

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **229 638** (13) **U1**(51) МПК
[H04L 1/00 \(2006.01\)](#)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: может прекратить свое действие (последнее изменение статуса: 18.06.2025)
 Пошлина: учтена за 1 год с 17.06.2024 по 17.06.2025. Установленный срок для уплаты пошлины за 2 год: с 17.06.2024 по 17.06.2025. При уплате пошлины за 2 год в дополнительный 6-месячный срок с 18.06.2025 по 17.12.2025 размер пошлины увеличивается на 50%.

(52) СПК

[H04L 1/00 \(2024.08\)](#)

(21)(22) Заявка: **2024116500, 17.06.2024**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.06.2024

Дата регистрации:
17.10.2024

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **17.06.2024**

(45) Опубликовано: [17.10.2024](#) Бюл. № [29](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2454816 C2, 27.06.2012. RU 2697260 C2, 13.08.2019. RU 2540263 C2, 10.02.2015. US 10880145 B2, 29.12.2020. CN 109510790 A, 22.03.2019.**

Адрес для переписки:
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, лит. А, ГУАП, ЦКНИ

(72) Автор(ы):

**Крячко Михаил Александрович (RU),
 Дворников Сергей Сергеевич (RU),
 Крячко Александр Федотович (RU),
 Погорелов Андрей Анатольевич (RU),
 Дворников Сергей Викторович (RU),
 Лаута Олег Сергеевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения" (RU)

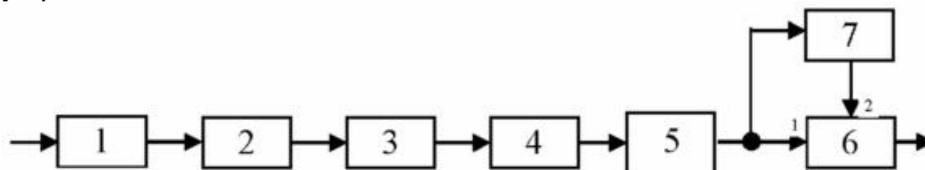
(54) Устройство приема и обработки сигналов с неортогональным частотным разделением каналов

(57) Реферат:

Полезная модель относится к технике связи и может быть использована в системах передачи данных по радиоканалу для приема сигналов мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM-сигнала) и с неортогональным частотным разделением каналов (НЧРК). Техническим результатом является повышение достоверности демодуляции сигналов с неортогональным частотным разделением каналов (НЧРК). Такой результат обеспечивается тем, что устройство приема и обработки сигналов дополнительно содержит блок линий задержки, вход которого соединен с выходом фильтра подавления помех, а выход – со входом процессора и первым входом OFDM- демодулятора, при этом выход процессора соединен со вторым входом OFDM-демодулятора, выход которого является выходом устройства.

3

ил.



Фиг. 1

Полезная модель относится к технике связи и может быть использована в системах передачи данных по радиоканалу для приема сигналов мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM-сигнала) и с неортогональным частотным разделением каналов (НЧРК).

Известны «Способы и устройства для повышения производительности и обеспечения возможности быстрого декодирования передач с несколькими кодовыми блоками» (Патент РФ № 2428796, МПК H04B 7/26, опубл. 10.09.2011, Бюл. № 25).

В известном устройстве приемник, содержащий: множество блоков, настроенных на прием множества групп элементов ресурсов, содержащих кодированные разряды; модуль дискретного преобразования Фурье, преобразующий принятые сигналы временной области в символы модуляции на элементах ресурсов; и демодулятор, демодулирующий преобразованные символы модуляции на элементах ресурсов в кодированные разряды мягкого решения, которые должны декодироваться декодером; декодер, формирующий декодированные информационные разряды, декодирующий, при приеме каждой из множества групп элементов ресурсов, элементы ресурсов из нескольких символов мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM), сегментируемых на каждую из множества групп, содержащую множество элементов ресурсов, включающее кодированные информационные разряды, по меньшей мере, из одного кодового блока; и блок сбора, собирающий декодированные информационные разряды из множества групп для формирования транспортного блока декодированных информационных разрядов.

Недостатком этого устройства в том, что оно не ориентировано на прием сигналов с НЧРК.

Известно «Устройство для передачи OFDM сигнала и устройство для приема OFDM сигнала», (Патент РФ № 2454816, МПК H04L 27/26, H04J 11/00, опубл. 27.06.2012 Бюл. № 18).

