

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(19) **RU** (11) **2 812 621** (13) **C1**

(51) МПК

[H04L 27/32 \(2006.01\)](#)[H04L 5/00 \(2006.01\)](#)**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 19.10.2024)
 Пошлина: учтена за 3 год с 09.08.2025 по 08.08.2026. Установленный срок для уплаты пошлины за 4 год: с 09.08.2025 по 08.08.2026. При уплате пошлины за 4 год в дополнительный 6-месячный срок с 09.08.2026 по 08.02.2027 размер пошлины увеличивается на 50%.

(52) СПК

H04L 27/32 (2023.08); H04L 5/0005 (2023.08); H04L 5/0021 (2023.08); H04L 5/003 (2023.08)(21)(22) Заявка: [2023120779](#), 08.08.2023(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.08.2023Дата регистрации:
30.01.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **08.08.2023**(45) Опубликовано: [30.01.2024](#) Бюл. № **4**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2705357 C1, 07.11.2019. RU 2777280 C1, 02.08.2022. RU 2763520 C1, 30.12.2021. RU 2341905 C2, 20.12.2008. US 10491261 B1, 26.11.2019. WO 2022060270 A1, 24.03.2022. US 2023054828 A1, 23.02.2023.

Адрес для переписки:

190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, лит. А, ФГАОУ ВО "СПбГУАП", ЦКНИ

(72) Автор(ы):

**Дворников Сергей Сергеевич (RU),
 Лященко Станислав Алексеевич (RU),
 Пшеничников Александр Викторович (RU),
 Федосеев Денис Олегович (RU),
 Дворников Сергей Викторович (RU)**

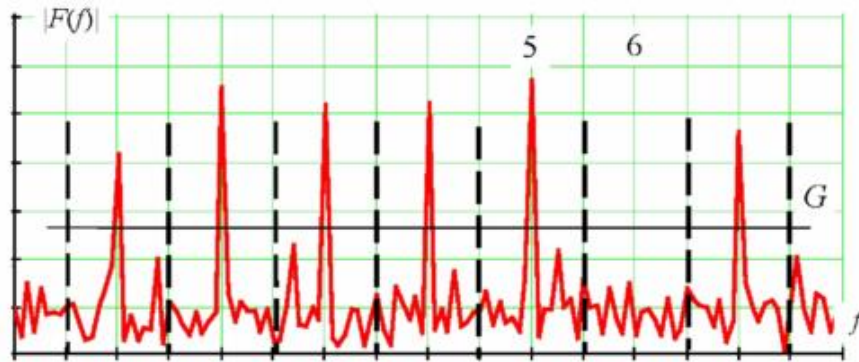
(73) Патентообладатель(и):

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

(54) Способ передачи и приема информации с использованием частотно-манипулированных сигналов

(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиотехники и предназначено для передачи дискретной информации в системах радиосвязи. Техническим результатом является повышение скорости передачи в канале с ограниченным частотным ресурсом. В способе передачи и приема информации с использованием частотно-манипулированных сигналов для кодирования поднесущих частот выбирают равномерный двоичный код, число элементов которого строго соответствует числу доступных для передачи поднесущих частот. Причем из всех доступных комбинаций равномерного двоичного кода исключают комбинации, в которых присутствуют только одни информационные нули, и комбинации, в которых присутствуют только одни информационные единицы. А в качестве рассчитанной величины определяют результат усреднения сумм максимального и минимального значений, выбранных среди рассчитанных средних значений мощности спектральных компонент в пределах



Фиг. 2

Изобретение относится к области радиотехники и предназначено для передачи дискретной информации в системах радиосвязи.

Известен «Способ адаптивной передачи данных в радиолинии с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты» (Патент РФ № 2707572, опубл. : 28.11.2019 Бюл. № 34).

