_M(n) = \begin{pmatrix} \underline{\mathbf{0}}_{z_L} \\ \underline{\mathbf{Y}}_P(n) \\ \underline{\mathbf{0}}_{z_U} \end{pmatrix},$$

Уравнение (5)

где $\underline{\mathbf{0}}_{z_L}$ и $\underline{\mathbf{0}}_{z_U}$ - векторы всех нулей, а

$\underline{\mathbf{Y}}_P(n)$ - вектор $P \times 1$ принятых пилот-символов для P использованных

поддиапазонов пилот-символов.

Для оценки импульсного отклика канала на основании принятых пилот-символов могут быть использованы различные способы. Эти способы включают в себя способ наименьших квадратов (LS), способ минимальной среднеквадратичной ошибки (MMSE), способ устойчивой MMSE и способ принудительного задания нулей (ZF).

Оценка импульсного отклика канала способом наименьших квадратов (CIRE) $\underline{\mathbf{h}}_M^{ls}(n)$ может быть получена как:

$$\underline{\mathbf{h}}_M^{ls}(n) = \underline{\mathbf{W}}_{M \times M}^{-1} \cdot \underline{\mathbf{Y}}_M(n),$$

$$= \underline{\mathbf{W}}_{M \times M}^{-1} \cdot [\underline{\mathbf{W}}_{M \times M} \cdot \underline{\mathbf{h}}_M(n) + \underline{\boldsymbol{\eta}}_M(n)],$$

Уравнение (6)

$$= \underline{\mathbf{h}}_M(n) + \underline{\mathbf{W}}_{M \times M}^{-1} \cdot \underline{\boldsymbol{\eta}}_M(n),$$

где $\underline{\mathbf{h}}_M(n)$ - вектор $M \times 1$ импульсного отклика канала с M ответвлениями канала, и

$\underline{\boldsymbol{\eta}}_M(n)$ - вектор $M \times 1$ шума для M поддиапазонов пилот-символов.

Уравнение (6) указывает, что CIRE наименьших квадратов может быть получена просто с помощью взятия M -точечного IFFT/IDFT от принятых пилот-символов в $\underline{\mathbf{Y}}_M(n)$. CIRE принудительного задания нулей равна CIRE наименьших квадратов.

CIRE MMSE $\underline{\mathbf{h}}_M^{mmse}(n)$ может быть получена как:

$$\underline{\mathbf{h}}_M^{mmse}(n) = \underline{\Psi}_{hh} \cdot \underline{\mathbf{W}}_{M \times M}^{-1} \cdot [\underline{\mathbf{W}}_{M \times M} \cdot \underline{\Psi}_{hh} \cdot \underline{\mathbf{W}}_{M \times M}^{-1} + \underline{\Delta}_{\eta\eta}]^{-1} \cdot \underline{\mathbf{Y}}_M(n),$$

Уравнение (7)

где $\underline{\Psi}_{hh} = E\{\underline{\mathbf{h}}_M(n) \cdot \underline{\mathbf{h}}_M^H(n)\}$ - матрица $M \times M$ ковариации канала, и

$\underline{\Delta}_{\eta\eta} = E\{\underline{\boldsymbol{\eta}}_M(n) \cdot \underline{\boldsymbol{\eta}}_M^H(n)\}$ - матрица $M \times M$ ковариации шума.

CIRE устойчивой MMSE $\underline{\mathbf{h}}_M^{rmmse}(n)$ может быть получена как:

$$\underline{\mathbf{h}}_M^{rmmse}(n) = \frac{1}{1 + N_0} \cdot \underline{\mathbf{W}}_{M \times M}^{-1} \cdot \underline{\mathbf{Y}}_M(n).$$

Уравнение (8)

Уравнение 8 допускает, что ответвления в импульсном отклике канала не коррелированы и имеют одинаковую мощность, так что $\underline{\Psi}_{hh} = \underline{\mathbf{I}}_{M \times M}$. Уравнение (8) дополнительно допускает, что шум $\underline{\boldsymbol{\eta}}_M(n)$ является аддитивным белым гауссовым

шумом (AWGN) с вектором нулевого среднего значения и матрицей ковариации

$\Delta_{\eta\eta} = N_0 \cdot \mathbf{I}_{K \times K}(n)$, где N_0 - дисперсия шума, а $\mathbf{I}_{K \times K}(n)$ - матрица $K \times K$ тождественности.

Приемник может получить начальную CIRE $\underline{\mathbf{h}}'_M(n)$ для каждого периода символа n с

5 помощью передачи пилот-символов на основании принятых пилот-символов из символа OFDM, посланного в этот период символа. Приемник может получить $\underline{\mathbf{h}}'_M(n)$ с использованием наименьших квадратов, MMSE, устойчивой MMSE или некоторого другого способа. Следовательно, $\underline{\mathbf{h}}'_M(n)$ может быть равен

10 $\underline{\mathbf{h}}_M^{ls}(n)$, $\underline{\mathbf{h}}_M^{mmse}(n)$ или $\underline{\mathbf{h}}_M^{rmmse}(n)$.

Приемник может фильтровать начальные CIRE $\underline{\mathbf{h}}'_M(n)$ для разных периодов символов OFDM, чтобы получить отфильтрованные CIRE $\tilde{\underline{\mathbf{h}}}_M(n)$, имеющие

улучшенное качество. Фильтрация может быть выполнена различными способами.

15 В варианте осуществления фильтрация для “внутреннего” символа n OFDM, который ограничен символом $n-1$ OFDM с левой стороны и символом $n+1$ с правой стороны, может быть выполнена следующим образом:

$$20 \quad \tilde{\underline{\mathbf{h}}}_M(n) = \frac{1}{4} \underline{\mathbf{h}}'_M(n-1) + \frac{1}{2} \underline{\mathbf{h}}'_M(n) + \frac{1}{4} \underline{\mathbf{h}}'_M(n+1) . \quad \text{Уравнение (9)}$$

В уравнении (9) отфильтрованную CIRE $\tilde{\underline{\mathbf{h}}}_M(n)$ для текущего периода символа OFDM
25 определяют на основании начальных CIRE для предыдущего, текущего и следующего периодов символов OFDM.

