

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** **2 855 410** ⁽¹¹⁾ ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК

[H04B 1/10 \(2006.01\)](#)[H04L 27/22 \(2006.01\)](#)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 30.01.2026)

Начисление для уплаты
пошлины за поддержание
патента в силе

(52) СПК

[H04L 27/2332 \(2025.08\)](#); [H04B 1/10 \(2025.08\)](#); [H04B 1/71 \(2025.08\)](#)(21)(22) Заявка: [2025116661](#), 17.06.2025(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.06.2025Дата регистрации:
30.01.2026

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.06.2025

(45) Опубликовано: [30.01.2026](#) Бюл. № 4

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2504088 C1, 10.01.2014. RU 2021127797 A, 21.03.2023. RU 2801110 C2, 01.08.2023. GB 2295071 A, 15.05.1996. РАДЗИЕВСКИЙ В.Г. и др. Обработка сверхширокополосных сигналов и помех. Москва, Радиотехника, 2009. ТРИФОНОВ А.П., КОРЧАГИН Ю.Э. Прием сигналов с неизвестными моментами появления и исчезновения. Монография, Воронеж, Издательский дом ВГУ,

2017. ДВОРНИКОВ С.В. и др. Алгоритм оценки несущей частоты сигнала по распределенной синхροкомбинации, оптимальный по критерию минимума среднеквадратической ошибки. Труды учебных заведений связи, Т.7, N3, 2021. SU 1637026 A1, 23.03.1991. CN 102821080 A, 12.12.2012.

Адрес для переписки:

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

(72) Автор(ы):

Тюрина Анастасия Игоревна (RU),
Дворников Сергей Викторович (RU),
Аюков Борис Алексеевич (RU),
Васильева Дина Владимировна (RU),
Лалин Степан Павлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

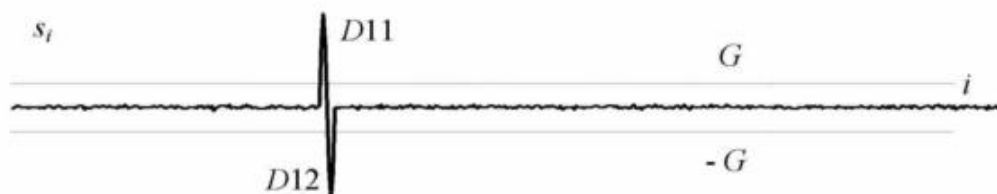
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения" (RU)

(54) Способ обнаружения сигналов без несущей

(57) Реферат:

Изобретение относится к радиотехнике, а именно к способам обнаружения сигналов без несущей, и может быть использовано в системах радиолокации, работающих в условиях аддитивных шумов высокой интенсивности. Техническим результатом заявляемого способа является повышение достоверности обнаружения

сигналов без несущей при малом количестве обрабатываемых фрагментов. Поставленная цель достигается тем, что сигнал принимают в виде отдельных фрагментов, временные отчеты которых перемножают между собой, и получают результирующий фрагмент, используют временные отсчеты результирующего фрагмента для расчета значения порогового уровня шума, при этом в качестве значения порогового уровня шума выбирают величину, равную утроенному значению среднеквадратического отклонения отсчетов, увеличенную пропорционально количеству фрагментов, используемых для формирования результирующего фрагмента, а в качестве параметров сигнала выбирают максимальные отрицательное и положительное значения результирующего фрагмента. 6 ил.



Фиг. 1

Изобретение относится к радиотехнике, а именно к способам обнаружения сигналов без несущей, и может быть использовано в системах радиолокации, работающих в условиях аддитивных шумов высокой интенсивности.

Известен «Способ автоматического обнаружения сигналов», (Патент РФ №2473169, МПК H03M 1/08, G06F 17/00, H04L 27/22, опубл.: 20.01.2013, бюл. № 2).

