

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И СВОЙСТВ НИЗКОПЛОТНОСТНЫХ КОРРЕКТИРУЮЩИХ КОДОВ НА ОСНОВЕ СОЗДАННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ

Белорусский государственный технологический университет, Минск

Актуальность. Сегодня особое внимание уделяется достоверности передаваемой информации. Достичь требуемого качества получаемого сигнала традиционными методами достаточно сложно и порой экономически нецелесообразно или вообще невозможно. Решением является применение помехоустойчивого кодирования, что позволяет решать большое число задач в цифровых сетях, которые были принципиально недоступны при аналоговой обработке сигнала [1].

На сегодняшний день лучшие результаты по исправлению ошибок показывают низкоплотностные корректирующие коды, предложенные Р.Галлагером в его работе [2] еще в 1962 году. Данные корректирующие коды были позабыты почти на сорок лет и заново «открыты» Д.Маккеем [3].

Целью научной работы являлась разработка программного средства для анализа эффективности использования низкоплотностных кодов в системах передачи информации, позволяющее имитировать передачу сообщения по каналу с шумом и исправление ошибок в принятом сообщении. Согласно поставленной цели, приложение должно было позволить оценить зависимость эффективности низкоплотностных кодов от их параметров и параметров канала.

Коды с малой плотностью проверок на четность (Low-Density Parity-Check – LDPC), – это линейные блочные коды, задаваемые с помощью проверочной матрицы H , характеризуемой относительно малым (как правило, меньшим десяти) числом единиц в строках и столбцах [2]. Р.Галлагером было замечено, что коды с тем же количеством ненулевых элементов на строку или столбец, но с большим размером, обладают лучшими характеристиками. Среди LDPC кодов выделяют регулярные и нерегулярные коды. Также данные коды можно разделить на структурированные и случайные.

Для получения контрольных разрядов при кодировании низкоплотностными кодами необходимо сформировать порождающую матрицу G . По мере выполнения научной работы было установлено, что вычисление обратной матрицы требуемого размера может являться достаточно трудоемкой процедурой и занимать часы. В этой связи, в научной работе предложены два метода построения проверочной матрицы, не требующие вычисления обратной матрицы.

В работе Галлагера [2] было приведено два итеративных алгоритма декодирования низкоплотностных кодов: итеративный алгоритм с жестким решением или инверсией бита и итеративный алгоритм с мягким решением.

Несмотря на то, что алгоритм декодирования с мягким решением эффективней, он может потребовать намного больше итераций и сложность

мягкого декодирования намного выше. В этой связи, в данной работе было решено отказаться от алгоритмов с мягким решением в пользу алгоритмов с жестким решением, где не требуется вычисление апостериорных вероятностей. В рамках научной работы было создано приложение «LDPC_imitation», главное окно которого приведено на рисунке 1.

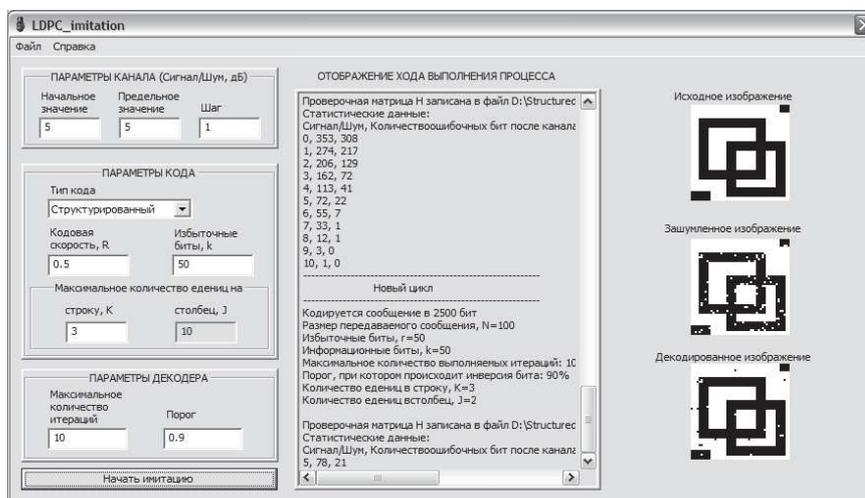


Рисунок 1 – Главное окно приложения «LDPC_imitation»