В варианте осуществления фильтрация для “левой границы” символа n OFDM, то есть ограниченного только символом $n+1$ OFDM с правой стороны, может быть
30 выполнена следующим образом:

$$\tilde{\underline{\mathbf{h}}}_M(n) = \frac{2}{3} \underline{\mathbf{h}}'_M(n) + \frac{1}{3} \underline{\mathbf{h}}'_M(n+1) . \quad \text{Уравнение (10)}$$

35 В уравнении (10) отфильтрованную CIRE $\tilde{\underline{\mathbf{h}}}_M(n)$ для текущего периода символа OFDM определяют на основании начальных CIRE для текущего и следующего периодов символов OFDM.

В варианте осуществления фильтрация для “правой границы” символа n OFDM, то
40 есть ограниченного только символом $n-1$ OFDM с левой стороны, может быть выполнена следующим образом:

$$45 \quad \tilde{\underline{\mathbf{h}}}_M(n) = \frac{2}{3} \underline{\mathbf{h}}'_M(n) + \frac{1}{3} \underline{\mathbf{h}}'_M(n-1) . \quad \text{Уравнение (11)}$$

В уравнении (11) отфильтрованную CIRE $\tilde{\underline{\mathbf{h}}}_M(n)$ для текущего периода
50 символа OFDM определяют на основании начальных CIRE для предыдущего и текущего периодов символов OFDM.

Обычно временная фильтрация начальных CIRE может быть выполнена по любому числу прошлых и/или будущих символов OFDM. Кроме того, временная фильтрация может быть выполнена с помощью фильтра с конечным импульсным откликом (FIR),

например, как изображено в уравнениях с (9) по (11), фильтра с бесконечным импульсным откликом (ИИР) или с помощью некоторых других типов фильтров. Фильтрация также может быть адаптивной, например, настроенной на основании скорости приемника, частоты изменений состояний канала, рабочего SNR и т.д.

Приемник может выполнять установление порога в отфильтрованной CIRE $\tilde{\mathbf{h}}_M(n)$,

чтобы получить конечную CIRE $\hat{\mathbf{h}}_M(n)$. Отфильтрованная CIRE $\tilde{\mathbf{h}}_M(n)$

содержит M ответвлений CIRE канала с $\tilde{h}_1(n)$ по $\tilde{h}_M(n)$. Каждое ответвление

$\tilde{h}_m(n)$ канала для $m=1, \dots, M$ имеет комплексный коэффициент усиления,

определенный с помощью беспроводного канала. Установление порога поддерживает ответвления канала с достаточной энергией и отбраковывает слабые ответвления канала.

В одном аспекте установление порога выполняют в соответствии с пороговым параметром и порогом. Чтобы получить порог, средняя энергия канала для M ответвлений канала в $\tilde{\mathbf{h}}_M(n)$ может быть вычислена следующим образом:

$$E_{avg}(n) = \frac{1}{M} \cdot \sum_{m=1}^M |\tilde{h}_m(n)|^2, \quad \text{Уравнение (12)}$$

где $\tilde{h}_m(n)$ - m -е ответвление канала в $\tilde{\mathbf{h}}_M(n)$, и

$E_{avg}(n)$ - средняя энергия канала для периода n символа OFDM.

В варианте осуществления порог определяют на основании средней энергии канала и порогового параметра следующим образом:

$$T_h(n) = P \cdot E_{avg}(n), \quad \text{Уравнение (13)}$$

где P - пороговый параметр, а $T_h(n)$ - порог для периода n символа OFDM.

Пороговый параметр также может быть назван пороговой константой, коэффициентом масштабирования и т.д. Порог также может быть определен как

$T_h(n) = P_t \cdot E_{total}(n)$, где $E_{total}(n)$ - полная энергия канала, а $P_t = P/M$ - скорректированный пороговый параметр.

Обычно порог $T_h(n)$ может быть функцией любых величин. Порог может быть функцией средней энергии канала и порогового параметра, например, как изображено в уравнении (13). В качестве альтернативы или дополнительно порог может быть функцией энергии шума, энергии некоторого числа слабых ответвлений канала, энергии самого сильного ответвления канала и т.д.

Приемник может выполнять установление порога отфильтрованной CIRE следующим образом:

$$\hat{h}_m(n) = \begin{cases} \tilde{h}_m(n), & \text{если } |\tilde{h}_m(n)|^2 \geq T_h(n), \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad \text{Уравнение (14)}$$

где $\hat{h}_m(n)$ - m -е ответвление канала в $\hat{\mathbf{h}}_M(n)$. В варианте осуществления, изображенном в уравнении (14), установление порога выполняют отдельно для

каждого из M ответвлений канала в $\tilde{h}_M(n)$. Энергию каждого отфильтрованного ответвления $\tilde{h}_M(n)$ канала вычисляют и сравнивают с порогом $T_h(n)$. Конечное ответвление $\hat{h}_m(n)$ канала устанавливают в отфильтрованное ответвление $\tilde{h}_m(n)$ (n) канала, если энергия соответствует порогу или превышает порог, а иначе устанавливают в ноль.

Фиг.4 иллюстрирует установление порога для примерной оценки импульсного отклика канала. Энергии M отфильтрованных ответвлений канала изображены с помощью вертикальных линий с разными высотами индекса ответвления от 1 до M . Порог $T_h(n)$ изображен с помощью пунктирной линии 410. Ответвления канала с энергиями выше линии 410 поддерживают, а слабые ответвления канала с энергиями ниже линии 410 обнуляют. Как видно из фиг.4, повышение порога и линии 410 (с помощью увеличения порогового параметра) может иметь в результате больше ответвлений канала, являющихся обнуленными. Наоборот, понижение порога и линии 410 (с помощью уменьшений порогового параметра) может иметь в результате больше ответвлений канала, являющихся поддержанными.