В известном способе автоматического обнаружения сигналов, заключающегося в том, что принимают аналоговый сигнал $z(t)$, оцифровывают его, для чего последовательно выполняют операции дискретизации, квантования и кодирования, формируют спектральное представление F_j оцифрованного сигнала z_i , затем рассчитывают параметры спектрального представления S_j , оценивают их и по результатам оценки принимают решение о факте обнаружения сигнала. При этом при формировании спектрального представления F_j оцифрованный сигнал z_i предварительно делят на N равных фрагментов, над которыми независимо друг от друга выполняют преобразование Фурье $\{F1_j, F2_j, \dots, FN_j\}$, а для расчета параметров спектрального представления S_j компоненты преобразования Фурье каждого из N фрагментов делят на две равные части и вычисляют сумму значений компонент каждой из частей, после чего вычисленные суммы частей сравнивают между собой, причем решение о факте обнаружения сигнала принимают, если, по крайней мере, в одной из пар частей разница вычисленных сумм превысит предварительно заданное значение G .

Недостатком известного способа является то, что он предполагает использование преобразование Фурье, что сложно реализовать для сверх кратковременных сигналов.

Известен «Способ автоматического обнаружения сигналов» (Патент РФ № 2480901, МПК H03M 1/08, G06F 17/00, H04L 27/2, опубл.: 27.04.2013, бюл. № 12).

В известном способе автоматического обнаружения сигналов, заключающегося в том, что принимают аналоговый сигнал $z(t)$, оцифровывают его, для чего последовательно выполняют операции дискретизации, квантования и кодирования, формируют спектральное представление F_j , где $j=1, 2, \dots$ - порядковый номер спектральной компоненты, оцифрованного сигнала z_i , где $i=1, 2, \dots$ - порядковый номер временного отсчета, затем рассчитывают параметры спектрального представления S_j , по значениям которых вычисляют пороговое значение уровня шума G , сравнивают параметры спектрального представления S_j с рассчитанным пороговым значением уровня шума G и по результатам сравнения принимают решение о факте обнаружения сигнала. А при формировании спектрального представления F_j оцифрованный сигнал z_i предварительно делят на N равных фрагментов, над которыми независимо друг от друга выполняют преобразование Фурье $\{F1_j, F2_j, \dots, FN_j\}$, а в качестве параметров спектрального представления S_j выбирают максимальные значения компонентов преобразования Фурье каждого из N фрагментов, причем решение о факте обнаружения сигнала принимают, если параметры спектрального представления хотя бы одного из фрагментов превысят пороговое значение уровня шума G .

Недостатком известного способа является то, что он предполагает использование преобразование Фурье, что сложно реализовать для сверх кратковременных сигналов.

Известен «Способ обнаружения сигналов без несущей», (Патент РФ № 2484581, МПК H04B 1/10, опубл.: 10.06.2013, Бюл. № 16).

В известном способе обнаружения сигналов без несущей, заключающемся в том, что принимают аналоговый сигнал, оцифровывают его, для чего последовательно выполняют операции дискретизации, квантования и кодирования, вычисляют спектральное представление оцифрованного сигнала и формируют из спектральных компонент первую и вторую последовательности, рассчитывают параметры сигнала, оценивают их и по результатам оценки принимают решение о факте обнаружения сигнала. При этом, для формирования первой и второй последовательностей компоненты спектрального представления делят на равные высокочастотную и низкочастотную части, после этого из низкочастотной части спектральных компонент процедурой обратного преобразования Фурье формируют временные отсчеты и в качестве параметров сигнала выбирают максимальные по модулю отрицательное и положительное значения, затем по временным отсчетам, сформированным из низкочастотной части спектральных компонент, рассчитывают значение порогового уровня шума, сравнивают параметры сигнала со значением порогового уровня шума и принимают решение об обнаружении сигнала, если хотя бы один из параметров по абсолютному значению превысит значение порогового уровня шума.

Недостатком известного способа является то, что он предполагает использование преобразование Фурье, что сложно реализовать для сверх кратковременных сигналов.

