РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 822 124** (13) **C1**

(51) МПК
H04L 17/00 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 10.07.2024)
Пошлина: Установленный срок для уплаты пошлины за 3 год: с 09.12.2024 по 08.12.2025. При уплате пошлины за 3 год в дополнительный 6-месячный срок с 09.12.2025 по 08.06.2026 размер пошлины увеличивается на 50%.

(52) СПК
H04L 17/00 *(2024.01)*; ***H03C 3/08*** *(2024.01)*

(21)(22) Заявка: **2023132452, 08.12.2023**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
08.12.2023

Дата регистрации:
01.07.2024

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **08.12.2023**

(45) Опубликовано: **01.07.2024** Бюл. № **19**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2605045 C1, 20.12.2016. RU 2660450 C1, 06.07.2018. SU 1270867 A1, 15.11.1986. US 5278862 A, 11.01.1994. CN 112867053 A, 28.05.2021. ЯРМОЛЕНКО В.И. и др., СИГНАЛЫ В РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕЛЕКОММУТАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ: УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ; ЯРОСЛАВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, 2006; ISBN 5-8397-0506-3.**

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

(72) Автор(ы):
Сметанин Сергей Сергеевич (RU),
Дворников Сергей Сергеевич (RU),
Дворников Сергей Викторович (RU),
Пшеничников Александр Викторович (RU),
Богданов Александр Валентинович (RU)

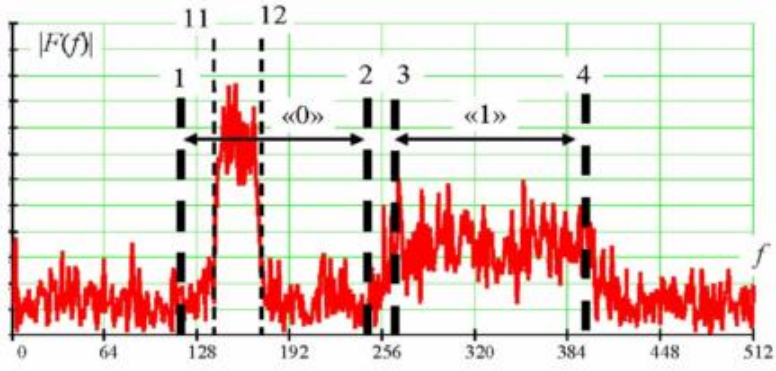
(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения" (RU)

(54) Способ передачи и приема бинарной информации по каналам радиосвязи

(57) Реферат:

Изобретение относится к области радиосвязи. Технический результат заключается в повышении достоверности приема бинарной информации по каналам радиосвязи в условиях шумов и помех различной природы. Технический результат достигается за счет того, что декодируют принятый бит информационного сообщения по результатам одновременного сравнения энергии накопленной на выходе пиковых детекторов,

соответствующих передаче информационных значений «1» и «0». 4 ил.



Фиг. 4

Изобретение относится к технике радиосвязи и может быть использовано для повышения помехоустойчивости приема в условиях шумов и помех различной природы.

Известен «Способ передачи информации по коротковолновому каналу связи с использованием частотно-манипулированных сигналов», (Патент РФ № 2705357. МПК H04L 27/22 (2006.01), опубл. 07.11.2019, Бюл. № 31).

В известном способе передачи информации по коротковолновому каналу связи с использованием частотно-манипулированных сигналов, сигналы на поднесущих частотах принимают как независимые частотно-разнесенные амплитудно-манипулированные колебания. 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. При этом 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 уникальную комбинацию элементов кода с постоянным весом, 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 с постоянным весом. Причем формируют результирующий частотно-манипулированный сигнал путем аддитивного сложения колебаний всех поднесущих частот и 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 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 достоверность приема в условиях шумов и помех различной природы, поскольку для передачи сообщений в известном способе используют многопозиционные сигналы, помехоустойчивость приема которых изначально хуже помехоустойчивости однокомпонентных сигналов.

Известен «Способ передачи и приема цифровой информации в тропосферных линиях связи», (Патент РФ № 2394372, МПК H04B 7/22 (2006.01), опубл. 10.07.2010, Бюл. № 19).