Фиг.4 и описание выше предназначены для варианта осуществления установления порога. Установление порога также может быть выполнено другими способами. Например, ответвления канала могут быть ранжированы от самого сильного до самого слабого. Затем ответвления канала могут быть обнулены, одно ответвление канала за раз, начиная с самого слабого ответвления, до тех пор, пока не будет отбракован некоторый процент полной энергии, некоторый процент или число ответвлений канала обнуляют и т.д. Процент может быть определен с помощью порогового параметра P .

Установление порога может быть выполнено в ответвлениях $\tilde{h}_m(n)$ в отфильтрованной CIRE, как описано выше. Установление порога также может быть выполнено в ответвлениях канала $h'_m(n)$ в начальной CIRE без фильтрации.

Приемник может использовать конечную CIRE $\hat{h}_M(n)$ для различных целей, таких как детектирование данных, вычисление логарифмического коэффициента вероятности (LLR) и т.д. Например, приемник может получить конечную оценку $\hat{H}_K(n)$ частотного отклика канала для всех K полных поддиапазонов на основании конечной CIRE $\hat{h}_M(n)$ с M ответвлениями канала. Затем приемник может выполнить коррекцию или согласованную фильтрацию относительно принятых символов данных в $\mathbf{Y}_K(n)$ с помощью конечной оценки $\hat{H}_K(n)$ частотного отклика канала, чтобы получить оценки $\hat{\mathbf{X}}_K(n)$ символов данных. Приемник также может использовать $\hat{H}_K(n)$, чтобы вычислить LLR для битов оценок символов данных.

Было выполнено компьютерное моделирование для примерной системы OFDM, изображенной на фиг.2 и фиг.3, с $K=1024$, $G=136$, $U=888$, $M=128$, $P=111$ и $C=108$. Были смоделированы шесть различных сценариев работы, соответствующих двум моделям канала и трем комбинациям скорости кода и схемы модуляции. Для каждого сценария работы эффективность была различной для разных величин порогового параметра. Моделирование показали, что пороговый параметр имеет большое влияние как на качество оценки канала, так и на эффективность. Таблица 1 дает величины порогового параметра, которые обеспечивают наилучшую эффективность для шести смоделированных сценариев работы.

Таблица 1 - Величины порогового параметра с наилучшей эффективностью

Кодирование и модуляция	Двухкластерная VENA (120 км/час) транспортного средства А	PEDP (120 км/час) пешехода В
QPSK, скорость 0,55	P=0,75	P=1,00
16-QAM, скорость 0,41	P=0,50	P=0,75
16-QAM, скорость 0,55	P=0,25	P=0,50

5 VENA и PEDP являются двумя моделями профиля канала, которые широко известны в данной области техники. Профиль канала является статистической
10 моделью для импульсного отклика канала и указывает на то, как выглядит канал связи во временной области. Профиль канала зависит от скорости и окружающей среды.

Результаты в таблице 1 получены с помощью больших объемов блоков данных и
15 турбокодирования относительно блоков данных, посланных через 12 символов OFDM в четырех интервалах времени. Блок данных также может быть назван пакетом, кадром и т.д. Для двухкластерной модели VENA транспортного средства первый кластер начинается в 0 мкс, второй кластер начинается в 10 мкс, оба кластера имеют одинаковую мощность, и импульс передачи является полностью синхронизированной
20 функцией.

Каждая комбинация скорости кода и схемы модуляции требует определенного минимального SNR, для того чтобы достичь целевого коэффициента ошибочных
25 блоков (BLER), например 1% BLER. В таблице 1 требуемое SNR для скорости 0,55 с QPSK меньше, чем требуемое SNR для скорости 0,41 с 16-QAM, которое меньше, чем требуемое SNR для скорости 0,55 с 16-QAM. Для данной схемы модуляции более высокая скорость кода соответствует большему требуемому SNR. Таблица 1 указывает, что большая величина порогового параметра может обеспечить лучшую
30 эффективность при меньших требуемых SNR для данного профиля канала.

Таблица 1 дает результаты для некоторых примерных сценариев работы. Обычно
35 сценарий работы может отличаться профилем канала, рабочим SNR, схемой модуляции и кодирования, некоторыми другими параметрами, любым одним из параметров или любой комбинацией параметров. Различные сценарии работы могут быть смоделированы, чтобы определить величины порогового параметра, которые обеспечивают наилучшую эффективность для этих сценариев работы. Разные
40 результаты могут быть получены с разными параметрами системы, моделями профиля канала и/или допущениями.

Подходящая величина для использования для порогового параметра P может быть
45 определена различными способами. В одном варианте осуществления величины порогового параметра, которые обеспечивают хорошую производительность для различных сценариев работы, могут быть определены с помощью компьютерных моделирований, эмпирических измерений и т.д., и могут быть запомнены в справочной таблице. После этого может быть установлен текущий сценарий работы
50 для приемника, например, на основании профиля канала, схемы кодирования и модуляции и/или других параметров, применимых для приемника. Величину порогового параметра, соответствующую текущему сценарию работы, извлекают из справочной таблицы и используют для оценки канала.

В другом варианте осуществления величину P порогового параметра выбирают на
основании ожидаемого рабочего SNR. Рабочее SNR может быть оценено на основании принятых пилот-символов и/или принятых символов данных. Обычно меньшая величина порогового параметра может быть использована для большего SNR и

большая величина порогового параметра может быть использована для меньшего SNR.

Еще в одном варианте осуществления величину P порогового параметра выбирают на основании числа ответвлений канала в CIRE. Число ответвлений канала может быть определено с помощью числа поддиапазонов, использованных для передачи пилот-символов, способа, с помощью которого выполняют оценку канала в приемнике, и, возможно, других факторов.

Еще в одном варианте осуществления величину P порогового параметра определяют на основании высококачественной оценки канала. Приемник может получить высококачественную оценку канала, например, на основании пилот-символов TDM или через другое средство. Профиль канала для приемника может быть установлен на основании высококачественной оценки канала, а величина порогового параметра может быть выбрана на основании профиля канала.