Наиболее близким технической сущности к заявленному способу является «Способ обнаружения сигналов без несущей» (Патент РФ №2485692, МПК H04K 1/00, опубл.: 20.06.2013, Бюл. № 17).

В ближайшем способе-прототипе принимают выборку аналогового сигнала, оцифровывают ее, для чего последовательно выполняют операции дискретизации, квантования и кодирования, рассчитывают значение порогового уровня шума, выделяют параметры оцифрованного сигнала, оценивают их и по результатам оценки принимают решение о факте обнаружения сигнала. При этом для выделения параметров оцифрованного сигнала делят выборку оцифрованного сигнала на фрагменты равной длины, затем к первому фрагменту оцифрованного сигнала поэлементно прибавляют второй фрагмент, причем по окончании суммирования фрагментов выделяют максимальные по модулю положительное и отрицательное значения временных отсчетов, которые определяют в качестве текущих параметров оцифрованного сигнала и запоминают наибольший из них, после чего у второго фрагмента сдвигают дискретные временные отсчеты на одну позицию таким образом, что первый отсчет занимает вторую позицию, а последний - первую, и снова поэлементно суммируют первый и второй фрагменты, а из выделенных в результате их суммирования текущих параметров оцифрованного сигнала снова запоминают наибольший, указанные действия повторяют до тех пор, пока первый временной отсчет второго фрагмента займет позицию последнего отсчета, а последний - предпоследнего, затем среди комбинаций сумм первого и второго фрагментов, полученных при различных сдвигах временных позиций, выбирают сумму, которой соответствует максимальное по модулю из ранее запомненных значений текущих параметров оцифрованного сигнала, после чего выбранную комбинацию сумм первого и второго фрагментов аналогичным образом последовательно суммируют со всеми следующими фрагментами, а выделенные текущие параметры оцифрованного сигнала фрагмента, представляющего результирующую сумму всех фрагментов, выбирают в качестве параметров оцифрованного сигнала, значение порогового уровня шума выбирают равным утроенному значению среднеквадратической величины временных отсчетов фрагмента, полученного в результате суммирования всех фрагментов оцифрованного сигнала, а решение об обнаружении сигнала принимают, если хотя бы один из выделенных параметров оцифрованного сигнала выборки, полученной в результате суммирования всех фрагментов оцифрованного сигнала, превышает значение порогового уровня шума.

Недостатком известного способа является его низкая эффективность, если в обрабатываемом фрагменте отсутствует полезный сигнал, или присутствует несколько полезных сигналов.

В результате для принятия достоверного решения о результатах обнаружения, потребуется выборка, содержащая достаточно большое число полезных сигналов, что не всегда возможно получить на практике. Например, для кратковременных излучений, содержащих относительно небольшое число полезных сигналов.

Задачей изобретения является разработка способа, позволяющего принимать решение о результатах обнаружения, при обработке относительно небольшого числа обрабатываемых фрагментов.

Техническим результатом заявляемого способа является повышение достоверности обнаружения сигналов без несущей при малом количестве обрабатываемых

фрагментов.

Поставленная цель достигается тем, что принимают аналоговый сигнал, оцифровывают его, для чего последовательно выполняют операции дискретизации, квантования и кодирования, выбирают в качестве параметров сигнала максимальные отрицательное и положительное значения, рассчитывают значение порогового уровня шума, в качестве которого выбирают величину, равную утроенному значению среднеквадратического отклонения отсчетов, сравнивают параметры сигнала со значением порогового уровня шума, решение об обнаружении сигнала принимают, если хотя бы один из параметров по абсолютному значению превысит значение порогового уровня шума. При этом аналоговый сигнал принимают в виде отдельных фрагментов, над которыми выполняют операции дискретизации, квантования и кодирования, и приводят их к цифровому виду, перемножают отдельные фрагменты сигналов между собой таким образом, что в начале перемножают все первые отсчеты всех фрагментов приведенных к цифровому виду, потом вторые и в конце – последние, и таким образом получают результирующий фрагмент, при этом для расчета значения порогового уровня шума используют временные отсчеты результирующего фрагмента, а в качестве значения порогового уровня шума выбирают величину, равную утроенному значению среднеквадратического отклонения отсчетов, увеличенную пропорционально количеству фрагментов, используемых для формирования результирующего фрагмента, а в качестве параметров сигнала выбирают максимальные отрицательное и положительное значения результирующего фрагмента.

