

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

УДК 004.312.26

Дикевич
Дмитрий Викторович

Моделирование кодека с недвоичной логикой на основе рекурсивных
вычислительных процедур

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-45 80 01 «Системы, сети и устройства
телекоммуникаций»

Научный руководитель
Тарченко Надежда Владимировна
кандидат технических наук, доцент

Минск 2017

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день развитие информационных систем достигло большого прогресса. Важными эксплуатационно-техническими характеристиками систем передачи информации являются высокая скорость и степень надежности передачи данных, что в свою очередь обеспечивает целостность и защиту передаваемой информации. Существует ряд аппаратных и программных методов, позволяющих повысить эти показатели. Для организации безошибочной передачи цифровых данных по каналам с шумами обычно применяется помехоустойчивое кодирование, позволяющее улучшить многие важные характеристики систем передачи данных, например, экономить мощность передатчика, увеличивать дальность связи, скорость передачи данных и другие. Поэтому повышение достоверности передачи, обработки и хранения информации является актуальной задачей.

Много ученых и инженеров во всем мире занялось поиском помехоустойчивых кодов и способов их кодирования и декодирования. Например, в этой области известны работы ученых, таких как Б.А. Котельников, Л.Е. Назаров, В.Д. Колесник, Э.Л. Блох, С.И. Егоров, А.Г. Зюко, А.Н. Колмогоров, В.Л. Банкет, В.В. Зяблов, В.В. Золотарев, Дж. Месси, Дж. Возенкрафт, А. Витерби, Р. Галлагер, У. Питерсон, Т. Кассами, Р. Блейхут и др.

Целью магистерской диссертации является построение схем кодеков для многоуровневого кода и показать их отличия от кодеков для двоичного кода.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:
разработка алгоритма помехоустойчивого кодирования для циклического кода с недвоичной логикой;

построение схемы кодера для двоичного и многоуровневого кода;

построение схем декодирования для двоичного и многоуровневого кода и показать их отличия;

осуществить моделирование процессов кодирования.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Применение помехоустойчивого кодирования позволяет повысить энергетическую эффективность системы связи в сравнении с системой передачи без кодирования. Однако при необходимости сохранения заданной скорости передачи информации реализация кодера требует преобразования частоты следования двоичных символов исходных сообщений в более

высокую частоту следования кодовых символов. От этой частоты непосредственно зависит полоса частот, требуемая для передачи сигналов, формируемых модулятором. Поэтому от скорости кода непосредственно зависит значение показателя спектральной эффективности. Отсюда возникает задача существенного повышения спектральной эффективности. Данную задачу можно решить с помощью использования спектрально-эффективных методов модуляции М-ФМ и КАМ в сочетании с введением избыточности в передаваемое сообщение методами канального кодирования. При этом возникает необходимость непосредственного отображения последовательностей двоичных символов сообщения в последовательности передаваемых сигналов. По существу, при этом кодирование и модуляцию нельзя рассматривать в отрыве друг от друга, и обычно говорят о некоторой единой процедуре кодовой модуляции.

На сегодняшний день существуют следующие виды кодовой модуляции:

1 Решетчатая кодовая модуляция. Такое название связано с применением сверточного кодирования и возможности приема сигналов с решетчатой кодовой модуляцией на основе алгоритма Витерби.

2 Многоуровневая кодовая модуляция. Здесь блок входных двоичных символов разделяется на J потоков с более низкими скоростями передачи, после чего двоичные символы из каждого потока передаются одновременно на J двоичных блоковых кодеров, которые формируют двоичные кодовые слова одинаковой длины.

3 Кодовая модуляция с битовым перемежением. Эта система основана на двоичном кодировании с последующим псевдослучайным побитовым перемежением. Выход перемежителя группируется в блоки, которыми через отображение Грея нумеруются точки сигнального созвездия.

4 Турбо кодовая модуляция на решетке. Главной особенностью этого вида кодовой модуляции является применение турбо кодирования и декодирования двоичных последовательностей.