Известный способ основан на разнесении сигналов по частоте. В нем используют модуляцию центральной частоты излучаемых сигналов с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) по бинарному информационному закону. Осуществляют их обработку на согласованном фильтре сжатия и выделяют полезную информацию с

помощью селектирующих стробов и тактовых импульсов, наведенных ЛЧМ пилот-сигналом.

Недостатком известного способа является относительно низкая достоверность приема в условиях шумов и помех различной природы, поскольку для приема/передачи сообщений в известном способе необходимо использовать селектирующие стробы и тактовых импульсы, непосредственно наведенных ЛЧМ пилот-сигналом.

Наиболее близким по технической сущности (прототипом) к заявляемому способу является «Способ передачи и приема бинарной информации по каналам радиосвязи в неавтоматическом режиме (варианты)», (Патент РФ № 2605045, МПК H04L 17/00 (2006.01), опубл. 20.12.2016 Бюл. № 35).

В способе-прототипе на передающей стороне формируют бинарные посылки и передают их на заданном интервале времени, принимают которые с использованием компьютерной обработки сигнала и отображают на экране монитора в виде спектрограммы. При этом бинарные посылки представляют отрезками ЛЧМ сигналов с линейно возрастающим или линейно убывающим законами изменения частоты в зависимости от значения бинарной посылки «0» или «1». А на приемной стороне отображают их на экране монитора в виде элементов с различными градиентами наклона, не совпадающими с градиентом прямых, отображающих сосредоточенные помехи на спектрограмме в плоскости «время-частота». Декодируют принятый бит информационного сообщения по заданному образу из двоичного алфавита, после чего идентифицируют зрительный образ знака сообщения по принятой бинарной последовательности. А в случае сложной помеховой обстановки по сохраняемой в цифровой форме спектрограмме восстанавливают принятые бинарные посылки по фрагментарным данным путем повторного анализа в режиме замедленного воспроизведения или в статике.

Недостатком способа-прототипа является низкая скорость передачи, обусловленная декодированием сигнала по результатам анализа зрительного образа знака сообщения в неавтоматическом режиме.

Задачей изобретения является автоматизация процедур декодирования принятого бита информационного сообщения.

Техническим результатом заявляемого способа является повышение достоверности приема в условиях шумов и помех различной природы.

Технический результат достигается тем, что в способе передачи и приема бинарной информации по каналам радиосвязи, заключающимся в том, что на передающей стороне формируют бинарные посылки в виде отрезков линейно-частотно-модулированных сигналов с линейно возрастающим или линейно убывающим законами изменения частоты в зависимости от значения бинарной посылки «0» или «1» и передают их на заданном интервале времени, на приемной стороне декодируют принятый бит информационного сообщения и идентифицируют, причем что на приемной стороне осуществляют прием бинарных посылок в виде отрезков линейно-частотно-модулированных сигналов одновременно на заданном интервале времени и на максимальном значении линейно возрастающей частоты, и на минимальном значении линейно убывающей частоты путем накопления энергии на выходе пиковых детекторов, а декодируют принятый бит информационного сообщения по результатам сравнения энергии накопленной на выходе пиковых детекторов, при этом учитывают всю энергию аддитивной смеси входной реализации, состоящей из полезного сигнала и мешающих шумов и помех.

Благодаря новой совокупности существенных признаков.

Во-первых, осуществляют прием бинарных посылок в виде отрезков ЛЧМ сигналов одновременно на заданном интервале времени и на максимальном значении линейно возрастающей частоты, и на минимальном значении линейно убывающей частоты путем накопления энергии входной реализации на выходе пиковых детекторов.

Во-вторых, декодируют принятый бит информационного сообщения по результатам одновременного сравнения энергии накопленной на выходе пиковых детекторов.

В третьих, в ходе принятии решения при декодировании учитывают всю энергию аддитивной смеси входной реализации, состоящей из полезного сигнала и мешающих шумов и помех.