В варианте осуществления новую величину порогового параметра выбирают всякий раз, когда требуется высококачественная оценка канала. Например, новая величина порогового параметра может быть выбрана, если пакет декодирован с ошибкой. Новая величина порогового параметра может быть получена следующим образом:

$$P_{new} = P_{old} + \Delta P \text{ или} \\ P_{new} = P_{old} - \Delta P,$$

Уравнение (15)

где P_{old} - старая/текущая величина порогового параметра,

P_{new} - новая величина порогового параметра, и

ΔP - размер шага, который может быть установлен в 0,25 или в некоторую другую величину.

Новая оценка канала может быть получена на основании новой величины порогового параметра, чтобы восстановить пакет. Если пакет все же декодирован с ошибкой с новой оценкой канала, тогда может быть выбрана другая величина порогового параметра и использована, чтобы получить другую оценку канала, которая затем может быть использована, чтобы восстановить пакет. Обычно может быть получено любое число оценок канала с разными значениями порогового параметра. Новые значения порогового параметра могут быть выбраны с обеих сторон исходной величины порогового параметра альтернативным способом. Например, новое значение порогового параметра может быть установлено в $P_{old} + \Delta P$, затем в $P_{old} - \Delta P$, затем в $P_{old} + 2\Delta P$, затем в $P_{old} - 2\Delta P$ и т.д. Новое значение порогового параметра может быть выбрано и использовано до тех пор, пока пакет не будет правильно декодирован, пока не испробовано максимальное число величин или пока не встретится другое условие окончания. Если пакет декодирован правильно, тогда величина порогового параметра, которая дает в результате успешное декодирование, может быть использована для следующих пакетов. Выбор новой величины порогового параметра также может быть инициирован с помощью других событий, помимо ошибки пакета.

Фиг.5 изображает блок-схему варианта осуществления устройства оценки канала/процессора 170 на фиг.1. В устройстве оценки канала/процессоре 170 устройство 512 демодуляции (demod) пилот-символов удаляет модуляцию в принятых пилот-символах, а также предоставляет нулевые символы для неиспользованных поддиапазонов пилот-символов. Процессор 514 CIRE получает начальную CIRE для

текущего периода символа на основании выходного сигнала устройства 512 демодуляции пилот-символов. Процессор 514 CIRE может получать начальную CIRE на основании способа наименьших квадратов, изображенного в уравнении (6), способа MMSE, изображенного в уравнении (7), способа устойчивой MMSE, изображенного в уравнении (8), или некоторого другого способа. Фильтр 514 фильтрует начальные CIRE для различных периодов символов, например, как изображено в уравнениях (9), (10) и (11), и предоставляет отфильтрованный CIRE для текущего периода символа.

Контроллер устанавливает текущий сценарий работы и выбирает подходящую величину порогового параметра для текущего сценария работы. Память 192 может запоминать справочную таблицу (LUT) различных величин порогового параметра для различных сценариев работы. Устройство 520 вычисления порога получает порог $T_h(n)$ для текущего периода символа на основании отфильтрованной CIRE и величины порогового параметра, например, как изображено в уравнениях (12) и (13). Устройство 518 выполняет установление порога в ответвлениях канала отфильтрованной CIRE на основании порога из устройства 520 и предоставляет конечную CIRE для текущего периода символа. Устройство 522 FFT может получать оценку частотного отклика канала, если необходимо, на основании конечной CIRE.

Фиг.6 изображает вариант осуществления процесса 600, предназначенного для выполнения оценки канала с помощью установления порога. Начальную CIRE получают для каждого периода символа с помощью передачи пилот-символов (блок 612). Начальная CIRE может быть получена на основании принятых пилот-символов для использованных поддиапазонов пилот-символов и нулевых символов для поддиапазонов обнуленных пилот-символов. Начальная CIRE также может быть получена на основании наименьших квадратов, MMSE, устойчивого MMSE, принудительного задания нулей или некоторого другого способа. Отфильтрованную CIRE получают для текущего периода символа с помощью фильтрации начальных CIRE для текущих, предыдущих и/или будущих периодов символов (блок 614). Первая CIRE, имеющая множество ответвлений канала, может быть установлена в начальную CIRE или отфильтрованную CIRE для текущего периода символа (блок 616).

Величину порогового параметра выбирают на основании, по меньшей мере, одного критерия (блок 618). Например, величина порогового параметра может быть выбрана на основании профиля канала, рабочего SNR, числа ответвлений канала и т.д. Порог получают на основании первой CIRE и величины порогового параметра (блок 620). В варианте осуществления определяют среднюю энергию ответвлений канала в первой CIRE и получают порог на основании средней энергии и величины порогового параметра. Вторую CIRE получают с помощью обнуления выбранных ответвлений из ответвлений канала в первой CIRE на основании порога (блок 622). В варианте осуществления ответвления канала с энергией, меньшей, чем порог, обнуляют, чтобы получить вторую CIRE. Вторая CIRE также может быть получена с помощью выполнения установления порога в ответвлениях канала другими способами.

Затем делают определение, требуется ли улучшенная оценка канала (блок 624). Улучшенная оценка канала может требоваться, если пакет декодирован с ошибкой. Если ответом является “да” для блока 624 и если не встретилось условие окончания в блоке 626, тогда выбирают новую величину порогового параметра, например, с помощью изменения текущей величины порогового параметра на ΔP (блок 628). Затем процесс возвращается в блок 620, чтобы (1) определить новый порог на

основании новой величины порогового параметра и (2) чтобы получить новую вторую CIRE с помощью обнуления выбранных ответвлений из ответвлений канала первой CIRE на основании нового порога. Блоки с 620 по 628 могут быть выполнены любое число раз до тех пор, пока не встретится условие окончания. Если улучшенная
 5 оценка канала не требуется, как определено в блоке 624, или если встретилось условие окончания, как определено в блоке 626, тогда процесс заканчивается.

