

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ И КВАЗИЦИКЛИЧЕСКИХ КОДОВ С МАЛОЙ ПЛОТНОСТЬЮ ПРОВЕРОК НА ЧЕТНОСТЬ

Н. В. Пацей

Кафедра информационных систем и технологий,
Белорусский государственный технологический университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: n.patsei@gmail.com

В статье рассматриваются некоторые конструкции двоичных кодов с малой плотностью проверок на четность, построенные на основе случайных и квазициклических проверочных матрицах перестановок. Представлены результаты моделирования кодовых конструкций. Исследуется влияние количества итераций декодирования, скорости кода, относительного времени кодирования/декодирования на корректирующие способности кода.

ВВЕДЕНИЕ

Коды с малой плотностью проверок на четность используются для обнаружения и коррекции ошибок в ходе передачи информации по зашумленным каналам связи. Коды описываются проверочной матрицей, содержащей в основном нули и относительно малое количество единиц. Существуют два способа построения проверочной матрицы кода. Первый основан на генерации начальной матрицы с помощью псевдослучайного генератора [1]. Второй способ основан на использовании специальных структурированных методов. Например, евклидово-геометрические коды, квазициклические коды [2-4]. Известно, что лучшие результаты по исправлению ошибок показывают именно случайные коды, однако структурированные коды позволяют использовать методы оптимизации процедур хранения, кодирования и декодирования, а также получать коды с более предсказуемыми характеристиками [5].

I. КВАЗИЦИКЛИЧЕСКИЕ КОДЫ

Рассмотрим принцип построения квазициклического кода. Первый этап кодирования – генерация проверочной матрицы H_d . Она строится на основе базовой квадратной матрицы P_0 размером $m \times m$. Одним из вариантов формирования базовой матрицы P_0 является единичная матрица. После определения матрицы базового кода строятся перестановочные матрицы на основе операции циклического сдвига строк (столбцов) вправо (влево). Операция повторяется $m - 1$ раз, что позволяет получить P_1, \dots, P_{m-1} сдвиговых матриц. Затем перестановочные матрицы расставляются в H_d случайным или структурированным способом. На основе H_d вычисляются проверочные биты. Проверочные биты p добавляются к информационным v , образуя кодовое слово с [3].

II. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КОДОВ С МАЛОЙ ПЛОТНОСТЬЮ ПРОВЕРОК НА ЧЕТНОСТЬ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Для исследования были выбраны три вида кодов класса малой плотности проверок на четность: квазициклические со случайной расстановкой базовых подматриц в проверочной матрице (QCrandom), квазициклические со структурированной расстановкой (QCstruct) и код, построенный на основе случайной проверочной матрицы (RandomGen) [5].

При параметрах кода $w_c = 2$ (плотность единиц), $R = 1/2$ (скорость кода), максимальное значение $SNR = 10$ и количестве итераций 10 установлено, что лучшими характеристиками обладает код, основанный на случайной генерации проверочной матрицы. Особенно следует отметить высокую эффективность данного алгоритма в сочетании с алгоритмом декодирования с распространением доверия. Квазициклический код со случайным распределением базовых подматриц дает также неплохой результат. Квазициклический код со структурированным распределением базовых подматриц показал наихудшие результаты по помехоустойчивости. Был выполнен анализ зависимости величины BER (Bit Error Rate) от количества итераций декодирования. Результаты моделирования для квазициклического алгоритма со случайной расстановкой базовых матриц представлен на рис. 1.

Аналогичное исследование было выполнено для квазициклического алгоритма генерации матрицы со структурированной расстановкой базовых подматриц (см. рис. 2).

Как видно, процесс декодирования становится эффективней с увеличением числа итераций для любых видов кодов. Однако, лучшие результаты уже на первой итерации дает код, построенный на основе случайной генерации проверочной матрицы (см. рис. 3).