Известное устройство для приема сигнала OFDM, выполненное с возможностью приема сигнала OFDM, включающее модуль приема, выполненный с возможностью проведения операции входной обработки принятого сигнала OFDM для каждого периода длительности символа OFDM; ряд модулей снятия перемежения, каждый из которых выполнен с возможностью проведения операции снятия перемежения с данными, полученными в результате проведения операции входной обработки, в структурном элементе, которым является блок перемежения; и ряд модулей декодирования, каждый из которых выполнен с возможностью проведения операции декодирования данных, переданных из соответствующего модуля снятия перемежения, причем блок перемежения является частью блока временного интервала передачи, содержащего данные, предназначенные для передачи в течение временного интервала передачи.

Недостатком этого устройства в том, что оно не ориентировано на прием сигналов с НЧРК.

Наиболее близким по технической сущности к заявленному устройству является «Способ и устройство для передачи и приема радиосигналов по технологии внутрисполосной передачи по одному каналу, включающей в себя кодирование на основе комплементарного разреженного контроля по четности», (Патент РФ № 2674327, H04L 1/00, G06F 11/10 (2006.01), опубл. 06.12.2018 Бюл. № 34).

Устройство-прототип включает в себя ввод, соединенный с антенной и тюнером или внешним интерфейсом. Принимаемый сигнал предоставляется в аналого-цифровой преобразователь и цифровой преобразователь с понижением частоты, чтобы формировать сигнал в полосе модулирующих частот в выводе, содержащем последовательность комплексных выборок сигналов. Выборки сигналов являются комплексными в том, что каждая выборка содержит "реальный" компонент и "мнимый" компонент, который дискретизирован в квадратуре в реальный компонент. Аналоговый демодулятор демодулирует аналоговую модулированную часть сигнала в полосе модулирующих частот, чтобы формировать аналоговый аудиосигнал на линии. Цифровая модулированная часть дискретизированного сигнала в полосе модулирующих частот затем фильтруется посредством фильтра развязки в боковой полосе частот, который имеет частотную характеристику полосы пропускания, содержащую совместный набор поднесущих f_1 - f_n , присутствующих в принимаемом OFDM-сигнале. Фильтр подавляет эффекты первого смежного источника помех. Комплексный сигнал маршрутизируется на ввод модуля получения, который получает или восстанавливает сдвиг или ошибку синхронизации OFDM-символов и сдвиг или ошибку несущей частоты из принимаемых OFDM-символов, как представлено в принимаемом комплексном сигнале. Модуль получения разрабатывает сдвиг Δt синхронизации символов и сдвиг Δf несущей частоты, а также информацию состояния и управляющую информацию. Сигнал затем демодулируется с тем, чтобы демодулировать цифровую модулированную часть сигнала в полосе модулирующих частот. Затем цифровой сигнал обратно перемежается посредством модуля 394 обратного перемежения и декодируется посредством декодера Витерби. Демультимплексор услуг отделяет сигналы основных и вспомогательных программ от сигналов данных. Процессор обрабатывает сигналы основных и вспомогательных программ, чтобы формировать цифровой аудиосигнал на линии. Аналоговые и основные цифровые аудиосигналы смешиваются, как показано на этап, или дополнительный программный сигнал проходит, чтобы формировать аудиовывод на линии. Процессор данных обрабатывает сигналы данных и формирует выходные сигналы данных на линиях. Сигналы данных могут включать в себя, например, услугу предоставления информации станций (SIS), данные об услугах основной

информации программ (MPSD), данные об услугах вспомогательной информации программ (SPSD) и одну или более усовершенствованных услуг поддержки приложений (AAS).

Недостатком этого устройства в том, что оно не ориентировано на прием сигналов с НЧРК.

Задачей полезной модели является выбор порога принятия решения при демодуляции информационных символов в каждом канале сигнала с НЧРК, с учетом взаимного влияния символов соседних каналов друг на друга.

Техническим результатом является повышение достоверности демодуляции сигналов с НЧРК.

Технический результат достигается тем, что в устройство приема и обработки сигналов с неортогональным частотным разделением каналов содержащее последовательно соединенные блок ввода сигнала, блок аналого-цифрового преобразователя, фильтр развязки и фильтр подавления помех, а также процессор и демодулятор OFDM-сигналов, дополнительно содержит блок линий задержки, вход которого соединен с выходом фильтра подавления помех, а его выход – со входом процессора и первым входом демодулятора OFDM-сигналов, при этом выход процессора соединен со вторым входом демодулятора OFDM-сигналов, причем вход блока ввода сигнала является входом устройства, а выход демодулятора OFDM-сигналов – выходом устройства.

