



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014101791/07, 21.01.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.01.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 21.01.2014

(43) Дата публикации заявки: 27.07.2015 Бюл. № 21

(45) Опубликовано: 20.08.2015 Бюл. № 23

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: КРАНЦ В.З. и др Использование информационных символов для синхронизации системы связи со сложными сигналами // Гидроакустика. Вып. N15, 2012. С.36-41. KWON H.M., Digital Waveform Codings For Ocean Acoustic Telemetry. IEEE Journal of Oceanic Engineering, vol.16, N1, January 1991. P.56-65. US 6693951 B1, 17.02.2004. RU 2208912 C1, 20.07.2003 . US 5237586 A, 17.08.1993 . RU 2115244 C1 , 10.07.1998

Адрес для переписки:

194156, Санкт-Петербург, пр. Энгельса, 21, кв. 113, Голубеву А.Г.

(72) Автор(ы):

Голубев Анатолий Геннадиевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Открытое акционерное общество

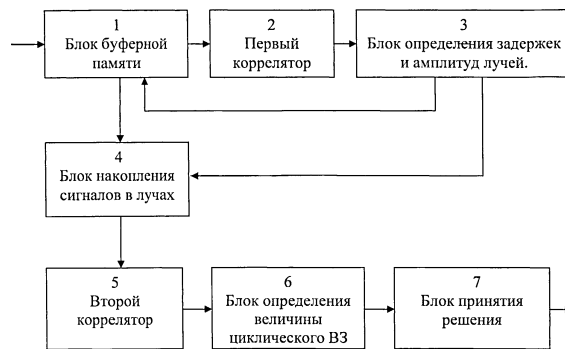
"Камчатский гидрофизический институт"
(ОАО "КГФИ") (RU)(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДЕКОДИРОВАНИЯ ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ,
РАСПРОСТРАНЯЮЩИХСЯ В МНОГОЛУЧЕВОМ КАНАЛЕ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области передачи дискретной (цифровой) информации и может быть использовано в декодерах систем связи, работающих в условиях каналов с многолучевым распространением. Технический результат - повышение вероятности правильного декодирования дискретных сигналов, распространяющихся в многолучевом канале. Устройство для декодирования дискретных сигналов содержит соединенные последовательно блок буферной памяти, первый коррелятор и блок определения задержек и амплитуд лучей, соединенные последовательно блок накопления сигналов в лучах, второй коррелятор, блок определения величины циклического временного сдвига и блок принятия решения, выход которого

является выходом устройства для декодирования, причем второй выход блока буферной памяти подключен ко входу блока накопления сигналов в лучах, первый выход блока определения задержек и амплитуд лучей подключен к управляющему входу блока буферной памяти, а его второй выход - ко второму входу блока накопления сигналов в лучах, входом заявляемого устройства является вход блока буферной памяти, а его выходом - выход блока принятия решения. В устройстве для декодирования не происходит накопления (осреднения) решений по временному сдвигу информационного сигнала, формируемых по всем лучам, а в нем реализуется квазикогерентное накопление сигналов в этих лучах с последующим определением этого сдвига

по результату указанного накопления. 2 ил.



Блок-схема заявляемого устройства.

Фиг.1

RU 2560102 C2

RU 2560102 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014101791/07, 21.01.2014
 (24) Effective date for property rights:
21.01.2014
 Priority:
 (22) Date of filing: 21.01.2014
 (43) Application published: 27.07.2015 Bull. № 21
 (45) Date of publication: 20.08.2015 Bull. № 23
 Mail address:
 194156, Sankt-Peterburg, pr. Ehngel'sa, 21, kv. 113,
 Golubevu A.G.

(72) Inventor(s):
Golubev Anatolij Gennadievich (RU)
 (73) Proprietor(s):
**Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo
 "Kamchatskij gidrofizicheskij institut" (OAO
 "KGFI") (RU)**

(54) **DEVICE FOR DECODING DISCRETE SIGNALS PROPAGATING IN MULTIBEAM CHANNEL**

(57) Abstract:

FIELD: radio engineering, communication.

SUBSTANCE: device for decoding discrete signals comprises series-connected buffer memory unit, first correlator and unit for determining delay and amplitude of beams, series-connected unit for accumulating signals in beams, second correlator, unit for determining the cyclic time shift value and decision unit, the output of which is the output of the decoding device. The second output of the buffer memory unit is connected to the input of the unit for accumulating signals in beams, the first output of the unit for determining delay and amplitude of beams is connected to the control input of the buffer memory unit, and its second output is connected to the second input of the unit for accumulating signals in beams, the input of the disclosed device is the input of the buffer memory unit, and its output is the output of the decision unit. The decoding device does not perform accumulation (averaging) of decisions on the time shift of the

information signal, generated on all beams, and does not perform quasi-coherent accumulation of signals in said beams with subsequent determination of said shift based on the result of said accumulation.