Специалисты в данной области техники поняли бы, что информация и сигналы могут быть представлены с использованием любой из множества различных
 10 технологий и способов. Например, данные, инструкции, команды, информация, сигналы, бит, символы и элементарные сигналы, которые могут упоминаться во всем вышеприведенном описании, могут быть представлены напряжениями, токами, электромагнитными волнами, магнитными полями или частицами, оптическими полями или частицами или любой их комбинацией.

Специалисты в данной области техники дополнительно поняли бы, что различные иллюстративные логические блоки, модули, схемы и этапы алгоритмов, описанные в связи с вариантами осуществления, раскрытыми в настоящей заявке, могут быть реализованы как электронное аппаратное обеспечение, компьютерное программное
 20 обеспечение или комбинация того и другого. Для того чтобы понятно проиллюстрировать эту взаимозаменяемость аппаратного обеспечения и программного обеспечения, различные иллюстративные компоненты, блоки, модули, схемы и этапы описаны выше в целом в понятиях их функционального назначения. Реализуется ли такое функциональное назначение как аппаратное обеспечение или
 25 программное обеспечение, зависит от конкретного приложения и ограничений проектирования, наложенных на всю систему. Опытные изобретатели могут реализовать описанное функциональное назначение различными способами для каждого конкретного приложения, но решения такой реализации не должны интерпретироваться как вызывающие выход за рамки объема настоящего изобретения.

Различные иллюстративные логические блоки, модули и схемы, описанные в связи с вариантами осуществления, раскрытыми в настоящей заявке, могут быть реализованы или выполнены с помощью процессора общего назначения, процессора цифровых сигналов (DSP), специализированной интегральной схемы (ASIC), вентильной
 35 матрицы, программируемой в условиях эксплуатации (FPGA) или другого программируемого логического устройства, дискретной логической схемы или транзисторной логики, дискретных компонентов аппаратного обеспечения или любой их комбинации, предназначенной для выполнения функций, описанных в настоящей заявке. Процессор общего назначения может быть микропроцессором, но в
 40 альтернативе процессор может быть любым традиционным процессором, контроллером, микроконтроллером или конечным автоматом. Процессор также может быть реализован как комбинация вычислительных устройств, например комбинация DSP и микропроцессора, множество микропроцессоров, один или более
 45 микропроцессоров совместно с ядром DSP или любая другая такая конфигурация.

Этапы способа или алгоритма, описанного в связи с вариантами осуществления, раскрытыми в настоящей заявке, могут быть осуществлены непосредственно в аппаратном обеспечении, в модуле программного обеспечения, выполняемом
 50 процессором, или в комбинации того и другого. Модуль программного обеспечения может находиться в памяти RAM, флэш-памяти, памяти ROM, памяти EPROM (электрически программируемое ПЗУ), памяти EEPROM (электрически стираемое программируемое ПЗУ), в регистрах, на жестком диске, сменном диске, CD-ROM или

любом другом виде запоминающего носителя, известного в данной области техники. Примерный запоминающий носитель соединен с процессором таким образом, что процессор может считывать информацию из запоминающего носителя и записывать информацию на него. В качестве альтернативы запоминающий носитель может быть
 5 единым целым с процессором. Процессор и запоминающий носитель могут находиться в ASIC. ASIC может находиться в пользовательском терминале. В качестве альтернативы процессор и запоминающий носитель могут находиться в дискретных компонентах в пользовательском терминале.

10 Предыдущее описание раскрытых вариантов осуществления предоставлено для того, чтобы дать возможность любому специалисту в данной области техники изготовить или использовать настоящее изобретение. Различные модификации этих вариантов осуществления будут без труда понятны специалистам в данной области техники, а основные принципы, определенные в настоящей заявке, могут быть
 15 применены к другим вариантам осуществления, не выходя за рамки объема и сущности изобретения. Следовательно, не предполагается, что настоящее изобретение ограничено вариантами осуществления, изображенными в настоящей заявке, а должно соответствовать самым широким рамкам, согласующимся с принципами и
 20 новыми признаками, раскрытыми в настоящей заявке.

Формула изобретения

1. Устройство для выбора и использования величины порогового параметра для оценки канала, содержащее

25 по меньшей мере, один процессор, сконфигурированный с возможностью получения первой оценки импульсного отклика канала (CIRE), имеющей множество ответвлений канала, выбора величины порогового параметра на основании, по меньшей мере, одного критерия, и получения второй CIRE с помощью обнуления
 30 выбранных ответвлений из множества ответвлений канала на основании величины порогового параметра; и

память, соединенную, по меньшей мере, с одним процессором.

2. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, один процессор получает порог на основании множества ответвлений канала и величины порогового параметра и
 35 получает вторую CIRE с помощью обнуления ответвлений канала с энергией, меньшей, чем порог.

3. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, один процессор определяет среднюю энергию множества ответвлений канала, получает порог на основании
 40 средней энергии и величины порогового параметра и получает вторую CIRE с помощью обнуления ответвлений канала с энергией, меньшей, чем порог.

4. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, один процессор устанавливает профиль канала для устройства и выбирает величину порогового параметра на основании профиля канала.

45 5. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, один процессор устанавливает рабочее отношение сигнал-шум (SNR) и выбирает величину порогового параметра на основании рабочего SNR.

6. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, один процессор выбирает
 50 величину порогового параметра на основании числа ответвлений канала для первой CIRE.

7. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, один процессор устанавливает, декодирован ли пакет с ошибкой, и, если пакет декодирован с ошибкой, выбирает

новую величину порогового параметра и получает новую вторую CIRE с помощью обнуления выбранных ответвлений из множества ответвлений канала на основании новой величины порогового параметра.

8. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, один процессор выбирает другие величины порогового параметра и получает другие CIRE на основании первой CIRE и других величин порогового параметра до тех пор, пока пакет не будет правильно декодирован или пока не встретится условие окончания.