В известном способе адаптивной передачи данных в радиолинии с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты, включающий на передающем конце преобразование информационной скорости в техническую, выделение пакетов информации, состоящих из фреймов и слотов, модуляцию служебных слотов на соответствующих частотах передачи в соответствии с первой псевдослучайной последовательностью и информационных слотов на соответствующих частотах передачи в соответствии со второй псевдослучайной последовательностью, излучение модулированных слотов в пространство, на приемном конце радиолинии - разделение принятого сигнала на информационные и служебные части, для служебной части на соответствующих частотах в соответствии со второй псевдослучайной последовательностью осуществляют выбор канала передачи, формирование синхросигнала, пиков взаимно корреляционной функции для точной синхронизации при демодуляции, проводят анализ качества принятой синхропоследовательности, который используют для определения вероятности ошибки на служебный бит, которую передают в служебных фреймах на передающую сторону, для информационной части осуществляют демодуляцию служебных фреймов на соответствующих частотах приема в соответствии с первой псевдослучайной последовательностью, полученные при демодуляции значения переменных используют для формирования следующего пакета, причем по принятому информационному фрейму производят анализ качества информации с выделением ошибки на информационный бит, которую передают в служебных фреймах передающей стороне, а также используют для расчета вероятности правильного приема возможных способов помехоустойчивого кодирования. Причем, на передающем конце радиолинии на основе списка состояния частот корреспондента определяют частоты передачи, формируют цифровую тестовую последовательность, которую в совокупности со списком состояния частот добавляют в виде служебного слота в информационный фрейм, излучают модулированные слоты в пространство, на приемной стороне выделяют служебный слот, разделяют тестовую последовательность и список состояния частот корреспондента, определяют количество неправильно принятых битов тестовой последовательности, принимают решение об исключении частоты, формируют новый список состояния частот, при превышении заданного количества непригодных частот все частоты в списке состояния определяют пригодными.

Недостатком известного способа является относительно низкая скорость передачи сигнала в канале с ограниченным частотным ресурсом.

Известен «Способ выбора скорости передачи элементов сигнала в радиомодемах» (Патент РФ № 2640431, опубл.: 09.01.2018 Бюл. № 1).

В известном способе принимают сигнал, измеряют его ширину спектра, значение которой уточняют по мере поступления сигнала. При этом измеряют уровень мощности спектральной составляющей сигнала с максимальным значением амплитуды, а ширину спектра сигнала измеряют в пределах полосы его половинной мощности, причем решение о выбранном номинале скорости передачи осуществляют по результатам сравнения измеренных значений ширины спектра с предварительно

рассчитанными значениями, соответствующими тем номиналам скоростей, для работы с которыми предназначены радиомодемы, искомым значением является то, различия с которым по результатам измерения наименьшие.

Недостатком известного способа является относительно низкая скорость передачи сигнала в канале с ограниченным частотным ресурсом.

Известен «Способ помехозащищенной передачи и приема информации на основе частотно-манипулированных сигналов» (Патент РФ № 2784378, опублик. 24.11.2022 Бюл. № 33).

