

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.391.14

Исакович
Максим Дмитриевич

Турбокоды и итеративное декодирование

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра техники и технологии
по специальности 1-45 81 01 «Инфокоммуникационные системы и сети»

Научный руководитель
Королев Алексей Иванович
д.т.н. профессор

Минск 2018

ВВЕДЕНИЕ

В связи с интенсивным развитием цифровых систем передачи и обработки информации актуальной задачей является обеспечение высокой ее достоверности или минимальной вероятности ошибочного приема. Эффективным способом решения этой задачи является применение помехоустойчивого или корректирующего кодирования информации. Следовательно, выбор помехоустойчивого кода, метода кодирования и алгоритма декодирования информации является актуальной задачей теории и практики помехоустойчивого кодирования.

В соответствии с доказательствами К. Шеннона наилучшим кодом является код, который передает сообщение за бесконечно большое время, формируя в каждый момент времени случайные кодовые элементы. У приемника есть бесконечные версии сообщения, искаженного случайным образом. Из этих копий декодер должен выбрать копию, наиболее близкую к переданному сообщению. Это представляет собой теоретический идеальный код, который может исправить все ошибки в сообщении.

Как отмечал К. Шеннон, можно легко найти много «хороших» кодов, но очень трудно найти простые алгоритмы их декодирования. Первым шагом в этом направлении было открытие в 1964 г. каскадных кодов, а вторым более успешным шагом в этом направлении было открытие в 1993 г. К. Берроу, А. Главье и П. Ситимашимой турбокодов. В целом турбокоды (ТК) относят к случайным кодам.

Турбокод – параллельный каскадный либо блочный, либо сверточный код, связанный перемежителем информационных символов, способный исправлять ошибки, возникающие при передаче цифровой информации по каналу связи с шумами (помехами). Составляющие коды называются компонентными.

Термин «турбо» отражает свойства, используемые при декодировании итеративного алгоритма: информация с выхода одной итерации (этапа, процедуры) декодирования поступает на вход второй итерации декодирования и т. д.

Количество итераций декодирования зависит от обеспечения заданной достоверности передачи информации и может составлять несколько десятков. Для декодирования составляющих кодов обычно используют декодирование по максимуму апостериорной вероятности (MAP-алгоритм) или его упрощенную версию MLM (Max-LogMAP). В связи с этим ТК позволяют практически приблизиться к так называемой границе Шеннона: реальный проигрыш составляет не более 0,5 дБ.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

Сверточные коды (СК) имеют большой научный и практический интерес для современных систем и сетей телекоммуникаций. Это определяется многими их достоинствами, а именно:

1. Высокой скоростью обработки информации (десятки и сотни Мбит/с),
2. Высокой корректирующей способностью как случайных, так пакетных ошибок,
3. Реализацией эффективных кодеков,
4. Эффективным применением в каналах связи с фазовой неопределенностью и др.

В введении раскрыта актуальность диссертационной работы. В первой главе приведены общие сведения о самоортогональных высокоскоростных ($R \geq 2/3$) сверточных кодах (ССК) и низкоскоростных ($R \leq 1/2$) самоортогональных сверточных кодах (РСК) с алгоритмом порогового декодирования. Во второй главе рассматриваются принципы построения канальных турбокодексов на основе рекурсивных сверточных кодах, перемежителей информационных символов и алгоритмы декодирования.

В данной работе определяются достоинства и недостатки известных принципов построения канальных турбокодексов на основе как рекурсивных, так и самоортогональных ССК и РСК, обеспечивающие меньшую избыточность передаваемой информации, задержку информации при декодировании и сложность реализации.

Получены выражения, позволяющие рассчитать параметры канальных турбокодексов, предложенных методов их построения, а также определены наиболее перспективные типы перемежителей информационных символов, входящих в структуру турбокодексов.