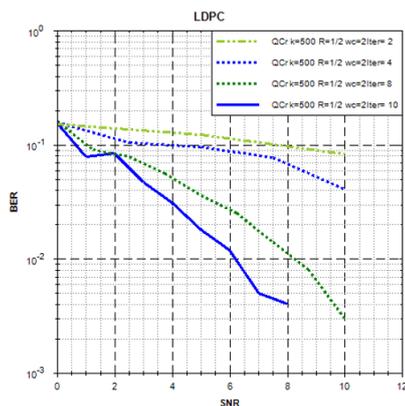


Рис. 1 – Зависимость величины BER от количества итераций для квазициклического алгоритма со случайной расстановкой базовых подматриц

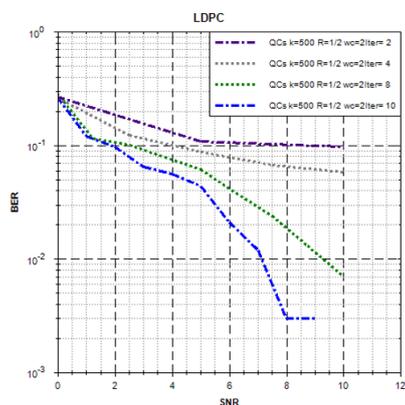


Рис. 2 – Зависимость величины BER от количества итераций для квазициклического алгоритма со структурным расставлением базовых подматриц

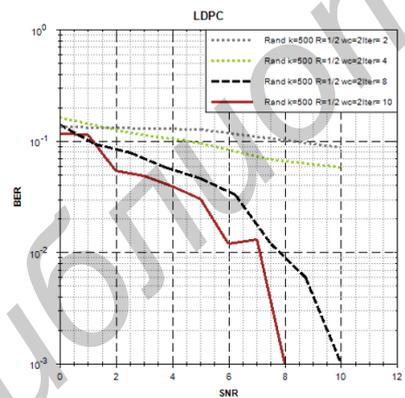


Рис. 3 – Зависимость величины BER от количества итераций для квазициклического

алгоритма со структурным расставлением базовых подматриц

Выполнено также исследования зависимости BER от скорости кода ($R = 1/2, 1/3$ и $1/4$). Для описанных кодов наблюдается снижение величины BER. Однако, это также увеличивает время кодирования при каждом изменении скорости от $1/2$ до $1/4$. Установлено, что лучший результат по параметрам время/эффективность дает квазициклический код со структурированной расстановкой базовых подматриц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследований было выявлено, что в сочетании с алгоритмом декодирования (с расширением доверия) лучшие характеристики дает алгоритм кодирования со случайной генерацией проверочной матрицы. Данные результаты получены при разной кодовой скорости и количестве итераций декодирования. Близкие к нему характеристики дает код, построенный на основе квазициклического алгоритма со случайной расстановкой базовых матриц. В то же время следует учитывать, что код построенный на основе случайной проверочной матрицы достаточно сложен в реализации, отчего значительно увеличивается время кодирования. Поэтому, для практического использования более пригодны будут квазициклические алгоритмы генерации проверочных матриц кодов малой плотности проверок на четность.

1. Помехоустойчивое кодирование [Электронный ресурс] / Tusur – 2014. – Режим доступа: <http://ru.wikibooks.org> – Дата доступа: 10.03.2014.
2. Gallager, R. G. Low Density Parity Check Codes / R. G. Gallager. – Cambridge, MA: MIT – Press, 1963. – 90 p.
3. Козлов, А. В. Подход к построению блочно-перестановочных кодов с малой плотностью проверок на четность / А. В. Козлова, Е. А. Крук, А. А. Овчинников. – Изв. Вузов. Приборостроение, 2013. – Т. 56, № 8. – С. 10-14.
4. Зяблов, В. В. Сравнение различных конструкций двоичных МПП-кодов, построенных на основе матриц перестановок / В. В. Зяблов, Ф. И. Иванов, В. Г. Потاپов. – Информационные процессы. – 2012. – Т. 12, № 1. – С. 31-52.
5. Пацей, Н. В. Моделирование переменных кодов низкой плотности проверок на четность / Н. В. Пацей // Труды БГТУ. – 2011. – С. 122-127.