EFFECT: high probability of correct decoding of discrete signals propagating in a multibeam channel.

2 dwg



Блок-схема заявляемого устройства.
Фиг.1

RU 2 560 102 C2

RU 2 560 102 C2

Изобретение относится к области передачи дискретной (цифровой) информации и предназначено для применения в декодерах систем связи, работающих в условиях каналов с многолучевым распространением.

Одной из основных характеристик системы цифровой связи является скорость передачи, а одним из путей обеспечения высокой скорости передачи является использование многопозиционного (N-позиционного) кодирования. При этом каждый передаваемый информационный импульс содержит 2^N бит информации. Недостатком такого пути в общем случае варианта кода является необходимость реализации при приеме (декодировании) сообщения N-канального коррелятора (см., например, [1]) в каждом пространственном и доплеровском канале приема (если таковые имеются), что влечет за собой техническую сложность и высокую стоимость декодера.

Указанный недостаток преодолевается при использовании N-позиционного кодирования на базе сигналов, фазоманипулированных (ФМ) m-последовательностями, следующим образом: при выбранной рабочей m-последовательности кодирование осуществляется ее циклическим временным сдвигом (ВЗ) [2]. При ширине полосы частот системы связи Δf используемая m-последовательность содержит N фрагментов длительностью периода переключения фазы при фазовой манипуляции по $\tau = \Delta f^{-1}$ каждый; параметр τ является интервалом корреляции псевдослучайного сигнала (ПШС), формируемого в результате фазовой манипуляции указанной m-последовательности. Указанный циклический ВЗ принимает дискретные значения, причем под ВЗ, соответствующим i-му символу, подразумевается ВЗ на i-т.

Использование данного варианта кодирования позволяет при декодировании сообщения ограничиться малокабельным (в каждом пространственном и доплеровском канале приема, если таковые имеются) эквивалентом коррелятора, вычисляющим циклическую свертку принимаемого сигнала с передаваемым ФМ сигналом, прочитанным в обратном времени. (Справка: если исходный сигнал длительностью N· $\tau = M \cdot A$ (где A - период дискретизации как входного сигнала, так и опорных функций всех корреляторов) имеет вид $S(n) = S(t_n = n \cdot A)$ (в, так сказать, естественном времени, т.е. без инверсии времени), то сигнал, прочитанный в обратном времени (или с инверсией времени) имеет вид $S(M - n \cdot A)$; вариантами-синонимами термина «циклическая свертка» являются термины «круговая...» или «периодическая свертка»; пояснение по этому термину см. в [3, раздел 2.23]; следует также заметить, что в существенной степени синонимами являются и термины «корреляция» и «свертка»; единственным различием между ними является то, что если при вычислении корреляции оба сигнала читаются в естественном времени, то при вычислении свертки один из сигналов читается в обратном времени; в связи с этим далее используются оба этих термина. Декодирование при таком кодировании основано на измерении величины временного циклического сдвига максимума результата вычисления циклической свертки. Этот сдвиг определяется относительно момента времени, соответствующего началу результата вычисления циклической свертки.

Однако при передаче информации через многолучевой канал указанного эквивалента коррелятора, вычисляющего указанную циклическую свертку, для решения задачи декодирования становится недостаточно, поскольку при имеющих место при распространении в многолучевом канале искажениях формы сигнала принимаемые информационные импульсы с исходным передаваемым ФМ сигналом существенно декоррелированы. Следует заметить, что указанный эффект имеет место вне зависимости от величины введенного в каждый из этих импульсов циклического временного сдвига.

В таких условиях декодирование сообщения становится невозможным.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому объекту является устройство для декодирования, описанное в [4, рис.3] (прототип). Блок-схема прототипа представлена на фиг.2 (фигурирующие в [4, рис.3] признаки, не являющиеся в свете заявляемого технического решения существенными, в настоящем описании опущены), где обозначены (принятая нумерация в обозначениях признаков прототипа соответствует сквозной нумерации аналогичных признаков на приведенной ниже блок-схеме заявляемого устройства):

- 1 - блок буферной памяти;

- 2, 5 - первый и второй коррелятор соответственно;

- 3 - блок определения задержек лучей (в терминологии описания прототипа в [4] - «определитель адресов»);

- 6 - блок определения величины циклического временного сдвига, соответствующего максимуму корреляционной функции (в терминологии описания прототипа в [4] - «определитель номера i в l -м луче»);

- 7 - блок принятия решения (в описании прототипа в [4, рис.3] он отсутствует, но подразумевается);

- 8 - накопитель оценок номера i по (всем) L лучам.

