

Топчилко А.Д.

студент

4 курс, колледж инновационных технологий и предпринимательства

Владимирский государственный университет имени Александра

Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

Россия, г. Владимир

Крамаренко Н.И., научный руководитель

Ассистент кафедры «Радиотехника и радиосистемы»

Владимирский государственный университет имени Александра

Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

Россия, г. Владимир

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕКОДЕРА ВИТЕРБИ В MATLAB

Аннотация. Статья посвящена разработке программы, моделирующей передачу текстового сообщения через канал связи с Гауссовым шумом, с использованием алгоритмов свёрточного кодирования на передающей стороне и декодирования по алгоритму Витерби на приёмной стороне. В результате моделирования была оценена помехоустойчивость передачи с разными параметрами моделирования. Программа может использоваться студентами при выполнении лабораторных работ для исследования помехоустойчивого кодирования.

Ключевые слова: канал связи, помехоустойчивое кодирование, свёрточные коды, алгоритм Витерби, решётчатая диаграмма

The article is devoted to the development of a program that simulates the transmission of a text message through a communication channel with Gaussian noise, using convolutional coding algorithms on the transmitting side and decoding using the Viterbi algorithm on the receiving side. As a result of the modeling, the noise immunity of the transmission with different parameters. The

program can be used by students when performing laboratory work to study noise-resistant coding.

Key words: communication channel, error-correcting coding, convolutional codes, Viterbi algorithm, lattice diagram.

С развитием технологий и увеличением числа средств связи, проблема помех и замираний при передаче сигналов становится всё более актуальной. Одним из эффективных и перспективных методов борьбы с данными явлениями является помехоустойчивое кодирование в целом и свёрточное кодирование в частности [1].

Приём сигналов, передаваемых с использованием свёрточного кодирования, необходимо осуществлять, применяя алгоритмы декодирования. Наиболее распространённым является алгоритм свёрточного декодирования Витерби [3], благодаря своей простоте и гибкости. Он представляет собой мощный инструмент для повышения помехоустойчивости. Однако для достижения максимальной эффективности используемых алгоритмов, необходимо проводить их компьютерное моделирование и рассчитывать помехоустойчивость в тех или иных условиях.

Как уже было упомянуто, данный алгоритм является крайне распространённым. Но, несмотря на существующие решения, большинство стандартных инструментов (например, встроенные функции MATLAB) не позволяют гибко модифицировать алгоритмы расчета метрик переходов, что ограничивает адаптацию декодирования под конкретные помеховые сценарии. Это делает актуальной разработку универсальной программы, которая обеспечит настраиваемость параметров кодирования и автоматизирует расчет помехоустойчивости, что позволит использовать её в учебном процессе при изучении помехоустойчивых кодов.

Программа, написанная на языке Matlab, позволяет проводить кодирование с использованием простейшего свёрточного кода (7,5) с

длиной кодового ограничения 3, однако также поддерживает использование более сложных кодов с большей длиной кодового ограничения, что делает её универсальным инструментом для исследований в области связи.

Рассмотрим структуру программы, представленную на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структурная схема разрабатываемой программы

Ввод сообщения реализуется одним из двух способов: либо пользователь вводит текстовое сообщение, которое затем преобразуется в двоичную последовательность, либо программа генерирует случайное сообщение заданной длины, изначально представленное в двоичной форме.

Второй вариант предпочтительнее для проведения исследований помехоустойчивости, так как позволяет работать с большим массивом данных и получать репрезентативные данные. Первый же способ позволяет наглядно представить процесс передачи текстового сообщения, что может помочь студенту понять исследуемые алгоритмы. Интерфейс окна выбора способа ввода сообщения показан на рисунке 2.

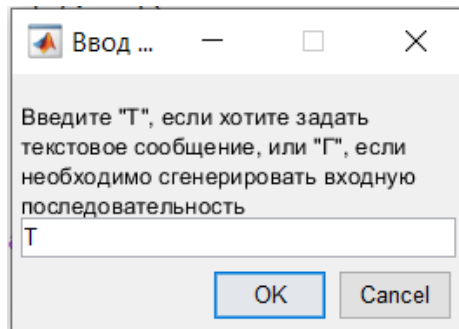


Рисунок 2 – Окно выбора способа ввода

Затем введённое сообщение кодируется с использованием свёрточного кода (7,5) со скоростью 1/2. Данный код представлен на рисунке 3.

