

АНАЛИЗ БИТОВЫХ ОШИБОК ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТУРБОКОДОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Хмелевский А.В.

Потапов В.Д. – к.т.н., доцент

Турбокод формируется из параллельной конкатенации двух кодов, разделенных перемежителем. В настоящее время большая часть работы над турбокодами в основном сфокусирована на сверточных турбокодах (СТ). Сверточный турбокод (СТ) – отличный код, исправляющий ошибки. СТ со скоростью $1/2$ при длине перемежителя 65536 обеспечивает производительность, близкую к пределу Шеннона. Однако декодеры СТ вычислительно сложны. В работе было показано, что модифицированные турбокоды (МТ), использующие конкатенации относительно простых составляющих сверточных и блочных кодов, достигают производительности при вероятности битовых ошибок (BER), близкой к производительности СТ при уменьшенной вычислительной сложности.

Описание предлагаемого метода.

В работе было проанализировано, что схемы каскадного кодирования, использующие в своем составе сверточный и блочный коды, могут достигать производительности, близкой к теоретическим пределам, и требуют низкой сложности декодирования и называются Модифицированными турбокодами (МТ). Решение МТ является более привлекательным для широкого спектра применений. МТ может быть реализован с использованием трех основных идей, изложенных ниже:

1. Использование блочных кодов вместо обычно используемых несистематических или систематических сверточных кодов.
2. Использование алгоритмов мягкого входного и мягкого выходного декодирования. Вместо использования жестких решений декодер использует вероятности принятых данных для генерации мягкого вывода, который также содержит информацию о степени достоверности выходных битов.
3. Кодеры и декодеры работают на переставленных версиях одной и той же информации. Это достигается с помощью перемежителя.

Модифицированный турбокод состоит из конкатенации сверточного кода и зигзагообразного кода. Зигзагообразные коды являются модифицированной формой кодов SPC . Поскольку зигзагообразные коды демонстрируют лучшую производительность, чем код SPC , с немного большей сложностью, коды SPC заменяются зигзагообразными кодами в модифицированных турбокодах. Первые несколько компонентных кодов МТ являются последовательными комбинациями зигзагообразного кода и сверточного кода. Зигзагообразные коды используются в остальных компонентах. Использование хороших кодов, таких как сверточные коды, в первых нескольких компонентах улучшает характеристики ошибок оставшихся компонентов, что приводит к общему улучшению характеристики ошибок. Поскольку сверточные коды используются не во всех компонентных кодах, МТ имеет меньшую сложность декодирования, чем стандартный турбокод. BER производительность МТ близка к турбокоду.

Чтобы построить МТ, последовательность из N информационных битов размещается в массиве размером $J \times K$, здесь J представляет количество строк, а K представляет количество столбцов в переупорядоченной матрице данных. Кодер такого модифицированного турбокода представлен на рисунке 1.

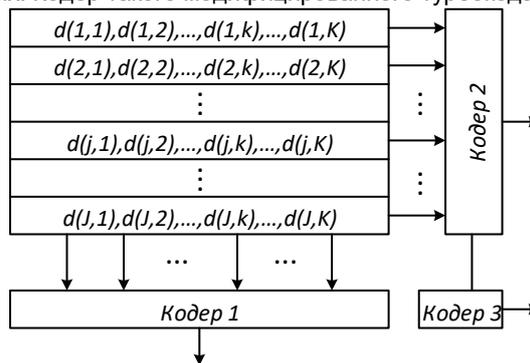


Рисунок 1 – структурная схема кодера

Кодер 1 кодирует каждый столбец информационных битов. Кодер 2 кодирует каждую строку информационных битов, а кодер 3 используется для кодирования битов четности, вычисленных либо кодером 1, либо кодером 2.

- Общий кодер для МТ состоит из параллельной конкатенации M составных кодеров, показан на рисунке
- 2.

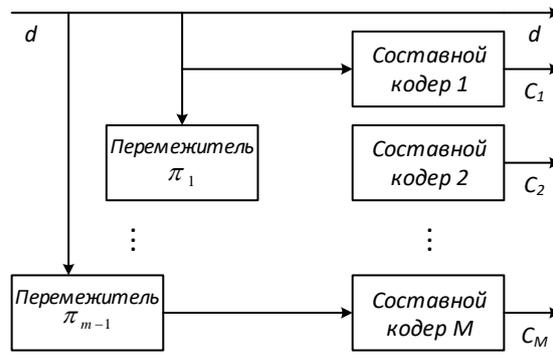


Рисунок 2 – структура общего кодера для МТ

Случайные перемежители используются для перемежения информационной битовой последовательности перед каждым составным кодером, кроме первого составного кодера. Каждый составной кодер кодирует информационную битовую последовательность по-разному, то есть разные комбинации строк и столбцов кодируются кодером 1 и кодером 2 составного кодера. Перемежитель может быть представлен как π_m , где $m = 1, 2, \dots, M - 1$.

Результаты имитационного моделирования. Согласно результатам моделирования изображенным на рисунке 3 видно, что BER почти постоянен вплоть до $E_b / N_0 = 1$ дБ для МТ, и разница в BER между турбокодом и модифицированным турбокодом (МТ) при скорости $R = 1/3$ составляет 10^{-3} . Турбокод со скоростью $R = 1/3$ показывает гораздо лучшую производительность при низком соотношении сигнал / шум. Но при более высоком отношении сигнал / шум производительность BER для турбокода и модифицированного турбокода (МТ) практически одинакова. Результат моделирования показывает, что нет большой разницы в производительности BER для МТ с разной скоростью. При $BER = 4 \cdot 10^{-6}$ разница между МТ со скоростью $R = 1/3$ и СТ со скоростью $R = 1/2$ составляет всего 0,4 дБ.

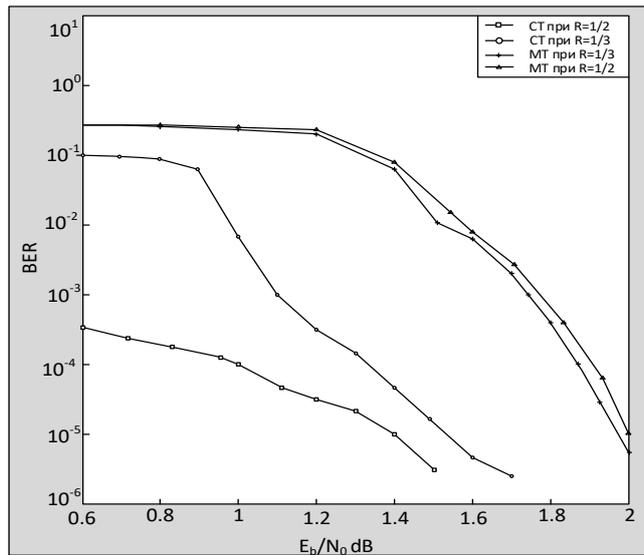


Рисунок 3 – BER в зависимости от E_b/N_0 для различных кодов

Заключение. В этой работе было исследовано, что модернизированный турбокод демонстрирует гораздо меньшую сложность декодера с незначительной потерей в производительности BER .

Список использованных источников:

1. Королев, А. И. Турбокоды и итеративное декодирование: учеб - метод. пособие / А. И. Королев, В. К. Конопелько. Минск: БГУИР, 2015. 74 с.
2. Changlong X., Ying-Chang L., Wing S.L. A low complexity decoding algorithm for extended turbo product codes // IEEE Transactions on Wireless Communications. 2008. V.7. N1. P.43-47.