Принцип действия прототипа состоит в следующем. Принимаемая смесь сигнала с шумом записывается в устройство буферной памяти 1 и из него поступает на сигнальный вход первого коррелятора 2. Коррелятор 2 вычисляет корреляционную функцию между реализацией входного сигнала и собственной опорной функцией, совпадающей с испытательным сигналом $S_c(n)$ (т.е. сигналом, по которому оценивается ИРК). Здесь и далее в связи с тем, что опорная функция каждого из рассматриваемых корреляторов стабильна, т.е. не обновляется во времени, эта функция хранится во входящем в состав коррелятора долговременном запоминающем устройстве; опорный вход каждого такого коррелятора на фиг.2 (а также в дальнейшем и на фиг.1) не показан.

Второй коррелятор 5 вычисляет циклическую (или, что то же самое, периодическую или круговую) корреляционную функцию между фрагментом принятого сигнала, поступающим от устройства буферной памяти 1, и опорной функцией, равной исходному (передаваемому) информационному сигналу при его нулевом временном циклическом сдвиге $S_{и}^{(0)}(n)$. (Справка: под циклической корреляционной функцией понимаем циклическую свертку, вычисляемую при чтении опорной функции в естественном времени). В связи с тем, что опорной функцией коррелятора 2 является синхросигнал $S_c(n)$, временная реализация, формируемая на выходе этого коррелятора, есть полученная по синхросигналу оценка импульсной реакции канала (ИРК) распространения. Этот результат поступает на вход блока определения задержек лучей 3; функция данного блока реализуется путем сравнения с порогом всех временных отсчетов сигналов, формируемых на выходе коррелятора 2 при приеме каждого синхросигнала в отдельности, и определения тех моментов времени, в которые этот порог отсчетом сигнала превышен, т.е. моментов прихода сигнала в отдельных лучах. В связи с тем, что нумерация моментов времени прихода лучей однозначно соответствует адресам выборок сигнала, хранящихся в буферной памяти 1, в описании прототипа в [4] этот блок 3 назван как «определитель адресов L » (здесь L - количество лучей, по которым в точку приема пришел сигнал). Эти номера по мере приема синхроимпульсов, которые многократно передаются наряду с информационными импульсами, могут накапливаться. В связи с этим между выходом блока определения задержек лучей 3 и

управляющим входом буферной памяти 1 в описании прототипа в [4] включен накопитель оценок ИРК. (В связи с тем, что этот признак прототипа обязательным не является, в настоящем описании прототипа он опущен). В данном объекте под ИРК понимается совокупность коротких импульсов (совпадающих по форме с автокорреляционной функцией синхросигнала), расположенных на оси времени в моменты, совпадающие с моментами сигналов в точку приема по совокупности лучей, причем последние моменты отсчитываются от момента прихода сигнала в первом по времени прихода луче.

Информация о задержках лучей из блока 3 поступает на управляющий вход блока буферной памяти 1 как совокупность команд на последовательное считывание L фрагментов временных реализаций, каждый из которых содержит информационный импульс, пришедший по одному (от 1-го до L-го) из лучей. Каждый из этих L фрагментов последовательно подается на сигнальный вход второго коррелятора 5, на опорный вход которого (как отмечено выше, опорные входы корреляторов 2 и 5 на блок-схемах фиг. 1 и 2 не показаны) подается сигнал $S_{и}^{(0)}(n)$, сформированный так, что порождающая его m-последовательность характеризуется заранее известным на приемном конце системы связи нулевым циклическим ВЗ. Приходящий в каждом отдельном луче информационный сигнал, соответствующий передаваемому символу, например $i S_{и}^{(i)}(n)$, коррелирован с опорной функцией $S_{и}^{(0)}(n)$ коррелятора 5 при циклическом сдвиге времени, определяемом как $n_i = i \cdot \tau / \Delta$. При передаче i-го символа каждый из L результатов вычисления циклической свертки (корреляции) в корреляторе 5 будет иметь максимум при временном аргументе этой свертки (корреляционной функции), равном n_i . При наличии шумов возможны и такие ситуации, когда указанное условие выполнено не будет; оно выполняется лишь в смысле статистической тенденции, причем тем более часто, чем выше отношение сигнал/шум.

Функцию определения того временного аргумента свертки, который соответствует упомянутому максимуму, выполняет блок 6 определения величины циклического ВЗ, соответствующего максимуму корреляционной функции. В связи с тем, что максимумы результатов вычисления корреляции коррелятором 5 при обработке сигналов во всех лучах (как статистическая тенденция) совпадают, их накопление (точнее, осреднение) по всем лучам в блоке 8 повышает достоверность оценки искомого временного аргумента циклической свертки. Указанная оценка фактически и является результатом декодирования текущего элемента сообщения, поскольку она однозначно связана с переданным символом. Показанный в описании прототипа в [4, рис.3] выход «к декодеру» является формальным, поскольку для окончательного декодирования элемента сообщения после формирования оценки временного аргумента свертки осталось лишь считать соответствующий этому аргументу информационный символ из одноименной таблицы (т.е. из таблицы соответствия временных сдвигов передаваемым символам). Указанная функция выполняется опущенным в описании прототипа [4, рис.3] блоком принятия решения 7.