Благодаря новой совокупности существенных признаков, заключающихся в том, что сигнал принимают в виде отдельных фрагментов, временные отчеты которых перемножают между собой, и получают результирующий фрагмент, используют временные отсчеты результирующего фрагмента для расчета значения порогового уровня шума, при этом в качестве значения порогового уровня шума выбирают величину, равную утроенному значению среднеквадратического отклонения отсчетов, увеличенную пропорционально количеству фрагментов, используемых для формирования результирующего фрагмента, а в качестве параметров сигнала выбирают максимальные отрицательное и положительное значения результирующего фрагмента, обеспечивается технический результат заявляемого способа, заключающийся в повышении достоверности обнаружения сигналов без несущей при малом количестве обрабатываемых фрагментов.

Заявленный способ поясняется чертежами, на которых показаны:

фиг. 1. Фрагмент дискретных отсчетов сигнала s_i без шумов с нанесенными значениями параметров оцифрованного сигнала $D11$ и $D12$, с нанесенными значениями порогового уровня шума G и $-G$;

фиг. 2. представлен фрагмент дискретных отсчетов сигнала $z_i = x_i$, содержащих только шумы с нанесенными значениями параметров оцифрованного сигнала $D11$ и $D12$, и с нанесенными значениями порогового уровня шума G и $-G$;

фиг. 3. фрагмент сигнала s_i , представленного на фиг. 1, в шумах;

фиг. 4. фрагмент сигнала v_i , представляющего собой результат перемножения пяти фрагментов, причем во втором фрагменте полезный сигнал отсутствовал;

фиг. 5. результирующий фрагмент шума y_i , состоящий из пяти фрагментов шума, не содержащих полезный сигнал;

фиг. 6. результирующий фрагмент m_i , сформированный в соответствии со способом-прототипом.

В условиях отсутствия шумов принять решение о наличии полезного сигнала в обрабатываемом фрагменте не составляет трудностей, если в качестве параметров оцифрованного сигнала выбрать максимальные по модулю положительное и отрицательное значения временных отсчетов обрабатываемого фрагмента, содержащего полезный сигнал.

В качестве примера на фиг. 1 представлен фрагмент дискретных отсчетов сигнала $z_i = s_i$ без шумов с нанесенными значениями параметров оцифрованного сигнала $D11$ и $D12$, с нанесенными значениями порогового уровня шума G и $-G$.

Величину значения порогового уровня шума G и $-G$ рассчитывают по формулам:

$$G = 3 \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M (z_i - z_{cp})^2}, \quad -G = -3 \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{i=1}^M (z_i - z_{cp})^2} \quad (1)$$

Здесь M – число временных отсчетов обрабатываемой выборки сигнала z_i ; z_{cp} – средняя величина значений обрабатываемой выборки сигнала z_i , которую рассчитывают по формуле

$$z_{cp} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M z_i, \quad (2)$$

Выбор значения порогового уровня шума согласно формуле (1) обеспечит с вероятностью 0,997 тот факт, что шум не превысит величин G и $-G$ [Боровиков, В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов / В. Боровиков – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.].

В качестве примера на фиг. 2 представлен фрагмент дискретных отсчетов сигнала $z_i = x_i$, содержащих только шумы с нанесенными значениями параметров оцифрованного сигнала $D11$ и $D12$, с нанесенными значениями порогового уровня шума G и $-G$.

Так как $D11 < G$, а $-G > D12$ по абсолютному значению, то решение об обнаружении полезного сигнала не принимается.

Существующая проблема автоматического обнаружения кратковременных одиночных сигналов без несущей возникает в условиях шумов высокой интенсивности, не позволяющих правильно соотнести параметры оцифрованного сигнала $D11$ и $D12$ с параметрами полезного сигнала.