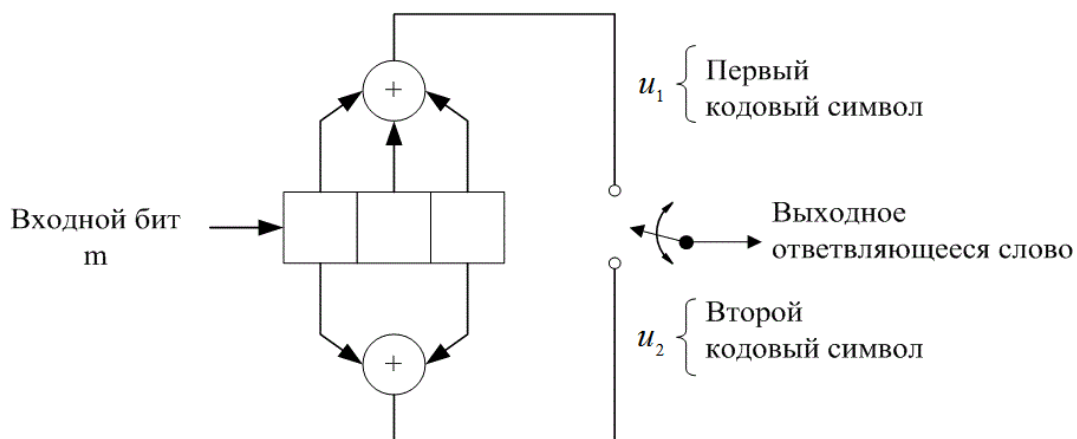


Рисунок 3 – Свёрточный кодер

Для дальнейшей передачи кодовую последовательность необходимо промодулировать. В данной случае используется двоичная фазовая манипуляция (BPSK). Это широко используемый метод модуляции в системах цифровой связи для передачи данных, известный своей простотой и эффективностью.

Канал с помехами моделирует добавление аддитивного белого гауссовского шума (АБГШ, англ. AWGN) — вид мешающего воздействия в канале передачи информации. Характеризуется равномерной, то есть одинаковой на всех частотах, спектральной плотностью мощности, нормально распределёнными временными значениями и аддитивным способом воздействия на сигнал. Уровень шума задаётся пользователем путём ввода отношения «сигнал/шум».

Демодулятор отделяющий полезный (модулирующий) сигнал от несущей составляющей. В разрабатываемой программе демодулятор декодирует методом мягкого декодирования – это метод декодирования, при котором демодулятор формирует информацию о надёжности отдельных принятых символов, а декодер при вычислении метрик учитывает эту информацию. Такое декодирование обеспечивает большую помехоустойчивость, поскольку позволяет корректировать большее количество ошибок по сравнению с жёстким декодированием [2].

Декодирование, как уже было сказано, реализует алгоритм Витерби, основанный на принципе максимального правдоподобия.

Далее осуществляется расчёт помехоустойчивости, которая является ключевым параметром качества в системах связи. Под этим понятием подразумевается способность корректно восстанавливать данные даже в условиях шумов и искажений. В качестве параметра помехоустойчивости выступает вероятность битовой ошибки декодирования.

В результате работы программы пользователю выводится окно, показывающее вероятность ошибки, исходное и восстановленное сообщения, а также время, затраченное на работу программы. Данное окно представлено на рисунке 4.

```
Отношение сигнал/шум (дБ) : 1
Вероятность ошибки при использовании кодирования: 0.02381
Вероятность ошибки без использования кодирования: 0.10714
Введённое сообщение:                Hello, world
Восстановленное сообщение с кодированием: Hello!эworld
Восстановленное сообщение без кодирования: НОШлотДворля
Elapsed time is 0.015784 seconds.
```

Рисунок 4 – Вывод итоговых значений

В качестве примера использования для студенческих исследований программы была проведена оценка помехоустойчивости передачи со следующими параметрами:

- моделирование канала с гауссовским шумом (AWGN);
- диапазон отношения «сигнал/шум»: от 0 до 6 дБ;
- свёрточный код (7,5) с длиной ограничения 3;
- скорость кодирования 1/2;
- длина исходного сообщения 10^5 символов;
- демодуляция осуществлялась двумя способами: по схемам с мягким и жёстким принятием решений.