Заявленный способ поясняется чертежами, на которых показаны:

Фиг. 1 - трехмерное частотно-временное представление (спектрограмма) сигнала ЛЧМ;

Фиг. 2 - спектр входной реализации в частотных границах от минимального значения линейно убывающей частоты, до максимального значения линейно

возрастающей частоты, соответствующей передаче ЛЧМ сигнала информационному значению «1»;

Фиг. 3 - спектр входной реализации в частотных границах от минимального значения линейно убывающей частоты, до максимального значения линейно возрастающей частоты, соответствующей передаче ЛЧМ сигнала информационному значению «0»;

Фиг. 4 - спектр входной реализации в частотных границах от минимального значения линейно убывающей частоты, до максимального значения линейно возрастающей частоты, соответствующего передаче ЛЧМ сигнала информационного значения «1», в условиях аддитивных шумов и мощного излучения, расположенного в частотных границах диапазона изменения ЛЧМ сигнала, соответствующего «0».

На фиг. 1-4 введены следующие обозначения:

1 и 2 - частотные границы от исходного значения частоты, до минимального значения линейно убывающей частоты сигнала ЛЧМ, соответствующего информационному значению «0»;

3 и 4 - частотные границы от исходного значения частоты, до максимального значения линейно возрастающей частоты сигнала ЛЧМ, соответствующего информационному значению «1»;

11 и 12 - частотные границы мощного излучения, расположенного в частотных границах диапазона изменения ЛЧМ сигнала, соответствующего «0».

Реализация заявляемого способа передачи и приема бинарной информации по каналам радиосвязи осуществляется последовательным выполнением следующих технических операций.

1. Формируют бинарные посылки в виде отрезков линейно-частотно-модулированных сигналов с линейно возрастающим или линейно убывающим законами изменения частоты в зависимости от значения бинарной посылки «0» или «1».

Процедуры формирования бинарных посылок известны, см. (Патент РФ № 2605045, МПК H04L 17/00 (2006.01), опубл. 20.12.2016 Бюл. № 35).

2. Передают их на заданном интервале времени.

Процедуры передачи бинарных посылок сигнала известны, см. (Патент РФ № 2710027, МПК H04B 1/713, опубл. 24.12.2019 Бюл. № 36).

3. Осуществляют прием бинарных посылок в виде отрезков линейно-частотно-модулированных сигналов одновременно на заданном интервале времени и на максимальном значении линейно возрастающей частоты, и на минимальном значении линейно убывающей частоты путем накопления энергии на выходе пиковых детекторов.

Полоса частот, в пределах которой происходит изменение энергии сигналов ЛЧМ в ходе их передачи, различна для сигналов, соответствующих информационному значению «0» и информационному значению «1».

На фиг. 2 показан спектр сигнала ЛЧМ, соответствующего информационному значению «1», где цифрами 3 и 4 отмечены границы занимаемой им полосы частот. Здесь же цифрами 1 и 2 отмечены границы полосы частот, занимаемой спектром сигнала ЛЧМ, соответствующего информационному значению «0».

На фиг. 3 показан спектр сигнала ЛЧМ, соответствующего информационному значению «0», где цифрами 1 и 2 отмечены границы занимаемой им полосы частот. Здесь же цифрами 3 и 4 отмечены границы полосы частот, занимаемой спектром сигнала ЛЧМ, соответствующего информационному значению «1».

Пиковые детекторы устанавливают в пределах полосы частот, отмеченных цифрами 1 и 4. Устанавливают пиковые детекторы в соответствии с их полосой пропускания таким образом, чтобы у пикового детектора приема сигнала ЛЧМ, соответствующего информационному сигналу «0», нижняя граница его полосы пропускания не выходила за пределы границы «1». А у пикового детектора приема сигнала ЛЧМ, соответствующего информационному сигналу «1», верхняя граница его полосы пропускания не выходила за пределы границы «4». При этом полагается, что полоса приема пикового детектора уже полосы приема сигнала ЛЧМ.