В известном способе при формировании частотно-модулированного сигнала (ЧМС), подлежащего передаче, для поднесущих частот выбирают код для их кодирования таким образом, чтобы разрядность кода соответствовала числу доступных для передачи поднесущих частот. Затем разбивают подлежащий передаче битовый поток на информационные блоки, ставят в соответствие каждому информационному блоку свою уникальную комбинацию элементов кода (УКЭК), которая определяет передаваемый символ. После чего формируют сигналы в виде амплитудно-манипулированных колебаний (АМК) на длительности каждого передаваемого символа только на тех поднесущих частотах, которым соответствуют информационные единицы, определяемые уникальной комбинацией элементов кода. Причем формируют результирующий ЧМС путем аддитивного сложения колебаний всех поднесущих частот и передают его. Принимают результирующий ЧМС на поднесущих частотах как независимые частотно-разнесенные АМК, при этом оценивают качество сигнала на поднесущих частотах путем сравнения рассчитанного среднего значения мощности его спектральных компонент в пределах каждой из поднесущих частот с рассчитанной величиной среднего значения мощности сигнала на длительности принятого символа на всех поднесущих частотах. А решение о передаче информационной единицы в пределах каждой из поднесущих частот принимают в случае, если рассчитанное среднее значение мощности спектральных компонент в пределах поднесущей частоты превышает рассчитанную величину среднего значения мощности на длительности принятого символа на всех поднесущих частотах, а в противном случае принимают решение о передаче информационного нуля. При этом, предварительно формируют порождающий полином для выбранного кода информационных блоков. А УКЭК формируют путем перемножения информационного блока на порождающий полином. А на приемном конце канала связи предварительно формируют проверочные данные, для чего в каждую УКЭК последовательно вносят одно ошибочное значение, начиная с младшего разряда, и вычисляют результирующие остатки путем деления каждой УКЭК с внесенным ошибочным значением на порождающий полином. Ставят в соответствие номер разряда, в котором содержится ошибочное значение, и значение вычисленного результирующего остатка, формируют принятую УКЭК по результатам принятия решения о переданном нуле или единицы на поднесущих в пределах символа. Проверяют принятую УКЭК на наличие в ней ошибок, для чего делят ее на порождающий полином и вычисляют результирующий остаток. Если результирующий остаток равен нулю, то считают, что в сформированной принятой УКЭК нет ошибок, и передают ее потребителю. Если значение результирующего остатка отлично от нуля, то ему в соответствие ставят номер разряда, в котором содержится ошибочное значение, в соответствии с предварительно рассчитанными проверочными данными исправляют в сформированной принятой уникальной комбинации элементов кода ошибку и передают ее потребителю.

Недостатком известного способа является относительно низкая скорость передачи сигнала в канале с ограниченным частотным ресурсом.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому изобретению, является «Способ передачи информации по коротковолновому каналу связи с использованием частотно-манипулированных сигналов» (Патент РФ № 2705357, опублик. 07.11.2019, Бюл. № 31).

В способе-прототипе, заключающемся в передаче информации по коротковолновому каналу связи с использованием ЧМС, сигналы на поднесущих частотах принимают как независимые частотно-разнесенные АМК. Производят оценку уровня сигнала на поднесущих частотах, излучение на которых зависит от значения передаваемого символа, и выносят решение о значении принимаемого символа, которое зависит от полученных оценок качества сигналов на поднесущих частотах, характеризующегося тем, что предварительно выбирают код с постоянным весом для кодирования поднесущих частот таким образом, чтобы разрядность кода соответствовала числу доступных для передачи поднесущих частот. Затем разбивают битовый поток на информационные блоки в соответствии с числом доступных

комбинаций кода, определяющих его алфавит. Ставят в соответствие каждому информационному блоку свою УКЭК с постоянным весом, которая определяет передаваемый символ. После чего формируют сигналы в виде АМК на длительности каждого передаваемого символа только на тех поднесущих частотах, которым соответствуют информационные единицы, определяемые комбинацией элементов кода с постоянным весом. Причем формируют результирующий ЧМС путем аддитивного сложения колебаний всех поднесущих частот и принимают результирующий МЧС на поднесущих частотах как независимые частотно-разнесенные АМК. При этом оценивают качество сигнала на поднесущих частотах путем сравнения рассчитанного среднего значения мощности его спектральных компонент в пределах каждой из поднесущих частот с рассчитанной величиной среднего значения мощности сигнала на длительности принятого символа на всех поднесущих частотах. А решение о передаче информационной единицы в пределах каждой из поднесущих частот принимают в случае, если рассчитанное среднее значение мощности спектральных компонент в пределах поднесущей частоты превышает рассчитанную величину среднего значения мощности на длительности принятого символа на всех поднесущих частотах, а в противном случае принимают решение о передаче информационного нуля.

Недостатком известного способа является относительно низкая скорость передачи сигнала в канале с ограниченным частотным ресурсом.

Задачей изобретения является создание способа, позволяющего формировать ЧМС за счет использования двоичного кода, число элементов которого строго соответствовало бы числу доступных для передачи поднесущих частот.