Заявляемая полезная модель поясняется чертежами, на которых показаны:

фиг. 1 – заявляемое устройство, где введены следующие обозначения:

- 1 – блок ввода сигнала (БВС);
- 2 – блок аналого-цифрового преобразователя (АЦП);
- 3 – фильтр развязки;
- 4 – фильтр подавления помех;
- 5 – блок линий задержки (БЛЗ);
- 6 – демодулятор OFDM-сигналов;
- 7 – процессор;

фиг. 2 – спектральные представления OFDM-сигнала $S_{\text{OFDM}}(f)$ и сигнала с НЧРК $S_{\text{НЧРК}}(f)$;

фиг. 3 – пример формирования сдвига по времени в каналах OFDM-сигнала для трехканальной передачи.

Устройство приема и обработки сигналов содержит последовательно соединенные блок ввода сигнала (1), блок аналого-цифрового преобразователя (2), фильтр развязки (3), фильтр подавления помех (4), блок линий задержки (5) и демодулятор OFDM-сигналов (6), при этом выход блока линий задержки (5) соединен со входом процессора (7), выход которого соединен со вторым входом демодулятора OFDM-сигналов (6). При этом вход блока ввода сигнала (1) является входом устройства, а выход демодулятора OFDM-сигналов (6) – выходом.

Сущность достижения заявляемого технического результата основана на физических различиях OFDM-сигналов и сигналов с НЧРК. Если спектр OFDM-сигналов (фиг. 2) сформирован с учетом ортогонального разделения соседних каналов. То у сигналов с НЧРК (фиг. 4) условия ортогональности не соблюдаются, что позволяет при равной с OFDM-сигналом шириной занимаемой полосы частот, обеспечить большее число каналов.

Однако, у сигналов с НЧРК, ввиду несоблюдения условий ортогональности, выше уровень внутриканальных шумов. Поэтому при прочих равных условиях помехоустойчивость приема сигналов с НЧРК при использовании демодулятора OFDM ниже, чем помехоустойчивость приема OFDM-сигналов (см. Слюсар, В. И. Неортогональное частотное мультиплексирование (N-OFDM) сигналов. Часть 1. Технологии и средства связи. – 2013. - № 5. С. 61-65).

Поэтому предлагается для повышения помехоустойчивости приема сигналов с НЧРК предварительно осуществить сдвиг каждого канала, который обеспечивает заявляемое устройство в виде полезной модели.

Устройство приема и обработки сигналов с неортогональным частотным разделением каналов работает следующим образом.

Принимаемый сигнал подают в блок ввода сигнала (1), который обеспечивает согласование с подключаемым тюнером.

Затем сигнал подают в блок аналого-цифрового преобразователя (2), в котором происходит преобразование сигнала к цифровому виду и понижение его частоты до уровня полосы пропускания фильтр развязки (3).

Далее сигнал подают в фильтр развязки (3), который имеет частотную характеристику полосы пропускания, содержащую совместный набор поднесущих f_1 - f_n , присутствующих в принимаемом сигнале.

Затем сигнал подают в фильтр подавления помех (4). В фильтре подавления помех (4), происходит подавление эффектов первого смежного источника помех (см. «Способ и устройство для передачи и приема радиосигналов по технологии внутриполосной передачи по одному каналу, включающей в себя кодирование на основе комплементарного разреженного контроля по четности», представленное в

Патенте РФ № 2674327, H04L 1/00 (2006.01), G06F 11/10 (2006.01), опубл. 06.12.2018 Бюл. № 34).

Поле этого сигнал подают на БЛЗ. Задержка осуществляется с различным интервалом для каждого канала. Принцип такого сдвига для трехканального сигнала с НЧРК демонстрируется на фиг. 3.

На интервале T1 на демодулятор подают только сигнал S1(t) на частоте первого канала f1. Это позволяет оценить уровень канальных шумов, вносимых спектральной плотностью мощности сигнала S1(t) на соседние каналы, расположенные на частотах f2 и f3. Полученные результаты сохраняют в процессоре (7).

На интервале T2 на демодулятор подают сигнал S1(t) на частоте первого канала f1 и сигнал S2(t) на частоте второго канала f2. Это позволяет оценить уровень канальных шумов, вносимых спектральной плотностью мощности сигнала S2(t) на соседние каналы, расположенные на частотах f1 и f3. При этом предварительно из поданной (поступившей) реализации вычитают рассчитанную на предыдущем этапе спектральную плотность мощности сигнала S1(t) на частоте первого канала f1, с учетом ее влияния на соседние каналы (необходимую информацию подают из процессора (7) на второй вход демодулятора OFDM-сигналов (6)). Полученные результаты сохраняют в процессоре (7).