Результаты представлены на рисунке 5. На нём показана зависимость вероятности декодирования одного символа от отношения сигнал/шум. Разными линиями на рисунке показаны данные для жёсткого и мягкого декодирования.

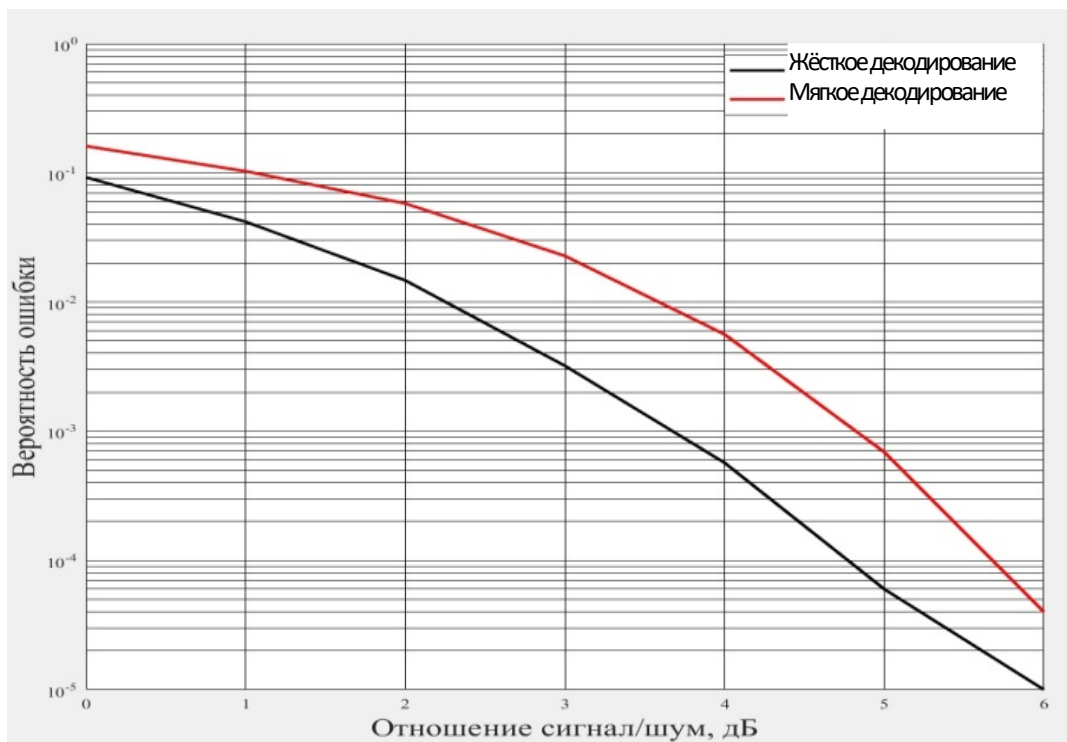


Рисунок 5 – Результат моделирования

Результаты графиков соответствуют теоретическим положениям о большей эффективности мягкого декодирования с сравнении с жёстким. В условиях проведённого эксперимента выигрыш составляет порядка 1–1,5дБ.

Таким образом, была разработана программа для исследования помехоустойчивости. Интерфейс работы с программой минималистичный и простой в использовании. Любой из параметров обработки сигнала при необходимости исследования различных условий передачи может быть изменён, что делает данную программу удобным инструментом для студентов, исследующих эффективность свёрточного кодирования.

Использованные источники

1. Скляр Б. Цифровая связь: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2003. – 1104 с.
2. Полушин П.А., Белов А.Д. Методы «мягкой» и «жесткой» коррекции для борьбы с межсимвольными искажениями цифровых

сигналов / Проектирование и технология электронных средств. – 2020. № 2.
– с. 25 – 33.

3. Витерби А.Д., Омура Дж. К. Принципы цифровой связи и кодирования. – М.: Радио и связь, 1982. – 536 с.