Техническим результатом является повышение скорости передачи сигнала в канале с ограниченным частотным ресурсом.

Технический результат достигается тем, что в способе передачи и приема информации с использованием частотно-манипулированных сигналов, характеризующимся тем, что предварительно выбирают код для кодирования поднесущих частот таким образом, чтобы разрядность кода соответствовала числу доступных для передачи поднесущих частот, затем разбивают битовый поток на информационные блоки, ставят в соответствие каждому информационному блоку свою УКЭК, которая определяет передаваемый символ, после чего формируют сигналы в виде АМК на длительности каждого передаваемого символа только на тех поднесущих частотах, которым соответствуют информационные единицы, определяемые комбинацией элементов кода, причем формируют результирующий ЧМС путем аддитивного сложения колебаний всех поднесущих частот, принимают результирующий ЧМС на поднесущих частотах как независимые частотно-разнесенные АМК, при этом оценивают качество сигнала на поднесущих частотах путем сравнения рассчитанного среднего значения мощности его спектральных компонент в пределах каждой из поднесущих частот с рассчитанной величиной, а решение о передаче информационной единицы в пределах каждой из поднесущих частот принимают в случае, если рассчитанное среднее значение мощности спектральных компонент в пределах поднесущей частоты превышает рассчитанную величину, в противном случае принимают решение о передаче информационного нуля, при этом для кодирования поднесущих частот выбирают равномерный двоичный код, число элементов которого строго соответствует числу доступных для передачи поднесущих частот, причем из всех доступных комбинаций равномерного двоичного кода исключают комбинации, в которой присутствуют только одни информационные нули, и комбинации, в которой присутствуют только одни информационные единицы, а в качестве рассчитанной величины определяют результат усреднения сумм максимального и минимального значений, выбранных среди рассчитанных средних значений мощности спектральных компонент в пределах каждой из поднесущих частот.

Благодаря новой совокупности существенных признаков в заявляемом способе обеспечивается достижение заявляемого технического результата.

Поясним достигаемый технический результат.

В способе-прототипе для кодирования 7 поднесущих был выбран семиэлементный код с постоянным весом МТК-3, который имеет 35 разрешенных комбинаций, что позволяет ему кодировать блоки по 5 бит (потребуется всего 32 комбинации). Поэтому для кодирования 7 поднесущих в способе-прототипе предварительно разбивают информационный битовый поток на информационные блоки по 5 бит. В результате каждый символ частотно-манипулированного сигнала, состоящего из 7 поднесущих частот, согласно способу-прототипу несет в себе 5 бит информации.

В то же время для кодирования 7 поднесущих в соответствии с заявляемым способом используется семиэлементный равномерный код, содержащий 128 комбинаций, из которых одна комбинация содержит семь нулей и одна комбинация содержит семь единиц. Следовательно, эти комбинации необходимо исключить из алфавита уникальных комбинаций элементов кода, используемых для кодирования. В результате, оставшиеся 126 комбинаций позволяют кодировать информационные блоки, состоящие из 6 битов.

Таким образом, переход от кодирования согласно способу прототипу, к заявляемому способу, позволяет для канала, состоящего из 7 поднесущих, повысить скорость на 20%, что указывает на достижение заявляемого технического результата.

Заявленный способ поясняется чертежами, на которых показаны:

Фиг. 1 – пример кодирования информационных 6-битовых блоков, УКЭК 7-элементного равномерный двоичный кода;

Фиг. 2 – спектр ЧМС, состоящего из 7 поднесущих, информационные элементы которого кодированы разрешенной кодовой комбинацией 1111101;

Фиг. 3 – спектр ЧМС состоящего из 7 поднесущих, информационные элементы которого кодированы разрешенной кодовой комбинацией 0001000.

Реализация заявляемого способа помехозащищенной передачи дискретных сигналов на основе однополосной модуляции предусматривает выполнение следующих технических операций.