В качестве примера, на фиг. 3 показан фрагмент сигнала s_i , представленного на фиг. 1, в шумах $z_i = s_i + x_i$.

На фиг. 3 показаны параметры оцифрованного сигнала $D11$ и $D12$, для фрагмента z_i , которые не совпадают с положением параметров сигнала s_i . При этом $D11 < G$, а $-G > D12$ по абсолютному значению, и решение об обнаружении полезного сигнала не принимается, хотя он содержится в фрагменте.

Бесперспективность перехода в частотную область для обнаружения полезного сигнала для фрагмента в шумах обоснована в способе-прототипе.

Однако если принимать последовательно фрагменты, в том числе и фрагменты в которых не содержится полезный сигнал, и осуществлять их перемножение между собой таким образом, что в начале перемножают все первые отсчеты всех фрагментов приведенных к цифровому виду, потом вторые и в конце – последние, то для результирующего фрагмента параметры оцифрованного сигнала $D11$ и $D12$ будут совпадать с положением параметров полезного сигнала s_i .

В качестве примера, на фиг. 4 показан фрагмент сигнала v_i , представляющего собой результат перемножения пяти фрагментов, причем во втором фрагменте полезный сигнал отсутствовал.

На фиг.4 нанесены параметры оцифрованного сигнала $D11$ и $D12$, рассчитанные для v_i , которые совпадают с положением параметров полезного сигнала s_i .

На фиг.4 нанесены параметры значений порогового уровня шума G и $-G$, которые рассчитаны в соответствии с выражениями (1) и (2), и увеличены в пять раз, так как результирующий фрагмент v_i сформирован на основе пяти фрагментов.

Вместе с тем при обработке результирующего фрагмента, состоящего из пяти фрагментов, не содержащих полезный сигнал, рассчитанные в соответствии с заявляемым техническим решением параметры оцифрованного сигнала $D11$ и $D12$, не будут превышать параметры значений порогового уровня шума G и $-G$. И, таким образом, $D11 < G$, а $-G > D12$, что указывает на отсутствие полезного сигнала в результирующем фрагменте.

В качестве примера на фиг. 5 показан результирующий фрагмент шума u_i , состоящий из пяти фрагментов шума, не содержащих полезный сигнал.

Здесь же показаны параметры оцифрованного сигнала $D11$ и $D12$, которые не превышают параметры значений порогового уровня шума G и $-G$, рассчитанных в соответствии с заявляемым техническим решением.

Следует отметить, что формирование и обработка результирующего фрагмента для условий, представленных на фиг. 4 из четырех фрагментов, содержащих полезный сигнал и одного фрагмента, не содержащего полезный сигнал, не позволяет осуществить достоверное обнаружение.

На фиг. 6 показан результирующий фрагмент m_i , сформированный в соответствии со способом-прототипом. На фиг. 6 показаны параметры оцифрованного сигнала $D11$

и $D12$ для m_i , а также нанесены параметры значений порогового уровня шума G и $-G$, рассчитанные в соответствии с заявляемым решением.

Так как $D11 < G$, а $-G > D12$, то полезный сигнал не обнаружен, при том, что он содержится в результирующем фрагменте.

Реализация заявленного способа объясняется следующим образом.

Принимают фрагменты аналоговых сигналов, например, с тракта промежуточной или низкой частоты радиоприемного устройства. Затем каждый принятый фрагмент аналогового сигнала оцифровывают, для чего последовательно выполняют операции дискретизации, квантования, кодирования. После этого перемножают отдельные фрагменты сигналов между собой таким образом, что в начале перемножают все первые отсчеты всех фрагментов приведенных к цифровому виду, потом вторые и в конце – последние, и таким образом получают результирующий фрагмент. Затем среди элементов результирующего фрагмента выделяют максимальные по модулю отрицательное и положительное временные значения, которые определяют в качестве текущих значений параметров оцифрованного сигнала и запоминают наибольшее из них. Операцию выделения и запоминания максимальных по модулю отрицательного и положительного временных значений можно реализовать аналогичным образом, как в способе-прототипе. После этого рассчитывают значения порогового уровня шума по временным отсчетам суммарного фрагмента. Указанную процедуру можно реализовать аналогично способу-прототипу.

