

**ОПИСАНИЕ
ПОЛЕЗНОЙ
МОДЕЛИ К
ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

(19) **ВУ** (11) **10723**

(13) **U**

(46) **2015.06.30**

(51) МПК

H 03M 13/00 (2006.01)



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(54)

ТУРБО-ДЕКОДЕР СВЕРТОЧНОГО КОДА

(21) Номер заявки: u 20140397

(22) 2014.11.05

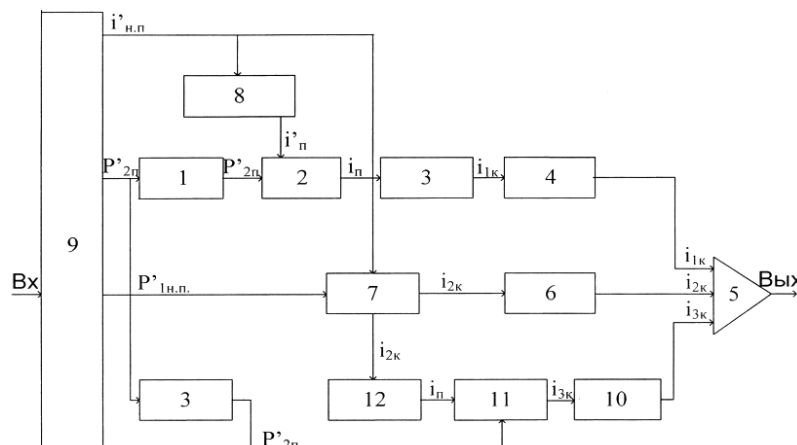
(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(72) Авторы: Королев Алексей Иванович; Конопелько Валерий Константинович; Альмияхи Осама Мажд; Юркевич Евгений Александрович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(57)

Турбо-декодер сверточного кода, содержащий последовательно соединенные первый декодер, первый перемежитель, второй декодер, первый и второй выходы которого подключены соответственно ко входам первого и второго деперемежителей, выходы которых являются выходами турбо-декодера, а также последовательно соединенные демультиплексор, второй перемежитель, первое буферное устройство и мультиплексор, выход которого подключен ко второму входу второго декодера, а второй вход мультиплексора подключен через второе буферное устройство ко второму выходу демультиплексора, вход которого является первым входом u_2 турбо-декодера, а второй u_{1x} и третий e входы турбо-декодера подключены к соответствующим входам первого декодера, отличающийся тем, что введены третье и четвертое буферные устройства, третий декодер и мажоритарный элемент, выход которого является выходом турбо-декодера, а первый i_{1k} , второй i_{2k} и третий i_{3k} входы мажоритарного элемента подключены соответственно к выходам третьего и четвертого буферных устройств и второго деперемежителя, вход которого проклучен последовательно через третий декодер, второй перемежитель и второй декодер к первому выходу $i'_{н.п.}$ демультиплексора, вход которого является входом турбо-декодера, а второй



ВУ 10723 U 2015.06.30

BY 10723 U 2015.06.30

вход третьего декодера подключен к выходу второго буферного устройства, вход которого объединен со входом первого буферного устройства и подключен ко второму выходу P'_{2n} демультимплексора, а вход четвертого буферного устройства подключен ко второму выходу второго декодера, второй вход которого подключен к третьему выходу $P'_{1n.l}$ демультимплексора, а выход первого буферного устройства подключен последовательно через первый декодер и первый деперемежитель ко входу третьего буферного устройства, а второй вход первого декодера подключен к выходу первого перемежителя, вход которого объединен с первым входом второго декодера.

(56)

1. Патент RU 79361 C1, МПК Н 03М 13/00, 2011.
2. Патент RU 2393633 C1, МПК Н 03М 13/00, 2010.
3. Радиолюбитель. - № 09. -2008. - С. 38, рис. 11.

Полезная модель относится к технике электросвязи и может использоваться в устройствах помехоустойчивого кодирования при передаче двоичной информации по каналам связи.