Недостаток прототипа состоит в следующем. В формировании в блоке 8 итоговой оценки временного аргумента циклической свертки, соответствующей максимуму этой свертки, участвуют оценки этого временного аргумента, полученные по информационному сигналу, пришедшему по всем лучам. При имеющем место на практике конечном отношении сигнал/шум формируемые блоком 3 результаты определения задержек лучей неминуемо содержат ошибки следующих двух типов:

- обнаружение сигнала в луче и соответственно формирование результата определения такой задержки (или такого временного положения сигнала в этом луче в реализации сигнала, хранящейся в блоке 1), при которой в действительности сигнал в луче не пришел (ошибка второго рода);

5 - пропуск сигнала в луче и соответственно отсутствие результата определения такой задержки, при которой сигнал в луче в действительности пришел (ошибка первого рода).

Каждая из ошибок этих двух типов, причем в особенности ошибка второго рода, может привести к ошибке декодирования. Так, сбой декодирования возможен даже
10 при единственной ошибке второго рода, т.е. ошибке, состоящей в ложном обнаружении всего одного луча, поскольку при этом по данному (псевдо) лучу формируется оценка соответствующего максимуму корреляционной функции величины циклического ВЗ, отличающаяся от правильной, т.е. соответствующей передаваемому символу, на сколь угодно большую величину (последняя ограничена только общим диапазоном возможных
15 ВЗ, составляющим $k \cdot \tau$, при значениях параметра k , составляющих десятки... сотни). При этом осреднение указанной неточной оценки в накопителе 8 оценок параметра (номера альтернативы ВЗ) i практически гарантированно приведет к ошибке декодирования, поскольку для возникновения такой ошибки достаточно смещения результата усреднения указанных оценок по лучам всего на величину τ , т.е. на величину
20 всего одного интервала корреляции сигнала. Последнее обусловлено тем, что изменение ВЗ на величину, равную всего τ , соответствует уже иному символу.

Целью заявляемого технического решения является повышение вероятности правильного декодирования дискретных сигналов, распространяющихся в многолучевом канале.

25 Цель достигается тем, в устройство для декодирования, содержащее соединенные последовательно блок буферной памяти, первый коррелятор и блок определения задержек лучей, соединенные последовательно второй коррелятор и блок определения величины циклического ВЗ, а так же блок принятия решения, выход которого является выходом устройства для декодирования, причем входом устройства для декодирования
30 является вход блока буферной памяти, выход блока определения задержек лучей подключен к управляющему входу блока буферной памяти, введен блок накопления сигналов в лучах, включенный между вторым выходом блока буферной памяти и входом второго коррелятора, выход блока определения величины циклического ВЗ подключен ко входу блока принятия решения, функция блока определения задержек
35 лучей дополнена определением амплитуд этих лучей, а второй выход последнего блока подключен ко второму входу блока накопления сигналов в лучах.

Блок-схема заявляемого устройства приведена на фиг.1, где обозначены:

- 1 - блок буферной памяти;
- 2, 5 - первый и второй коррелятор соответственно;
- 40 - 3 - блок определения задержек и амплитуд лучей;
- 4 - блок накопления сигналов в лучах;
- 6 - блок определения величины циклического ВЗ, соответствующего максимуму корреляционной функции;
- 7 - блок принятия решения.

45 Рассматривается такой вариант режима работы системы связи, в составе которой работает заявляемое устройство, в котором одновременно с каждым информационным сигналом передается испытательный сигнал, по которому осуществляется измерение ИРК. Все параметры (т.е. параметры N и τ , а также средняя частота диапазона)

информационных и испытательных сигналов совпадают.

Блок буферной памяти 1 по выполняемой функции и технической реализации полностью совпадает с аналогичным блоком прототипа. Рассматриваем ситуацию $N \cdot \tau > T_3$ (где T_3 - интервал затягивания сигнала (в секундах), имеющего место при его распространении в многолучевом канале, или, другими словами, длительность ИРК). В этом случае блок 1 содержит две области оперативной памяти, в каждой из которых хранится записанный в нее текущий массив временных отсчетов принимаемого сигнала длительностью по $(N \cdot \tau + T_3)$ секунд. В начала приема сообщения (т.е. при приеме смеси первых информационного и испытательного сигнала) отсчеты принимаемого сигнала в интервале времени от 0-й до $(N \cdot \tau + T_3)$ -й секунды записываются в первую область оперативной памяти блока 1. Далее, начиная с $N \cdot \tau$ -й по $(2 \cdot N \cdot \tau + T_3)$ -ю секунду (т.е. начиная с момента еще до истечения времени записи реализации сигнала в первую область оперативной памяти), осуществляется запись отсчетов принимаемого сигнала во вторую область оперативной памяти. К моменту $2 \cdot N \cdot \tau$ -й секунды реализация сигнала, хранившаяся в первой области оперативной памяти, уже обработана и из этой области памяти удалена. При этом, начиная с $2 \cdot N \cdot \tau$ -й по $(3 \cdot N \cdot \tau + T_3)$ -ю секунду (т.е. начиная с момента еще до истечения времени записи реализации сигнала во вторую область оперативной памяти), осуществляется запись отсчетов принимаемого сигнала в освободившуюся к этому моменту времени первую область оперативной памяти, и т.д.