На интервале T3 на демодулятор подают сигнал S1(t) на частоте первого канала f1, сигнал S2(t) на частоте второго канала f2 и сигнал S3(t) на частоте второго канала f3. Это позволяет оценить уровень канальных шумов, вносимых спектральной плотностью мощности сигнала S3(t) на соседние каналы, расположенные на частотах f1 и f2. При этом предварительно из поданной (поступившей) реализации вычитают рассчитанную на предыдущих этапах спектральную плотность мощности сигнала S1(t) на частоте первого канала f1, с учетом ее влияния на соседние каналы и спектральную плотность мощности сигнала S2(t) на частоте первого канала f2, с учетом ее влияния на соседние каналы (необходимую информацию подают из процессора (7) на второй вход демодулятора OFDM-сигналов (6)).

Полученные результаты сохраняют в процессоре (7).

Учет проведенных вычислений на интервалах T1, T2 и T3 позволяет минимизировать влияние канальных шумов сигналов S2(t) и S3(t) при демодуляции сигнала S1(t).

Аналогичным образом учет проведенных вычислений на интервалах T2, T3 и T4 позволяет минимизировать влияние канальных шумов сигналов S1(t) и S3(t) при демодуляции сигнала S2(t).

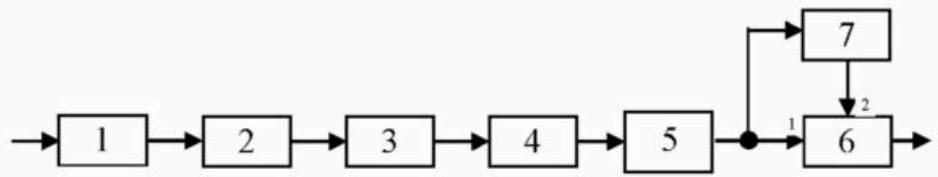
Аналогичным образом осуществляют демодуляцию всего входного сигнала.

Проведенное моделирование подтвердило повышение достоверности демодуляции сигналов с НЧРК.

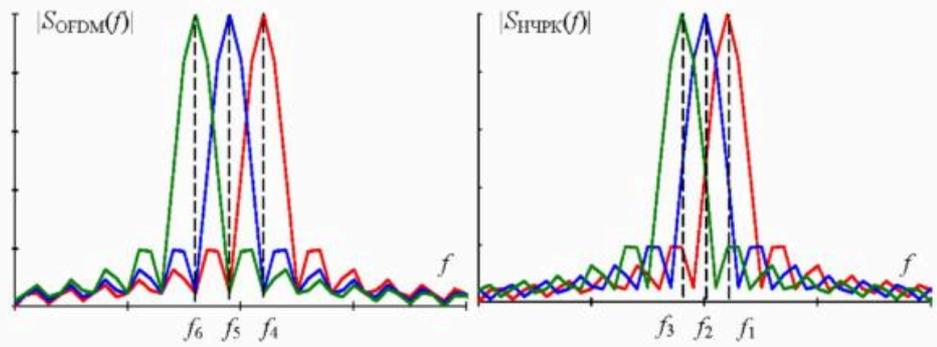
Работа составных блоков известна и осуществляется в соответствии с работой аналогичных блоков в устройстве-прототипе. Реализация линий задержки известна (см. «Устройство формирования сигналов с четырехпозиционной квадратурной манипуляцией», представленное в Патенте РФ на полезную модель № 165173, H04L 27/20 (2006.01), опубл. 10.10.2016 Бюл. № 28).

Формула полезной модели

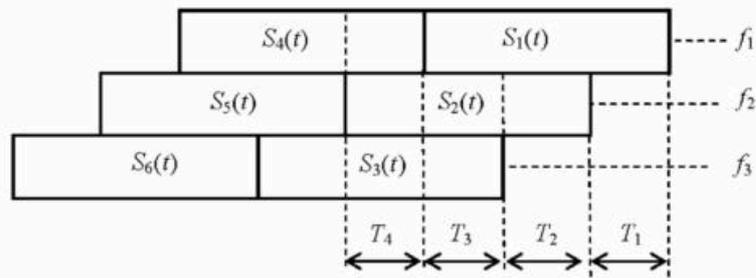
Устройство приема и обработки сигналов с неортогональным частотным разделением каналов, содержащее последовательно соединенные блок ввода сигнала, блок аналого-цифрового преобразователя, фильтр развязки и фильтр подавления помех, а также процессор и демодулятор OFDM-сигналов, отличающееся тем, что устройство дополнительно содержит блок линий задержки, вход которого соединен с выходом фильтра подавления помех, а его выход – со входом процессора и первым входом демодулятора OFDM-сигналов, при этом выход процессора соединен со вторым входом демодулятора OFDM-сигналов, причем вход блока ввода сигнала является входом устройства, а выход демодулятора OFDM-сигналов – выходом устройства.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3