Данное приложение позволяет подобрать оптимальный код, путем изменения параметров кода. Программный продукт позволяет изменять параметры декодера и канала. В программном средстве реализован канал с аддитивным белым гауссовским шумом (АБГШ). Для получения статистических данных проводится ряд вычислений для одних и тех же кодера и декодера с разными значениями отношения сигнал/шум (E_b/N_0) для канала.

После создания программного продукта «LDPC_imitation» был проведен анализ корректирующей способности различных кодов при различных значениях параметров декодера и канала с АБГШ. Из рисунка 2 видно, что любой код, реализованный данным приложением лучше, чем его отсутствие. Также из рисунка 2 можно сделать вывод, что при маленьком значении E_b/N_0 все коды показывают примерно равные результаты, однако при больших значениях E_b/N_0 лучшие результаты показывают длинные коды. В доказательство, на рисунке 2 быстрее всего сходится код с длиной блока в 7000 бит.

Однако в процессе выполнения работы было выяснено, что скорость работы алгоритма снижается с ростом длины кода. Возможно, лучше будет выбрать короткий код и подвергнуть информацию циклическому кодированию и декодированию, внося не слишком большую избыточность. Опять же, очень длинные коды не были предусмотрены к реализации в научной работе по причине длительности выполнения операций построения проверочной матрицы, особенно случайной, кодирования и декодирования.

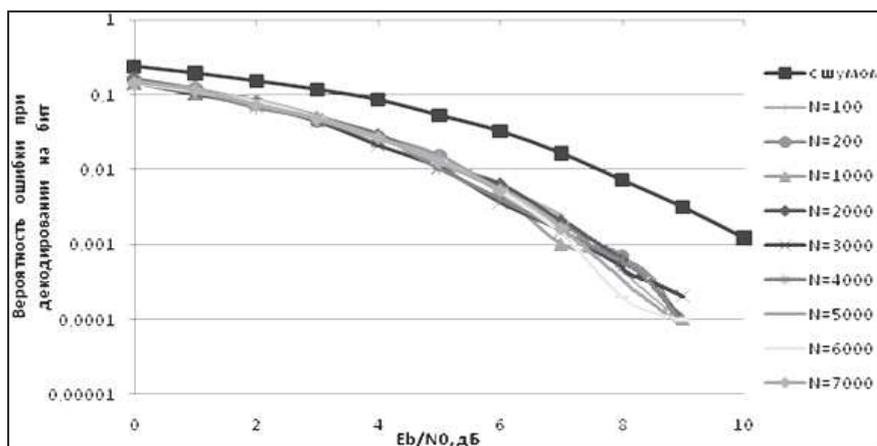


Рисунок 2 – Зависимость вероятности ошибки декодирования на бит от отношения E_b/N_0 для различных длин блока кода

В результате настоящей работы было замечено, что коды с меньшей плотностью обладают лучшей корректирующей способностью. Это отображено на рисунке 3 для структурированного кода. При этом было замечено, что чрезмерно большое количество (как правило, больше десяти) единиц может способствовать большему запутыванию полученной информации при больших значениях E_b/N_0 . При этом, к примеру для структурированного кода длиной до 6000 бит оптимальным является три единицы на строку и две на столбец.