При обработке смеси каждой пары нечетных (четных) по времени информационного и испытательного сигналов содержимое первой (соответственно второй) области блока памяти 1 с первого выхода блока 1 читается (подается) на вход первого коррелятора 2, и далее по результатам обработки испытательного сигнала коррелятором 2 и блоком определения задержек и амплитуд лучей 3 на первом выходе блока 3 формируются результаты определения задержек лучей (о содержании функций и динамике работы блоков 2 и 3 см. ниже). При формировании блоком 3 (на его первом выходе, подключенном к управляющему входу блока буферной памяти 1) каждой из задержек лучей, например задержки l -го луча $t_l = n_l \cdot \Delta$, со второго выхода первой области памяти (поскольку рассматриваем обработку нечетной пары информационного и испытательного сигналов) блока 1 на первый вход блока накопления сигналов в лучах (т.е. блока 4) читается фрагмент хранящейся в этой первой области памяти блока 1 реализации сигнала, находящейся в интервале времени от t_l до $t_l + N\tau$ (отсчет времени каждой хранящейся в каждой области памяти блока 1 реализации сигнала ведется от начала этой реализации). Каждый фрагмент хранящейся в первой или второй (в зависимости от того, четная или нечетная по времени пара информационного и испытательного сигналов обрабатывается в настоящий момент) области памяти блока 1 реализации сигнала, находящейся в интервале времени от t_l до $t_l + N\tau$, содержит (наряду с фрагментом испытательного сигнала) информационный сигнал, пришедший в точку приема в l -м луче.

Два выхода блока 1 показаны на фиг. 1 и фигурируют в настоящем описании условно для иллюстрации того, что при обработке смеси одной пары информационного и испытательного импульса на вход коррелятора 2 однократно поступает вся хранящаяся в соответствующем из отделов блока 1 реализация сигнала длительностью $N \cdot \tau + T_3$, а на вход блока 4 из этого же отдела блока 1 передается L (L - количество обнаруженных лучей) реализаций сигнала длительностью $N \cdot \tau$, моменты начала которых определяются сформированными блоком 3 оценками задержек лучей. Фактически же блок 1 имеет аппаратно единственный выход, на котором формируется реализация сигнала,

считываемая в конкретный момент из этого блока 1 на входы блоков 3 или 4.

При работе в таких условиях, когда $T_3/2 < N \cdot \tau \leq T_3$ или $T_3/3 < N \cdot \tau \leq T_3/2$ и т.д., блок 1 содержит соответственно 3, 4 и т.д. областей памяти, в которые последовательно осуществляется запись (с дальнейшим стиранием) фрагментов принимаемого сигнала, аналогичная по динамике тому, как это имеет место в описанной выше ситуации $N \cdot \tau > T_3$.

Каждый из корреляторов 2 и 5 по выполняемой функции и технической реализации полностью совпадает с аналогичным блоком прототипа. Эти корреляторы реализуются, например, в соответствии с [5, блок-схема на рис.5.14, с.295]. При этом сигнальным входом коррелятора является нижний на указанном рис.5.14 вход, на который подается принимаемый сигнал $x(n)$. Опорная же функция коррелятора (на указанном рис.5.14 она обозначена как $h(n)$) хранится в его памяти, на рис.5.14 для простоты не показанной. В заявляемом устройстве опорные функции корреляторов (как и в соответствующих корреляторах прототипа) имеют вид:

- первый коррелятор 2 - $h_2(n) = S_c(n)$;
- второй коррелятор 5 - $h_5(n) = S_{и(0)}(n)$.

Первый коррелятор 2 вычисляет линейную (или апериодическую) корреляционную функцию между входным сигналом и собственной опорной функцией. При реализации функции этого коррелятора в спектральной области (т.е. на базе процедуры быстрой апериодической свертки; см. [3, раздел 2.23]) над его опорной функцией, дополненной по оси времени «справа» M нулевыми отсчетами, выполняется операция дискретного преобразования Фурье (ДПФ), и массив результата ДПФ (результат его комплексного сопряжения) заносится в память данного коррелятора. При этом опорная функция коррелятора 2 во времени не обновляется, и поэтому операция ДПФ над ней выполняется заранее, а память, в которую заносится результат этого ДПФ, является долговременной. Последнее относится и ко второму коррелятору 5.