1. Выбирают равномерный двоичный код, число элементов которого строго соответствует числу доступных для передачи поднесущих частот.

В качестве примера, для ЧМС, состоящего из 7 поднесущих, в качестве кодирующего кода может быть выбран семи элементный равномерный двоичный код.

2. Из всех доступных комбинаций равномерного двоичного кода исключают комбинации, в которых присутствуют только одни информационные нули, и комбинации, в которых присутствуют только одни информационные единицы.

В качестве примера, для ЧМС, состоящего из 7 поднесущих, исключаемыми комбинациями являются комбинация состоящая из 7 нулей и комбинация состоящая из 7 единиц.

3. Разбивают битовый поток на информационные блоки, ставят в соответствие каждому информационному блоку свою уникальную комбинацию элементов кода, которая определяет передаваемый символ.

В качестве примера, для ЧМС, состоящего из 7 поднесущих, в 7 элементном равномерном коде остается 126 разрешенных комбинаций, которые можно использовать для кодировать информационных блоков. Следовательно, код из 126 комбинаций позволяет кодировать информационный блок, состоящий из 6 битов.

При этом выбор УКЭК для кодирования информационных битов может осуществляться любым образом, хоть начиная с 0000001 элемента в порядке возрастания, хоть с 1111110 в порядке убывания.

В качестве примера на фиг. 1 показан порядок кодирования информационных битов, начиная с 000 000 и заканчивая 111 111, в порядке возрастания УКЭК, начиная с комбинации 000 000 1, и заканчивая комбинацией 1 000 000.

4. Формируют сигналы в виде АМК на длительности каждого передаваемого символа только на тех поднесущих частотах, которым соответствуют информационные единицы, определяемые комбинацией элементов кода, причем формируют результирующий ЧМС путем аддитивного сложения колебаний всех поднесущих частот.

Реализация данных процедур аналогична процедурам способа-прототипа. Формирование сигналов АМК может осуществляться в соответствии с техническим решением, см. (патент РФ на изобретение № 2356064 от 24.04.2007).

5. Принимают результирующий ЧМС на поднесущих частотах как независимые частотно-разнесенные АМК.

Процедуры приема и оцифровки сигналов известны, см. например, (патент РФ на изобретение №2261476 от 26.01.2004).

Независимость приема достигается путем использования процедур фильтрации, реализация которых известна, см., например, (патент РФ на изобретение № 2430417 от 25.05.2010).

6. Оценивают качество сигнала на поднесущих частотах путем сравнения рассчитанного среднего значения мощности его спектральных компонент в пределах каждой из поднесущих частот с рассчитанной величиной. В качестве рассчитанной величины определяют результат усреднения сумм максимального и минимального значений, выбранных среди рассчитанных средних значений мощности спектральных компонент в пределах каждой из поднесущих частот.

Процедуры расчета среднего значения мощности спектральных компонент и их сравнения известны, см., например, (Дворников С.В. Метод обнаружения сигналов диапазона ВЧ на основе двухэтапного алгоритма принятия решения. Научное приборостроение. 2005. Т. 15. №3. с. 114-119).

Реализация процедуры усреднения представлена в способе-прототипе.

7. Решение о передаче информационной единицы в пределах каждой из поднесущих частот принимают в случае, если рассчитанное среднее значение мощности спектральных компонент в пределах поднесущей частоты превышает рассчитанную величину, в противном случае принимают решение о передаче информационного нуля.

Очевидно, что в зависимости от УКЭК значение рассчитанной величины будет различным.

В качестве примера на фиг. 2 представлен спектр $|F(f)|$ сигнального символа, соответствующий комбинации 111 110 1, принятый в условиях шумов. Здесь максимальное значение среди рассчитанных средних значений мощности спектральных компонент соответствует 5 субканалу (субканалы выделены пунктиром), а наименьшее – соответствует 6 субканалу. Уровень рассчитанной величины обозначен как G1.