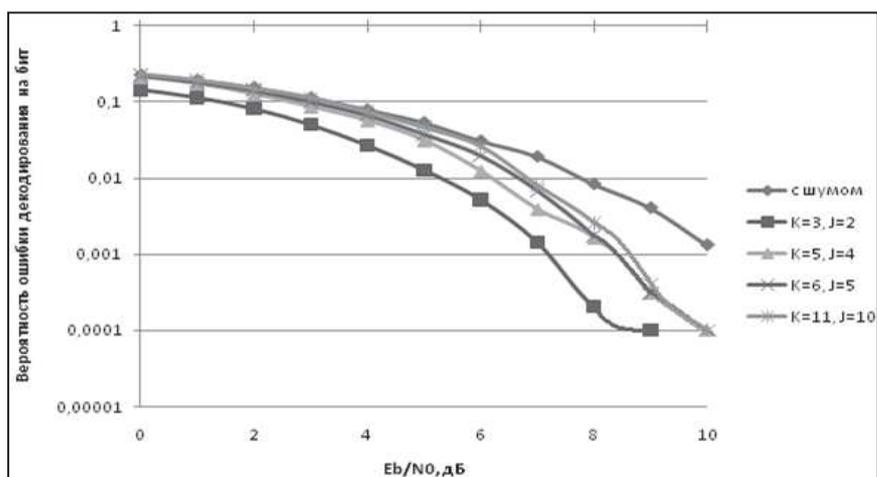


Рисунок 3 – Зависимость вероятности ошибки декодирования на бит от отношения E_b/N_0 для матриц с $N=1000$, $R=0.5$ разной плотности

Для случайного кода спрогнозировать нужное количество единиц в строку и столбец достаточно сложно, однако эти параметры также не должны превышать десяти для лучших корректирующих свойств.

Что же касается того, какой код лучше: структурированный или случайный, то оба кода показывают примерно равные возможности по исправлению ошибок в своих лучших комбинациях, однако в случайных кодах предсказать эту комбинацию гораздо сложнее. Опять же, примерно одинаковая корректирующая способность случайных и структурированных

низкоплотностных кодов может быть объяснена особенностями построения проверочной матрицы.

В научной работе было также выяснено, что количество ошибок после декодирования зависит как от исходной информационной последовательности, так и от того, где располагаются единицы в проверочной матрице.

Помимо этого, разработано руководство пользователя по использованию программного средства, которое также интегрировано в приложение.

Выводы. Таким образом, в научной работе подтверждена оптимальность применения низкоплотностных кодов в системах передачи информации и разработано приложение позволяющие имитировать передачу информации по каналу с шумом и декодирование полученного сообщения с помощью низкоплотностных кодов, также в работе описаны назначение и основные функции разработанного программного средства «LDPC_imitation». Помимо этого было доказано, что длинные разреженные коды обладают лучшей корректирующей способностью. Причем оптимальное количество единиц в структурированной проверочной матрице на строку составляет три, а на столбец – две единицы. Для случайного кода этот параметр однозначно не определяется, но опять же, количество единиц на строку и столбец не должно превышать десяти. При больших значениях отношения сигнал/шум лидируют длинные коды.

С помощью разработанного программного продукта оценена зависимость эффективности кодов от их параметров и параметров канала связи.

Литературные источники

- 1 Зубарев, Ю.Б. Помехоустойчивое кодирование в цифровых системах передачи данных / Ю.Б. Зубарев, Г.В. Овечкин // Цифровая обработка сигналов. – 2008. – №1. – С.2-11.
- 2 Галлагер, Р. Коды с малой плотностью проверок на четность.: Пер. с англ. / Р. Галлагер. – М.: Мир, 1966. – 90 с.
- 3 Mackay, D. Information theory, inference, and learning Algorithms / D. Mackay – Cambridge University press, 2005. – 628 с.

E.N. Korneva

RESEARCH PARAMETERS AND PROPERTIES OF LOW-DENSITY PARITY-CHECK CORRECTING CODES BASED ON THE CREATED COMPUTER MODEL

Belarusian State Technological University, Minsk

Summary

In this paper, confirmed the optimal use of LDPC codes in information transmission systems and developed application to mimic the transmission of information over a channel with AWGN noise, and decoding received message by LDPC codes. This paper describes the purpose and basic functions of the developed software «LDPC_imitation». With the help of the developed software codes evaluated the effectiveness of the dependence of their parameters and the parameters of the channel.