9. Устройство по п.1, в котором память запоминает таблицу величин порогового параметра для разных сценариев работы и в котором, по меньшей мере, один процессор выбирает одну из величин порогового параметра на основании текущего сценария работы.

10. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, один процессор получает принятые пилот-символы для поддиапазонов, использованных для передачи пилот-символов, и получает, по меньшей мере, первую CIRE на основании принятых пилот-символов.

11. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, один процессор получает принятые пилот-символы для поддиапазонов, использованных для передачи пилот-символов, предоставляет нулевые символы для поддиапазонов обнуленных пилот-символов и получает первую CIRE на основании принятых пилот-символов и нулевых символов.

12. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, один процессор получает первую CIRE на основании наименьших квадратов, минимальной среднеквадратичной ошибки (MMSE), устойчивой MMSE или способа принудительного обнуления.

13. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, один процессор получает начальные CIRE для множества периодов символов на основании принятых пилот-символов и получает первую CIRE с помощью фильтрации начальных CIRE.

14. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, один процессор получает начальные CIRE для текущего периода символа, по меньшей мере, одного предыдущего периода символа и, по меньшей мере, одного будущего периода символа на основании принятых пилот-символов и получает первую CIRE с помощью фильтрации начальных CIRE.

15. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, один процессор получает начальные CIRE для текущего периода символа и, по меньшей мере, одного предыдущего периода символа на основании принятых пилот-символов и получает первую CIRE с помощью фильтрации начальных CIRE.

16. Устройство по п.1, в котором, по меньшей мере, один процессор получает начальные CIRE для текущего периода символа и, по меньшей мере, одного будущего периода символа на основании принятых пилот-символов и получает первую CIRE с помощью фильтрации начальных CIRE.

17. Способ выбора и использования величины порогового параметра для оценки канала, содержащий этапы, на которых

получают первую оценку импульсного отклика канала (CIRE), имеющую множество ответвлений канала;

выбирают величину порогового параметра на основании, по меньшей мере, одного критерия; и

получают вторую CIRE с помощью обнуления выбранных ответвлений из множества ответвлений канала на основании величины порогового параметра.

18. Способ по п.17, содержащий также этапы, на которых

определяют среднюю энергию множества ответвлений канала; и
 получают порог на основании средней энергии и величины порогового параметра
 и, в котором этап, на котором получают вторую CIRE, содержит этап, на котором
 получают вторую CIRE с помощью обнуления ответвлений канала с энергией,
 5 меньшей, чем порог.

19. Способ по п.17, в котором этап, на котором выбирают величину порогового
 параметра, содержит этап, на котором выбирают величину порогового параметра на
 основании профиля канала, рабочего отношения сигнал-шум (SNR) или числа
 10 ответвлений канала для первой CIRE.

20. Способ по п.17, содержащий также этапы, на которых
 устанавливают, декодирован ли пакет с ошибкой; и,
 если пакет декодирован с ошибкой,
 выбирают новую величину порогового параметра, и
 15 получают новую вторую CIRE с помощью обнуления выбранных ответвлений из
 множества ответвлений канала на основании новой величины порогового параметра.

21. Способ по п.17, содержащий также этапы, на которых
 получают начальные CIRE для множества периодов символов на основании
 20 принятых пилот-символов и, в котором этап, на котором получают первую CIRE,
 содержит этап, на котором фильтруют начальные CIRE, чтобы получить первую CIRE.

22. Устройство для выбора и использования величины порогового параметра для
 оценки канала, содержащее

25 средство, предназначенное для получения первой оценки импульсного отклика
 канала (CIRE), имеющей множество ответвлений канала;

средство, предназначенное для выбора величины порогового параметра на
 основании, по меньшей мере, одного критерия; и

30 средство, предназначенное для получения второй CIRE с помощью обнуления
 выбранных ответвлений из множества ответвлений канала на основании величины
 порогового параметра.

23. Устройство по п.22, содержащее также

средство, предназначенное для определения средней энергии множества
 ответвлений канала; и

35 средство, предназначенное для получения порога на основании средней энергии и
 величины порогового параметра и, при этом средство, предназначенное для
 получения второй CIRE, содержит средство, предназначенное для получения
 второй CIRE с помощью обнуления ответвлений канала с энергией, меньшей, чем
 40 порог.

24. Устройство по п.22, в котором средство, предназначенное для выбора величины
 порогового параметра, содержит средство, предназначенное для выбора величины
 порогового параметра на основании профиля канала, рабочего отношения
 сигнал-шум (SNR) или числа ответвлений канала для первой CIRE.

45 25. Устройство по п.22, содержащее также

средство, предназначенное для установления, декодирован ли пакет с ошибкой;

средство, предназначенное для выбора новой величины порогового параметра,
 если пакет декодирован с ошибкой; и

50 средство, предназначенное для получения новой второй CIRE, если пакет
 декодирован с ошибкой, с помощью обнуления выбранных ответвлений из множества
 ответвлений канала на основании новой величины порогового параметра.

26. Устройство по п.22, содержащее также

средство, предназначенное для получения начальных CIRE для множества периодов символов на основании принятых пилот-символов и,

при этом средство, предназначенное для получения первой CIRE, содержит
5 средство, предназначенное для фильтрации начальных CIRE, чтобы получить первую CIRE.