Над массивами отсчетов входного сигнала $x(n)$ размером по $2 \cdot M$ в корреляторе 2 также выполняется ДПФ при обновлении в смежных по времени циклах вычисления этого ДПФ на M отсчетов, далее выполняется поэлементное перемножение (т.е. перемножение одноименных отсчетов) массивов результатов ДПФ над опорной функцией и входным сигналом и обратное ДПФ (ОДПФ) от массива результатов указанного перемножения. Половина результатов операции ОДПФ отбрасывается. Период обновления массива отсчетов входного сигнала при смежных по времени циклах вычисления корреляции в корреляторе 2 выбирается равным длительности каждого из сигналов (импульсов) $S_c(n)$ и $S_{и(0)}(n)$ (где $S_{и(0)}(n)$ - информационный сигнал при нулевом ВЗ; длительности указанных сигналов совпадают). При этом длина окна всех реализуемых в корреляторе 2 операций ДПФ ($2 \cdot M$ отсчетов) составляет двойную длительность каждого из этих сигналов.

Второй коррелятор 5 вычисляет циклическую корреляционную функцию между входным сигналом и собственной опорной функцией. При этом единственное отличие этого коррелятора от первого коррелятора 2 состоит в том, что опорная функция коррелятора 5 нулевыми отсчетами не дополняется и все процедуры ДПФ в корреляторе 5 выполняются на M отсчетов как входного, так и опорного сигналов.

Как частично отмечено выше, все операции, выполняемые корреляторами 2 и 5, описаны в [3, раздел 2.23]).

Функция блока 3 определения задержек и амплитуд лучей реализуется путем сравнения с порогом всех временных отсчетов сигналов, формируемых на выходе

коррелятора 2 при приеме каждого синхросигнала в отдельности. При этом в случаях превышения некоторыми l -ми временными отсчетами Y_{li} (здесь индекс $l=1 \dots L$ характеризует номер луча в порядке нарастания времени прихода, а индекс i -текущее время $t_i=i \cdot \Delta$, отсчитываемое с момента начала записанной в соответствующую область

5 памяти блока 1 реализации сигнала) значения порога фиксируются соответствующие этим отсчетам моменты времени $i \cdot \tau$, т.е. моментов прихода сигнала в отдельных лучах (в этой части блок 3 заявляемого устройства совпадает с аналогичным блоком прототипа), а также и непосредственно превысившие значение порога отсчеты Y_{li} .

10 Значения определенных таким образом параметров ИРК формируются на выходах блока 3, а именно индексы li - на первом выходе блока 3, подключенном к управляющему входу блока буферной памяти 1, а амплитуды Y_{li} - на втором выходе блока 3, подключенном ко второму входу блока 4. Далее (см. ф-лу (1)) индекс i при значении амплитуды Y_{li} опущен как несущественный. Следует заметить, что определение

15 в блоке 3 параметров t_i реализуется с учетом того, что обработка своей функции коррелятором 2 осуществляется с учетом традиционно имеющей в таком случае место задержки на $N \cdot \tau$, т.е. начало отсчета времени сигнала на выходе коррелятора 2 отстает от начал отсчета времени в реализации сигнала, хранящегося в блоке буферной памяти 1, на величину $N \cdot \tau$.

20 Блок 4 накопления сигналов в лучах включает, например, оперативную память, перемножитель и сумматор. Указанная память блока 4 рассчитана на хранение реализации сигнала длительностью $N \cdot \tau$. При чтении на первый вход блока 4 из блока буферной памяти 1 сигнала, пришедшего по l -му лучу (т.е. фрагмента хранящейся в

25 блоке 1 реализации сигнала в диапазоне времени $t_i \dots t_i + N \cdot \tau$, где соответствие индекса времени i номеру луча l определяется сочетанием этих индексов в упомянутой паре li), все временные отсчеты этого сигнала в блоке 4 умножатся на соответствующую этому лучу амплитуду Y_{li} , поступающую к моменту начала указанного чтения на второй вход

30 блока 4 со второго выхода блока 3. Далее каждый n -й (при $n=1 \dots N \cdot \tau$) временной отсчет результата указанного умножения складывается с содержимым n -й ячейки оперативной памяти блока 4, после чего содержимое этой ячейки замещается результатом указанного сложения. Таким образом, в блоке 4 к моменту окончания им обработки текущего информационного сигнала формируется результат вида

$$35 \quad Z(n) = \sum_{l=1}^L Y_l \cdot \left\{ S_{\varepsilon}^{(i)}(n) + S_c(n) + \zeta_l(n) \right\}, \quad (1)$$

где $\zeta_l(n)$ - фрагмент реализации входного аддитивного шума, совпадающий по времени с сигналом (или суперпозицией информационного и испытательного сигналов), пришедшим в l -м луче.