При этом в качестве значения порогового уровня шума выбирают величину, равную утроенному значению среднеквадратического отклонения отсчетов, увеличенную пропорционально количеству фрагментов, используемых для формирования результирующего фрагмента. Поскольку в приведенных примерах рассматривалось пять фрагментов, то, соответственно, величину, равную утроенному значению среднеквадратического отклонения отсчетов, увеличивают в пять раз.

Затем принимают решение об обнаружении сигнала, если хотя бы один из параметров оцифрованного сигнала превысит соответствующее значение порогового уровня шума. Указанную процедуру можно реализовать путем сравнения значения порогового уровня шума и параметров оцифрованного сигнала, аналогично способу-прототипу.

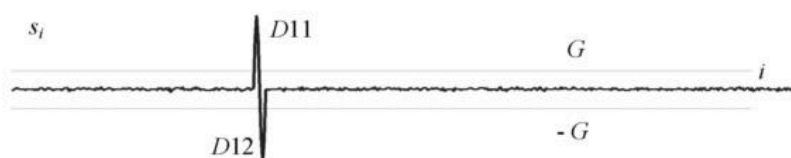
Проведенный эксперимент подтвердил правомерность выбора порогового значения уровня шума, рассчитываемого согласно заявляемого технического решения. Эксперимент проводился в соответствии с требованиями получения статистических оценок [Г. Корн, Т. Корн. Справочник по математике. Пер. с англ. – М.: Наука, 1977. стр. 638–643].

Таким образом, благодаря новой совокупности существенных признаков, заключающихся в том, что сигнал принимают в виде отдельных фрагментов, временные отчеты которых перемножают между собой, и получают результирующий фрагмент, используют временные отсчеты результирующего фрагмента для расчета значения порогового уровня шума, при этом в качестве значения порогового уровня шума выбирают величину, равную утроенному значению среднеквадратического отклонения отсчетов, увеличенную пропорционально количеству фрагментов, используемых для формирования результирующего фрагмента, а в качестве параметров сигнала выбирают максимальные отрицательное и положительное значения результирующего фрагмента, обеспечивается обнаружение сигналов без несущей за счет перемножения относительно небольшого числа содержащих их фрагментов, что указывает на достижение заявляемого технического результата.

Формула изобретения

Способ обнаружения сигналов без несущей, заключающийся в том, что принимают аналоговый сигнал, оцифровывают его, для чего последовательно выполняют операции дискретизации, квантования и кодирования, выбирают в качестве параметров сигнала максимальные отрицательное и положительное значения, рассчитывают значение порогового уровня шума, в качестве которого выбирают величину, равную утроенному значению среднеквадратического отклонения отсчетов, сравнивают параметры сигнала со значением порогового уровня шума, решение об обнаружении сигнала принимают, если хотя бы один из параметров по абсолютному значению превысит значение порогового уровня шума, отличающийся тем, что аналоговый сигнал принимают в виде отдельных фрагментов, над которыми выполняют операции дискретизации, квантования и кодирования, и приводят их к цифровому виду, перемножают отдельные фрагменты сигналов между собой таким образом, что в начале перемножают все первые отсчеты всех фрагментов,

приведенных к цифровому виду, потом вторые и в конце - последние, и таким образом получают результирующий фрагмент, при этом для расчета значения порогового уровня шума используют временные отсчеты результирующего фрагмента, а в качестве значения порогового уровня шума выбирают величину, равную утроенному значению среднеквадратического отклонения отсчетов, увеличенную пропорционально количеству фрагментов, используемых для формирования результирующего фрагмента, а в качестве параметров сигнала выбирают максимальные отрицательное и положительное значения результирующего фрагмента.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6