Известно устройство итеративного декодирования блоковых турбо-кодов, содержащее первую память, первый сумматор, SISO-декодер, второй сумматор, схему нормировки, вторую память, блок принятия решения и третью память [1].

Однако известному устройству итеративного декодирования блоковых турбо-кодов присущи следующие недостатки:

большая задержка информации при декодировании, обусловленная использованием итеративного декодирования турбо-кодов;

отсутствие операции перемежения информационных символов на передающей и приемной сторонах кодека обеспечивает низкую достоверность передачи информации;

высокая избыточность турбо-кода.

Известно устройство декодирования турбо-кодов, содержащее первый декодер, перемежитель, первый деперемежитель, второй декодер, второй деперемежитель, формирователь жестких решений [2].

Однако известному устройству декодирования турбо-кодов присущи следующие недостатки:

большая задержка информации при декодировании, которая обусловлена итеративным алгоритмом работы декодера;

отсутствует возможность обработки информации в режиме онлайн, так как используется пакетный режим передачи данных.

Наиболее близким является турбо-декодер сверточного кода, содержащий демультимплексор, первый декодер, первый перемежитель, первое буферное устройство, второй перемежитель, второе буферное устройство, мультиплексор, второй декодер, первый деперемежитель и второй деперемежитель [3].

Однако известный турбо-декодер сверточного кода обладает недостаточной помехоустойчивостью, которая определяется тем, что турбо-декодер содержит один канал декодирования с двухэтапной оценкой декодирования информационных символов.

Задача полезной модели - повышение помехоустойчивости турбо-декодера сверточного кода при передаче двоичной информации по каналам связи.

Поставленная задача достигается тем, что в турбо-декодер сверточного кода, содержащий последовательно соединенные первый декодер, первый перемежитель, второй декодер, первый и второй выходы которого подключены соответственно ко входам первого и второго деперемежителей, выходы которых являются выходами турбо-декодера, а также

последовательно соединенные демультимплексор, второй перемежитель, первое буферное устройство и мультиплексор, выход которого подключен ко второму входу второго декодера, а второй вход мультиплексора подключен через второе буферное устройство ко второму выходу демультимплексора, вход которого является первым входом Y_2 турбо-декодера, а второй Y_1X и третий e входы турбо-декодера подключены к соответствующим входам первого декодера, введены третье и четвертое буферные устройства, третий декодер и мажоритарный элемент, выход которого является выходом турбо-декодера, а первый, второй и третий входы мажоритарного элемента подключены соответственно к выходам третьего, четвертого буферных устройств и второго деперемежителя, вход которого подключен последовательно через третий декодер, второй перемежитель и второй декодер к первому информационному выходу $i'_{н.п.}$ демультимплексора, вход которого является входом турбо-декодера, а второй вход третьего декодера подключен к выходу второго буферного устройства, вход которого объединен со входом первого буферного устройства и подключен ко второму выходу $P'_{2н}$ демультимплексора, а вход четвертого буферного устройства подключен ко второму выходу второго декодера, второй вход которого подключен к третьему выходу $P'_{1н.п.}$ демультимплексора, а выход первого буферного устройства подключен последовательно через первый декодер и первый деперемежитель ко входу третьего буферного устройства, а второй вход первого декодера подключен к выходу первого перемежителя, вход которого объединен с первым входом второго декодера.

На фигуре приведена структурная схема турбо-декодера сверточного кода.