Так как сигналы ЛЧМ относятся к классу широкополосных сигналов, то полоса частот, в пределах которой изменяется их спектр, может быть намного больше, чем необходимой для передачи информационных битов с заданной скоростью. Эта особенность определяет помехозащищенность передач, использующих сигналы ЛЧМ. Поскольку в ситуации, когда сторонний сигнал мощного излучения окажется в полосе приема сигналов ЛЧМ, сохраняется возможность правильного декодирования.

Процедуры приема сигналов известны, см. см. (Патент РФ № 2261476, МПК G06K 9/00 (2000.01), опубл. 27.09.2005 Бюл. № 27).

Процедуры работы пикового детектора при обнаружении широкополосных сигналов известны, см. (Патент РФ № 199228, МПК H04B 7/08 (2006.01), опубл. 24.08.2020 Бюл. № 24).

4. Декодируют принятый бит информационного сообщения по результатам сравнения энергии накопленной на выходе пиковых детекторов.

В качестве примера на фиг. 4 показана ситуация, когда при приеме сигнала ЛЧМ информационного значения «1», в полосе приема сигнала ЛЧМ информационного значения «0» происходит работа мощного стороннего излучателя. Но так как его спектр уже полосы приема ЛЧМ сигнала, то выходной уровень напряжения пикового детектора, расположенного в пределах частотной границы «1» будет соответствовать общему уровню шумов. В тоже время уровень напряжения пикового детектора, расположенного в пределах частотной границы «4» будет соответствовать мгновенному уровню напряжения, обеспечиваемому принимаемым сигналом ЛЧМ, что обеспечит правильное декодирование.

Процедуры порогового декодирования известны, см. (Патент РФ № 2382495, МПК H04B 1/10, опубл. 20.02.2010 Бюл. № 5).

Таким образом, реализация процедур декодирования путем сравнения уровней выходного напряжения пиковых детекторов обеспечит достижение технического результата заявляемого способа.

Поясним сущность достигаемого технического результата.

Линейная частотная модуляция сигнала - это вид частотной модуляции, при которой частота несущего сигнала в зависимости от времени изменяется по линейному закону. Поэтому сигналы ЛЧМ при относительно небольшой мощности излучения обеспечивают в каждый текущий момент времени высокий уровень спектральной энергии в широком диапазоне частот при достаточно низком значении средней энергии. В качестве примера, на фиг. 1 показан фрагмент спектрограммы сигнала ЛЧМ.

Вместе с тем известно, что пиковые детекторы используются для измерения максимального за некоторый отрезок времени значения сигнала.

Пиковые детекторы могут работать в двух различных режимах - слежения и хранения. В режиме слежения входной сигнал больше ранее запомненного пикового значения, и выходное напряжение детектора соответствует входному до тех пор, пока входное напряжение не начнет снижаться. В этот момент устройство переходит в режим хранения, в котором будет оставаться до тех пор, пока входное напряжение вновь не превысит ранее достигнутого уровня, см. (Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем. - М.: Мир. 1983. - 512 с).

Следовательно, сигнал ЛЧМ, обладающий высокой локализацией спектральной энергии обеспечит на выходе пикового детектора высокий уровень энергии, которая измеряется уровнем выходного напряжения.

Поэтому, если расположить пиковые детекторы на максимальном значении линейно возрастающей частоты, и на минимальном значении линейно убывающей частоты, то на длительности символа входной ЛЧМ сигнал зафиксирует максимальное значение напряжения только в одном из пиковых детекторов, в зависимости от значения передаваемой бинарной посылки «0» или «1».

В качестве примера, на фиг. 2 показан спектр входной реализации в частотных границах от минимального значения линейно убывающей частоты, до максимального значения линейно возрастающей частоты, соответствующей передаче ЛЧМ сигнала информационному значению «1».

А на фиг. 3 показан спектр входной реализации в частотных границах от минимального значения линейно убывающей частоты, до максимального значения линейно возрастающей частоты, соответствующей передаче ЛЧМ сигнала информационному значению «0».

Такое техническое решение обеспечит правильное декодирование даже при наличии мощного излучения в пределах полосы частот изменения ЛЧМ мощной помехи.