10

15

20

25

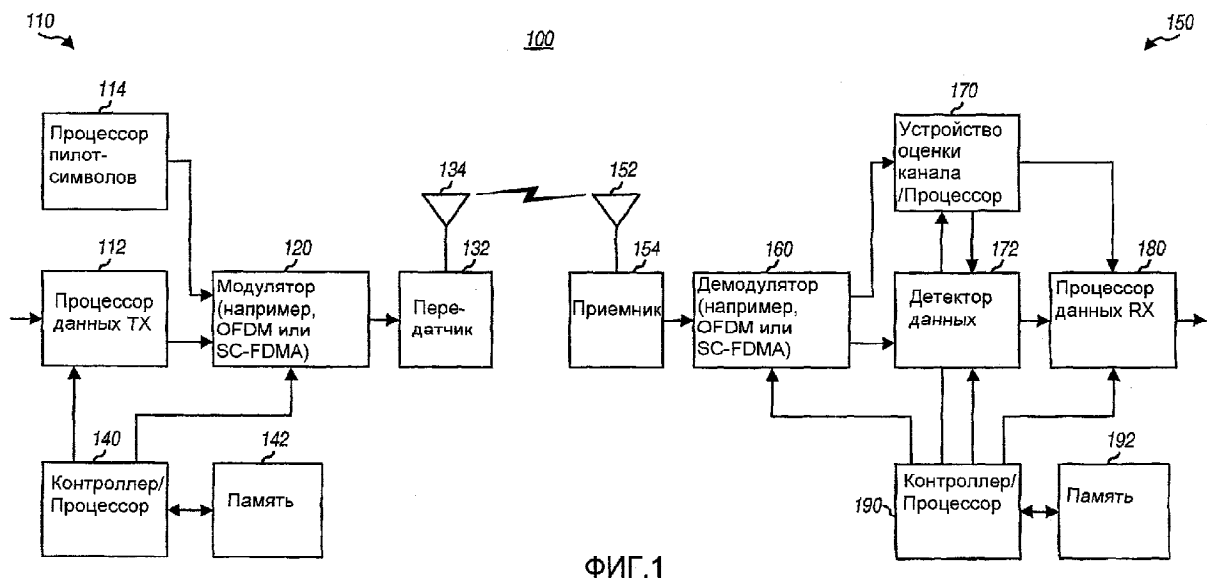
30

35

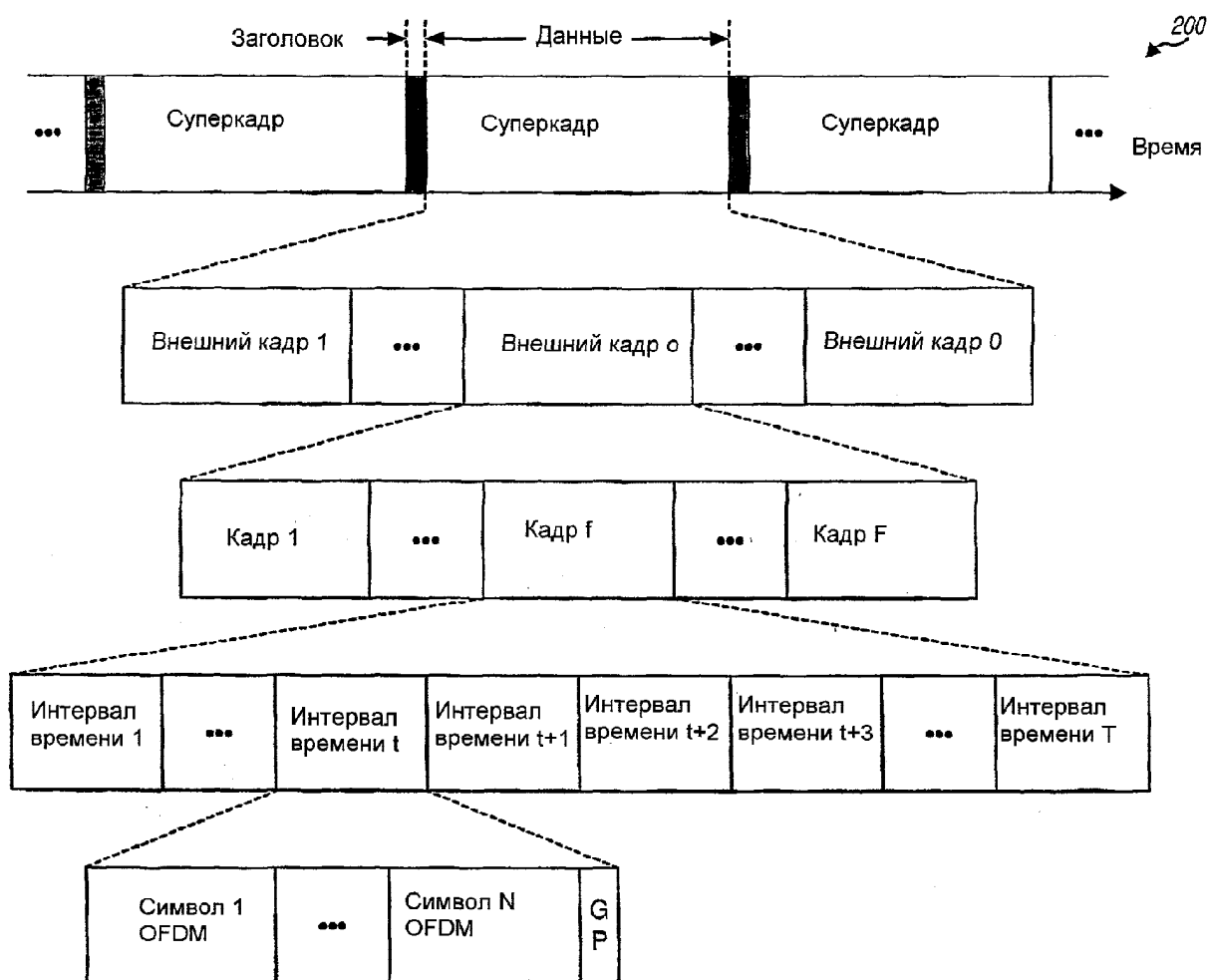
40

45

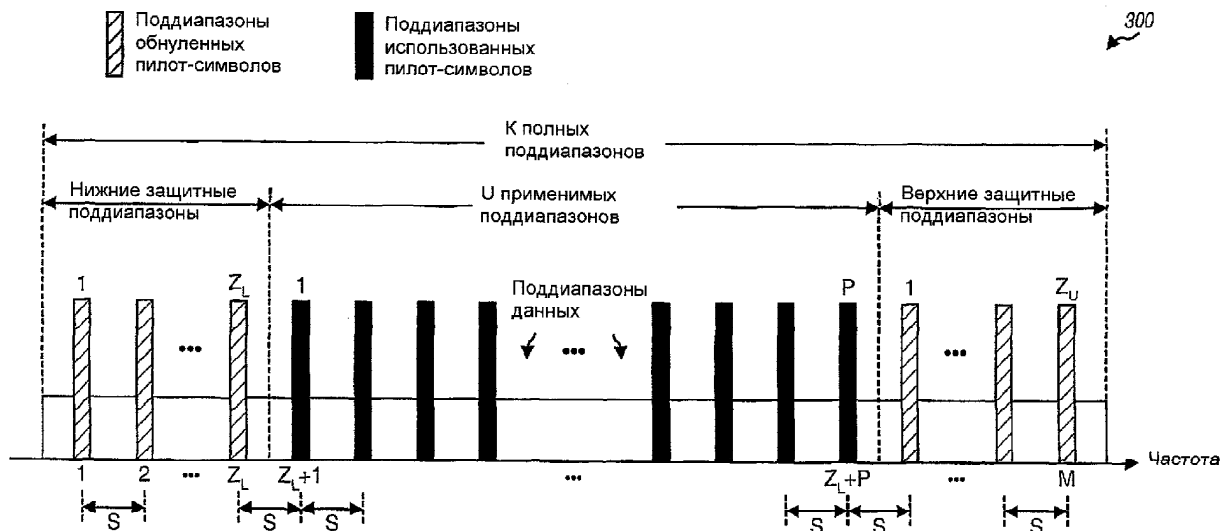