40 В итоге блок 4 фактически является векторным весовым накапливающим сумматором. При этом в блоке 4 в результате обработки каждого текущего многолучевого информационного сигнала формируется полезный отклик (информационная часть отклика) вида

$$45 \quad Z_{\varepsilon}(n) = S_{\varepsilon}^{(i)}(n) \cdot \sum_{l=1}^L Y_l \quad (2)$$

(здесь учтено то, что имеющее отношение к полезному результату первое слагаемое в скобках в выражении (1) от индекса l не зависит и поэтому может быть вынесено за знак суммы; остальные же два слагаемых в скобках в выражении (1) к полезному результату отношения не имеют и являются помехой). Отклик (2) - однолучевой сигнал, совпадающий по форме с принятым информационным сигналом; он характеризуется i -м циклическим ВЗ, т.е. ВЗ, равным $i \cdot \tau$. Кроме того, этот сигнал является результатом квазиоптимального когерентного сложения информационного сигнала, пришедшего по всем L лучам. Квазиоптимальность указанного накопления обусловлена конечной точностью оценивания амплитуд и задержек лучей.

Блок 6 определения величины циклического ВЗ, соответствующего максимуму корреляционной функции, по выполняемой функции совпадает с аналогичным блоком прототипа. Он является программируемым средством и содержит, например, память хранения массива временных выборок результата вычисления корреляционной функции коррелятором 5, с которой отсчеты этого массива поочередно считываются на блок сравнения; в итоге сравнения, например, всех отсчетов массива выявляется максимальный по уровню и определяется его номер в n_{\max} массиве; этот номер связан с искомой величиной циклического ВЗ $i \cdot \tau$ как в $n_{\max} = i_{\max} \cdot \tau / A$. При определении из этого соотношения величины соответствующего максимуму корреляционной функции индекса времени i_{\max} реализуется округление результата до целого, т.е. $i_{\max} = [n_{\max} \cdot \Delta / \tau]$, где знак квадратных скобок означает указанное округление до целого.

Блок 7 принятия решения по выполняемой функции совпадает с аналогичным блоком прототипа. Он содержит память для хранения таблицы соответствия индексов времени циклических ВЗ информационного сигнала $\{i\}$ алфавиту символов дискретной системы связи $\{A_i\}$ при $i=1 \dots N$. При подаче на его вход результата оценки циклического временного сдвига очередного принятого информационного сигнала i_{\max} в блоке принятия решения 7 осуществляется считывание из указанной таблицы соответствующего этому сдвигу символа $A_{i_{\max}}$ и выдача его потребителю.

Все блоки заявляемого объекта представляют собой цифровые программируемые устройства.

Заявляемое устройство декодирования рассчитано на использование в синхронной системе связи. В такой системе на приемном конце известны моменты начала прихода каждого информационного сигнала и испытательного сигналов. Принципиально возможен, например, вариант реализации синхронизации с реализацией работы передатчика и приемника в системе единого времени; при этом время распространения сигнала от передатчика до приемника известно. В этом случае в состав устройства декодирования входит таймер, выдающий сигнал синхронизации во все блоки 1...7 в момент прихода каждой смеси информационного и испытательного сигналов. В момент подачи сигнала синхронизации начинается выполнение своей функции блоком 2 и далее с небольшими задержками друг относительно друга - блоками 3...7

Аппаратные средства синхронизации в состав заявляемого объекта не включены, поскольку подавляющее большинство систем цифровой (дискретной) связи являются синхронными, и поэтому специалисту для воспроизведения заявляемого объекта конкретизации средств синхронизации не требуется.

Достижимый в заявляемом устройстве технический эффект - повышение вероятности правильного декодирования дискретных сигналов, распространяющихся в многолучевом канале, обусловлен следующим. Если в прототипе для ошибки декодирования было практически достаточно, например, совершения ошибки второго рода при определении

времени прихода хотя бы одного луча (см. приведенное выше описание недостатка прототипа), то в заявляемом устройстве каждая из ошибок первого или второго рода при определении задержек и уровней лучей хоть и приводит к снижению отношения сигнал/шум в отклике $Z(n)$ (1), но при этом для сбоя (ошибки) в декодировании необходимо, что бы указанные ошибки были множественными. Одиночные ошибки в определении указанных параметров на правильности результата декодирования в заявляемом устройстве практически не сказываются, в частности, потому, что одиночная ошибка первого рода приводит только к снижению количества слагаемых в отклике (1), а одиночная ошибка второго рода - только к появлению лишнего слагаемого в этом отклике. При этом отклик $Z(n)$ в смысле статистической тенденции сохраняет такое свойство, как максимальная коррелированность с опорной функцией коррелятора 5 именно при том значении временного аргумента вычисляемой в блоке 5 корреляционной функции, которое соответствует передаваемому символу. Еще раз отметим, что в прототипе ошибка второго рода при определении времени прихода всего в одном луче приводит к сбою декодирования практически при любом отношении сигнал/шум, в силу чего указанная благоприятная статистическая тенденция утрачивается.