Цель работы

Целью диссертационной работы является исследование турбокодексов и итеративного декодирования, обеспечивающих высокую достоверность передачи данных по частотно-ограниченным каналам связи в условиях воздействия АБГШ.

Задачи исследования

В диссертации исследуются принципы построения канальных кодексов на основе рекурсивных сверточных кодов (RSC), перемежителей информационных символов и алгоритмов декодирования. Определяются основные параметры оценки эффективности практического применения

канальных кодеков турбосверточных кодов в реальных каналах связи и выбираются направления повышения их эффективности в цифровых системах передачи информации (ЦСПИ) инфокоммуникационных систем.

Методы исследования

В работе использовался метод анализа – выделение в предмете исследования составных частей и их последующее изучение, и метод синтеза – соединение исследуемых свойств и признаков предмета исследования в единое целое.

Используя первый метод, был произведён анализ методов увеличения пропускной способности DWDM систем инфокоммуникаций, в следствии чего были выявлены из имеющиеся достоинства и недостатки.

Затем, используя второй метод, был произведён синтез высокоскоростных систем с когерентным детектированием и DP-QPSK модуляцией.

Исходные данные для научных исследований были получены из работ как соотечественных так и зарубежных авторов. Достоверность и обоснованность научных выводов подтверждена результатами исследования, в которых учтены параметры реальной среды распространения сигнала, а также характеристики реальных устройств. Результаты подтверждают корректность данных, полученных в ходе исследования.

Практическая ценность результатов работы

Получены выражения, позволяющие рассчитать параметры канальных турбокодеков, предложенных методов их построения, а также определены наиболее перспективные типы перемежителей информационных символов, входящих в структуру турбокодеков.

Обоснован выбор перемежителей информационных символов для разработанного принципа построения канального турбокодека на основе равномерных сверточных кодов. Установлено, что перемежитель конструкции Рамсея (треугольного типа) обеспечивает передачу информации в реальном масштабе времени.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **Введении** раскрыта актуальность диссертационной работы.

В **1-ом разделе** приведены общие сведения о самоортогональных высокоскоростных ($R \geq 2/3$) сверточных кодах (ССК) и низкоскоростных ($R \leq 1/2$) самоортогональных сверточных кодах (РСК) с алгоритмом порогового декодирования.

Во **2-ом разделе** рассматриваются принципы построения канальных турбокодексов на основе рекурсивных сверточных кодах, перемежителях информационных символов и алгоритмы декодирования.

В **3-ем разделе** определяются достоинства и недостатки известных принципов построения канальных турбокодексов на основе как рекурсивных, так и самоортогональных ССК и РСК, обеспечивающие меньшую избыточность передаваемой информации, задержку информации при декодировании и сложность реализации.

В **Заключении** диссертации сформулированы основные результаты выполненной работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из представленного материала следует, что ТК обеспечивает высокую достоверность передачи информации ($P_{ош.пр} \leq 10^{-6}$) при низких отношениях $P_c/P_{ш} = 1,5-2,0$ дБ, гарантируя, таким образом, эффективное использование пропускной способности каналов связи. Установлено, что турбокодирование наиболее эффективно при совместном использовании с многопозиционными методами модуляции ФМ и АМ.

Предложенный способ построения двухкомпонентного канального кодека турбосверточного кода обеспечивает уменьшение избыточности передаваемой информации на 25% по сравнению с известным способом. Кроме того, предложенный способ построения канального кодека турбосверточного кода применим к исходным сверточным кодам с более высокой скоростью передачи кодов ($R \geq 2/3$).

Однако проблемными остаются вопросы выбора типа перемежителя, количества компонентных кодов, их тип, а также уменьшение задержки информации (данных) при декодировании кодовых последовательностей.

Список опубликованных работ

1. Королев А.И. Коррекция модульных ошибок блоковыми кодами, построенными на основе составных самоортогональных сверточных кодов/ А.И. Королев [и др.] //Материалы международного научно-технического семинара, Минск - 2017 - С. 19-25.