На фиг. 3 представлен спектр $|F(f)|$ сигнального символа, соответствующий комбинации 000 1 000, принятый в условиях шумов. Здесь максимальное значение среди рассчитанных средних значений мощности спектральных компонент соответствует 4 субканалу (субканалы выделены пунктиром), а наименьшее – соответствует 2 субканалу. Уровень рассчитанной величины обозначен как G2.

Несмотря на различие значений G1 и G2, решение о передаче информационных символом 0 и 1 принимается верно.

Таким образом, в предлагаемом способе достигается технический результат, заключающийся в повышении скорости передачи в канале с ограниченным частотным ресурсом.

Формула изобретения

Способ передачи и приема информации с использованием частотно-манипулированных сигналов, характеризующийся тем, что предварительно выбирают код для кодирования поднесущих частот таким образом, чтобы разрядность кода соответствовала числу доступных для передачи поднесущих частот, затем разбивают битовый поток на информационные блоки, ставят в соответствие каждому информационному блоку свою уникальную комбинацию элементов кода, которая определяет передаваемый символ, после чего формируют сигналы в виде амплитудно-манипулированных колебаний на длительности каждого передаваемого символа только на тех поднесущих частотах, которым соответствуют информационные единицы, определяемые комбинацией элементов кода, причем формируют результирующий частотно-манипулированный сигнал путем аддитивного сложения колебаний всех поднесущих частот, принимают результирующий частотно-манипулированный сигнал на поднесущих частотах как независимые частотно-разнесенные амплитудно-манипулированные колебания, при этом оценивают качество сигнала на поднесущих частотах путем сравнения рассчитанного среднего значения мощности его спектральных компонент в пределах каждой из поднесущих частот с рассчитанной величиной, а решение о передаче информационной единицы в пределах каждой из поднесущих частот принимают в случае, если рассчитанное среднее значение мощности спектральных компонент в пределах поднесущей частоты превышает рассчитанную величину, в противном случае принимают решение о передаче информационного нуля, отличающийся тем, что для кодирования поднесущих частот выбирают равномерный двоичный код, число элементов которого строго соответствует числу доступных для передачи поднесущих частот, причем из всех доступных комбинаций равномерного двоичного кода исключают комбинации, в которых присутствуют только одни информационные нули, и комбинации, в которых присутствуют только одни информационные единицы, а в качестве рассчитанной величины определяют результат усреднения сумм максимального и минимального значений, выбранных среди рассчитанных средних значений мощности спектральных компонент в пределах каждой из поднесущих частот.

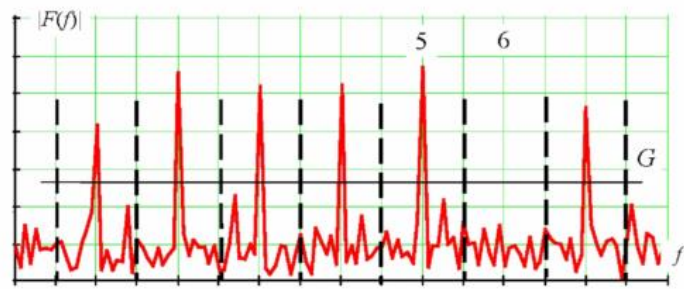
Информационный блок

000 000 000 001 ... 111 111

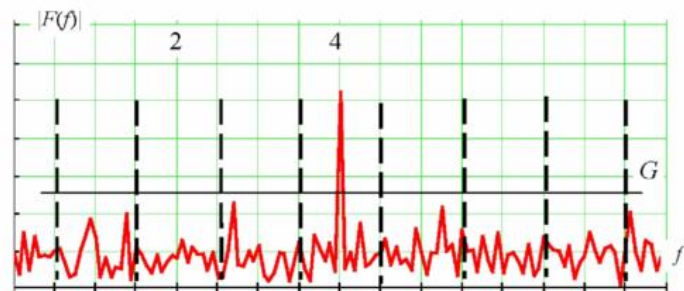
УКЭК

000 000 1 000 001 0 ... 1 000 000

Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3