Литература

1. Устройство передачи-приема многопозиционных сигналов. Авт. свид. СССР №649164.
2. Kwon H.M., Birdsall T.G. Digital Waveform Codings For Ocean Acoustic Telemetry. IEEE Journal of Oceanic Engineering, vol.16, №1, January 1991. P.56-65.
3. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. М.: Мир. 1978. 848 с., ил.
4. Кранц В.З., Сечин В.В., Использование информационных символов для синхронизации системы связи со сложными сигналами // Гидроакустика. Вып. №15, 2012. С.36-41.
5. Применение цифровой обработки сигналов. Под ред. Э. Оппенгейма. М.: Мир, 1980. 552 с., ил.

Формула изобретения

Устройство для декодирования дискретных сигналов, распространяющихся в многолучевом канале, содержащее соединенные последовательно блок буферной памяти, первый коррелятор и блок определения задержек лучей, соединенные последовательно второй коррелятор и блок определения величины циклического временного сдвига (ВЗ), а так же блок принятия решения, выход которого является выходом устройства для декодирования, причем входом устройства для декодирования является вход блока буферной памяти, выход блока определения задержек лучей подключен к управляющему входу блока буферной памяти, первый коррелятор вычисляет апериодическую корреляционную функцию между входным сигналом и опорной функцией, совпадающей по форме с испытательным сигналом, второй коррелятор вычисляет циклическую корреляционную функцию между входным сигналом и опорной функцией, совпадающей по форме с информационным сигналом при введении в него заранее известного ВЗ, отличающееся тем, что введен блок накопления сигналов в лучах, включенный между вторым выходом блока буферной памяти и входом второго коррелятора, выход блока определения величины циклического ВЗ подключен ко входу блока принятия решения, функция блока определения задержек лучей дополнена определением амплитуд этих лучей, а второй выход последнего блока подключен ко

второму входу блока накопления сигналов в лучах.

5

10

15

20

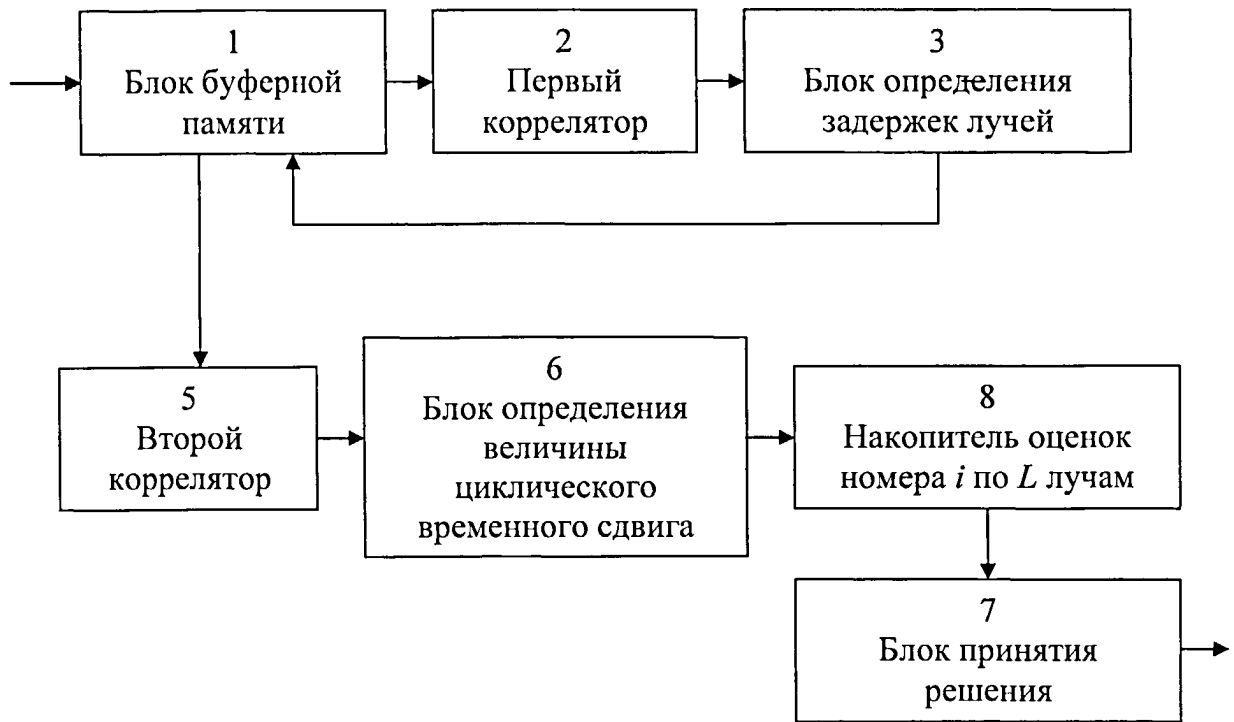
25

30

35

40

45



Блок-схема прототипа.

Фиг.2