Совместное конструирование кода и множества сигнальных точек обеспечивает более высокую эффективность и больший выигрыш от кодирования, чем последовательное применение помехоустойчивого кодирования и модуляции.

Во всех перечисленных выше методах модуляции используются двоичные кодеры, и кодовые символы на их выходе используются для отображения в символы сигнального созвездия. В диссертации показаны алгоритм и схемы построения кодера и декодера, которые работают с недвоичным алфавитом символов. Это позволит использовать кодек в КАМ

модуляторе, а также в устройствах, которые используют недвоичный алфавит символов. Например, исследователи компании IBM сообщили о значительном прорыве при разработке перспективных типов энергонезависимой памяти. Так, группа из цюрихского центра исследований показала полностью рабочий прототип памяти на основе изменения фазового состояния вещества, которая может хранить в каждой ячейке по три бита данных. Для записи трёх бит в ячейку требуется записать сложный 8-уровневый сигнал.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введение обосновывается актуальность выбранной темы, дается краткая характеристика ее разработанности, определяются объект и предмет исследования, цель и задачи.

В первом разделе «Обзор существующих многоуровневых кодов и схем их реализации» представлено описание трех существующих видов кодовой модуляции.

В подразделе 1.1 «Общие положения» представлены причины перехода к многопозиционным видам модуляции при применении помехоустойчивого кодирования и реализации соответствующих кодеков.

В подразделе 1.2 «Решетчатая кодовая модуляция» дается описание и структура кодека сверточного кода для многопозиционной фазовой модуляции. На приемной стороне для декодирования используется алгоритм Витерби.

В подразделе 1.3 «Многоуровневая кодовая модуляция» дается описание и структура кодека блочного кода для КАМ модуляции.

В подразделе 1.4 «Кодовая модуляция с битовым перемежением» приводится описание системы, основанной на двоичном кодировании с последующим псевдослучайным побитовым перемежением.

В подразделе 1.5 «Турбо кодовая модуляция на решетке» приводится описание системы, в которых комбинируются турбо коды или коды произведения с перемежением и цифровая модуляцией: практическая кодовая модуляция, турбо кодовая модуляция на решетке с посимвольным перемешиванием, турбо кодовая модуляция на решетке с побитным перемешиванием

Во втором разделе «Разработка кодера циклического блочного кода» приводится алгоритм и схемы построения кодера.

В подразделе 2.1 «Алгоритм работы кодера» приводится алгоритм работы кодера на основе недвоичной логики и системная функция генератора кода.

В подразделе 2.2 «Разработка кодера блокового двоичного кода (7,4)» приводится расчет системной функции генератора двоичного блокового кода (7,4), схема кодера и пример его работы.

В подразделе 2.3 «Разработка кодера блокового троичного кода (8,3)» приводится расчет системной функции генератора троичного блокового кода (8,3), схема кодера и пример его работы.

В подразделе 2.4 «Построение кодера двоичного кода (15,7) и троичного (13,6)» приводятся две схемы для более длинных кодов, построенные с использованием алгоритмов из подраздела 2.1.

В третьем разделе «Разработка декодера циклического блокового кода» реализуются три различные схемы декодирования циклического блокового кода, приводятся их схемы и примеры работы.

В подразделе 3.1 «Разработка простого декодера для двоичного кода (7,4)» описывается процедура расчета синдрома, показано, что для ошибок в различных символах синдромы различаются и приведена таблица синдромов для кода (7,4), представлена схема исправления ошибок, и схема декодера. Также представлен пример работы декодера при ошибке в кодовом слове.

В подразделе 3.2 «Разработка декодера Меггитта для двоичного кода (7,4)» приведена общая схема декодера Меггитта, общая схема генератора синдрома. Разработан генератор синдрома для кода (7,4) и показан принцип его работы, а также приводится пример его работы при ошибке в принятом кодовом слове, разработана логическая схема исправления ошибки. Приведена схема декодера Меггитта для кода (7,4) и пример ее работы.