Так, на фиг. 4 показан спектр входной реализации в частотных границах от минимального значения линейно убывающей частоты, до максимального значения линейно возрастающей частоты. При этом в частотных границах диапазона изменения ЛЧМ сигнала, соответствующего «0» находится мощное излучение (частотные границы обозначены как 11 и 12). В тоже время представленная ситуация соответствует передачи ЛЧМ сигнала, соответствующего «1».

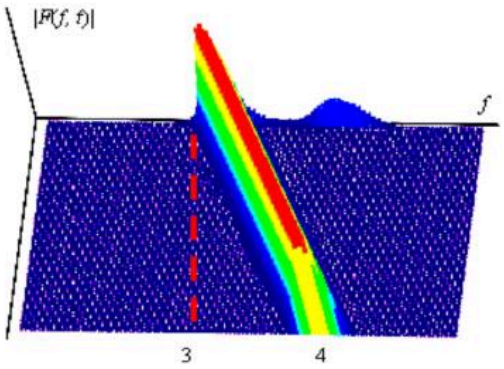
Но поскольку пиковые детекторы расположены на максимальном значении линейно возрастающей частоты, и на минимальном значении линейно убывающей

частоты, то при декодировании будет принято правильное решение.

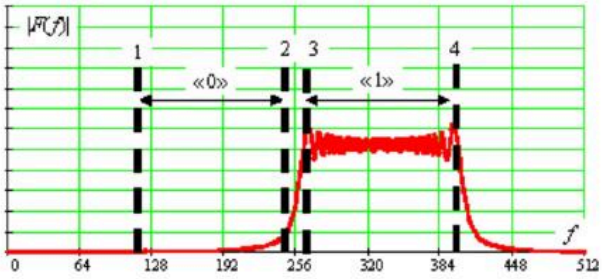
Предложенное техническое решение обеспечит правильное декодирование и в условиях аддитивных шумов, поскольку принятие решение о декодируемом символе происходит не по абсолютному значению порога, по результатам сравнения.

Формула изобретения

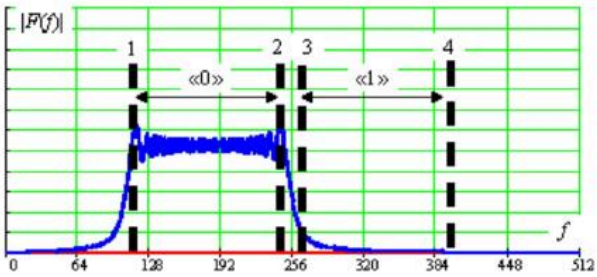
Способ передачи и приема бинарной информации по каналам радиосвязи, заключающийся в том, что на передающей стороне формируют бинарные посылки в виде отрезков линейно-частотно-модулированных сигналов с линейно возрастающим или линейно убывающим законами изменения частоты в зависимости от значения бинарной посылки «0» или «1» и передают их на заданном интервале времени, на приемной стороне декодируют принятый бит информационного сообщения и идентифицируют, отличающийся тем, что на приемной стороне осуществляют прием бинарных посылок в виде отрезков линейно-частотно-модулированных сигналов одновременно на заданном интервале времени и на максимальном значении линейно возрастающей частоты, и на минимальном значении линейно убывающей частоты путем накопления энергии на выходе пиковых детекторов, а декодируют принятый бит информационного сообщения по результатам сравнения энергии накопленной на выходе пиковых детекторов, при этом учитывают всю энергию аддитивной смеси входной реализации, состоящей из полезного сигнала и мешающих шумов и помех.



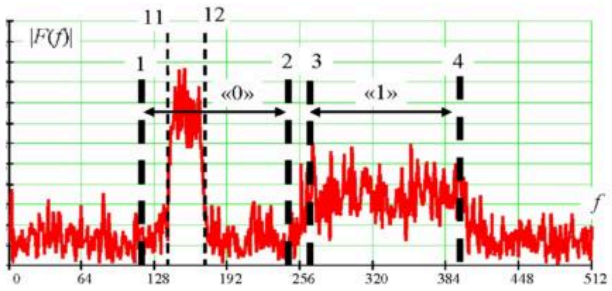
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4