50



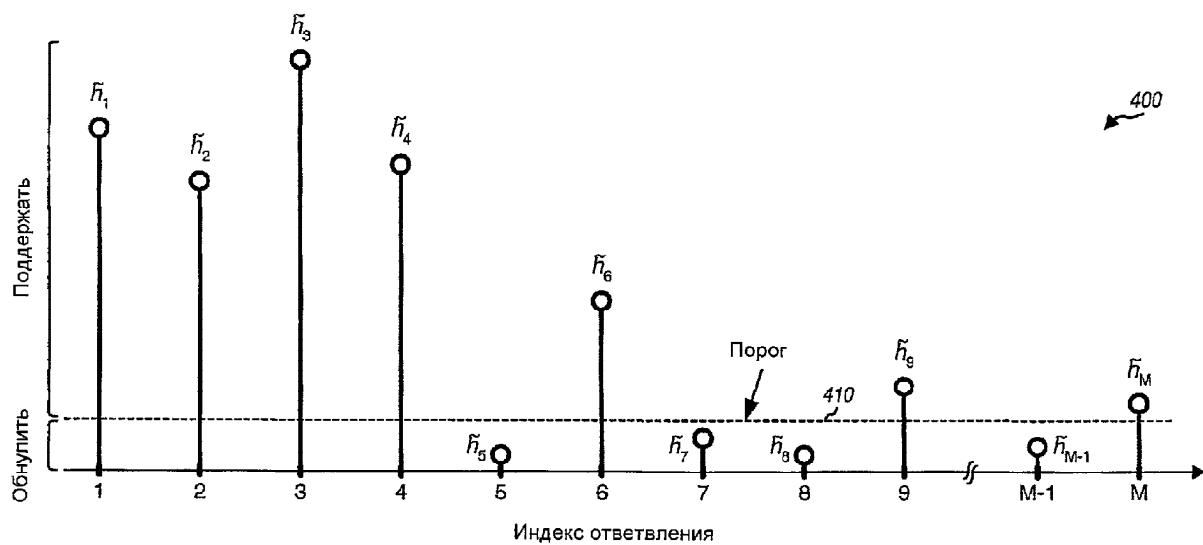
ФИГ.1



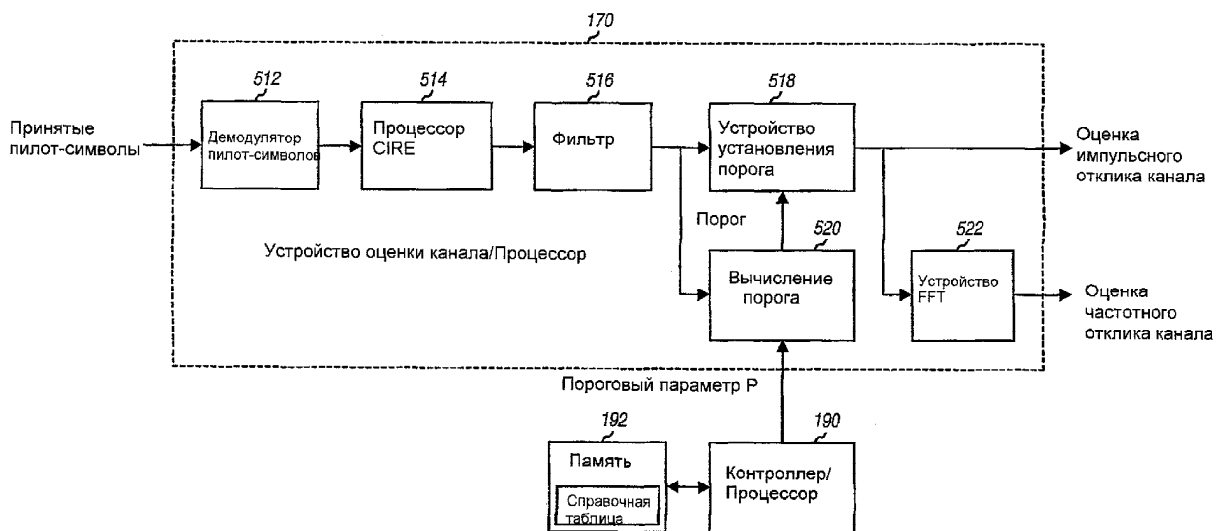
ФИГ.2



ФИГ.3



ФИГ.4



ФИГ.5