В подразделе 3.3 «Разработка декодера Меггитта для троичного кода (8,3)» разработан генератор синдрома для кода (8,3) и показан принцип его работы, а также приводится пример его ошибки при одиночной и двойной ошибке в принятом кодовом слове, представлена таблица, содержащая все синдромы для комбинаций двойных ошибок, разработана логическая схема исправления ошибки. Приведена схема декодера Меггитта для кода (8,3) и пример ее работы.

В подразделе 3.4 «Построение порогового декодера для двоичного кода (15,7) и троичного (13,6)» составляются проверочные ортогональные суммы для двоичного и троичного кода. Производится выбор значения порога для мажоритарного элемента, исходя из характеристик кода. Приводится логическая схема определения ошибки для порогового декодера троичного кода (13,6). Также в разделе находятся схемы пороговых декодеров для двоичного и троичного кода.

В четвертом разделе «Расчет вероятности ошибки в системе с применением помехоустойчивого кодирования» приводится расчет вероятности ошибки на выходе приемника и вероятность ошибки неправильного декодирования блокового кода.

В подразделе 3.1 «Вероятность ошибки на выходе приемника» рассчитывается вероятность ошибки в канале с аддитивным белым гауссовским шумом при частотной манипуляции.

В подразделе 3.2 «Вероятность ошибки при декодировании блочного кода» рассчитывается вероятность ошибки при декодировании для кода (15,7) и (13,6). Также приведены графики зависимости вероятности ошибки от отношения сигнал/шум.

В подразделе 3.3 «Сравнение расчетных и измеренных характеристик» приводятся схемы моделей системы связи при использовании кода (15,7) и (13,6), построенные в среде MATLAB/Simulink, и дается описание всех элементов системы. Приводятся графики вероятности ошибки от отношения сигнал/шум.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В магистерской диссертации получены следующие результаты.

Представлен обзор существующих методов кодирования и многоуровневой модуляции, при этом кодирование и модуляция рассматриваются как единый процесс, получивший название кодовой модуляции. Так, рассмотрены решетчатая кодовая модуляция, многоуровневая кодовая модуляция и кодовая модуляция с побитовым псевдослучайным перемежением, турбо кодовая модуляция на решетке.

Разработан алгоритм и приведена системная функция генератора кодера, который работает с недвоичным алфавитом символов. Разработаны кодер двоичного блочного кода (7,4) и (15,7) и троичного кода (8,3) и (13,6), показаны схемы кодеров, и примеры их работы.

Построены несколько вариантов декодеров для этих кодов: простой синдромный декодер для двоичного кода (7,4), декодер Меггитта для кода (7,4) и (8,3), пороговый декодер для кода (15,7) и (13,6). Показано, что при переходе от двоичного к троичному коду декодер усложняется, так как при табличном декодировании необходимо распознавать в два раза больше синдромов одиночной ошибки и в четыре раза больше синдромов для двойной ошибки, а при пороговом декодировании необходимо использовать два пороговых элемента и некоторую логическую схему. Это связано с тем, что при использовании троичного кода ошибка в одном символе может иметь два значения.

Рассчитаны вероятности ошибки неправильного декодирования для двоичного и троичного кода. Также в среде MATLAB/Simulink построены схемы моделей системы связи при использовании кода (15,7) и (13,6), и приведены графики вероятности ошибки от отношения сигнал/шум. Данные полученные при моделировании показывают, что использование троичного кода совместно с частотной модуляцией позволяет получить большую помехоустойчивость чем использование двоичного кода.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1-А] Дикевич, Д.В. Рекуррентное блочное кодирование в модульной арифметике / В.А. Овсянников, Д.В. Дикевич // Телекоммуникационные системы и сети: материалы 51-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, 13 –17 апреля 2015 г., г. Минск. – Минск: БГУИР, 2015. – С. 37-38.

Библиотека БГУИР