Турбо-декодер сверточного кода (фиг. 1) содержит последовательно соединенные первое буферное устройство 1, первый декодер 2 сверточного кода, первый деперемежитель 3, третье буферное устройство 4 и мажоритарный элемент 5, выход которого является выходом турбо-декодера, а второй вход $i_{2к}$ мажоритарного элемента 5 подключен через четвертое буферное устройство 6 к первому выходу второго декодера 7 сверточного кода, первый вход которого объединен со входом первого перемежителя 8 и подключен к первому выходу $i'_{н.п.}$ демультимплексора 9, а выход первого перемежителя 8 подключен ко второму входу первого декодера 2 сверточного кода, а второй вход второго декодера 7 сверточного кода подключен к третьему выходу $P'_{1н.п.}$ демультимплексора 9, а третий вход $i_{2к}$ мажоритарного элемента 5 подключен через второй деперемежитель 10, третий декодер 11 сверточного кода, второй перемежитель 12 ко второму выходу второго декодера 7 сверточного кода, а второй вход третьего декодера 11 сверточного кода подключен к выходу второго буферного устройства 13, вход которого объединен со входом первого буферного устройства 1 и подключен ко второму выходу $P'_{2н}$ демультимплексора 9, вход которого является входом турбо-декодера сверточного кода.

Турбо-декодер сверточного кода работает следующим образом. Принятые из канала связи кодовые символы в демультимплексоре 9 распределяются на три подпотока:

$i'_{н.п.}$ - поток неперемеженных информационных символов;

$P'_{1н.п.}$ - поток неперемеженных проверочных символов;

$P'_{2н}$ - поток перемеженных проверочных символов.

Неперемеженные информационные символы с первого выхода $i'_{н.п.}$ демультимплексора 9 поступают одновременно на вход первого перемежителя 8 и второго декодера 7, на второй вход которого поступают неперемеженные проверочные символы с третьего выхода $P'_{1н.п.}$ демультимплексора 9. Во втором декодере 7 осуществляется декодирование принятых неперемеженных информационных символов, которые с первого выхода второго декодера 7 поступают через четвертое буферное устройство 6 на второй вход $i_{2к}$ мажоритарного элемента 5, а со второго выхода второго декодера 7 поступают на вход второго перемежителя 12. В данном перемежителе осуществляется перемежение информационных символов по правилу их перемежения, принятому в турбо-коде. Перемеженные информационные символы i_n с выхода второго перемежителя 12 поступают на первый вход третьего декодера 11, на второй вход которого поступают через второе буферное устройство 13 пере-

BY 10723 U 2015.06.30

меженные проверочные символы со второго выхода P'_{2n} демультиплексора 9. В третьем декодере 11 осуществляется декодирование перемеженных информационных символов, которые далее поступают на вход второго деперемежителя 10, который восстанавливает порядок следования передаваемых информационных символов, которые далее поступают на третий вход мажоритарного элемента 5. На первый вход первого декодера 2 поступают перемеженные информационные символы с выхода первого перемежителя 8, а на второй вход первого декодера 2 поступают через первое буферное устройство 1 со второго выхода P'_{2n} демультиплексора 9, принятые перемеженные проверочные символы, в первом декодере 2 осуществляется декодирование перемеженных информационных символов, которые далее поступают на вход первого деперемежителя 3, восстанавливающий порядок следования информационных символов, которые далее поступают через третье буферное устройство 4 на первый вход i_{1k} мажоритарного элемента 5, который принимает решение о полярности переданного информационного символа по большинству одинаковых значений полярностей информационных символов трех каналов декодирования.

Результаты моделирования работы турбо-декодера сверточного кода приведены в таблице.

Параметры базового сверточного кода	Вероятность ошибочного приема двоичных символов P_k при жестком принятии решения на выходе демодулятора ФМ-2					
	$R = 1/2$	$5 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	10^{-2}	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
$K = 5$ - длина кодового ограничения	Вероятность ошибочного декодирования турбо-декодера сверточного кода					
	$2 \cdot 10^{-2}$	10^{-3}	$3 \cdot 10^{-4}$	10^{-4}	10^{-6}	$3 \cdot 10^{-7}$

Из результатов моделирования следует, что введение второго канала декодирования и мажоритарного принципа принятия решения о полярности декодируемых информационных символов обеспечивает в 3,3 раза повышение достоверности передачи информационных символов при $P_k = 10^{-3}$ дискретного канала связи с ФМ-2 раз по сравнению с известным турбо-декодером.