

ПРОГРАММНАЯ МОДЕЛЬ МОДИФИЦИРОВАННОГО АЛГОРИТМА МЯГКОГО ДЕКОДИРОВАНИЯ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ И НЕСИСТЕМАТИЧЕСКИХ БЛОЧНЫХ КОДОВ

Дмитриев О.Ф., Нестратов М.В.

KEDAH ELECTRONICS ENGINEERING
E-mail: kedah@mail.compnet.ru

Реализованная программная модель ориентирована на многопараметрические исследования мягкого декодирования систематических и несистематических блочных кодов. В докладе дается краткое описание модифицированного алгоритма мягкого перестановочного декодирования блочных кодов с покрывающими полиномами. Приведены зависимости для квадратично-вычетного кода (48,24,12) и его каскадной конструкции (n,n-1), полученные в результате моделирования.

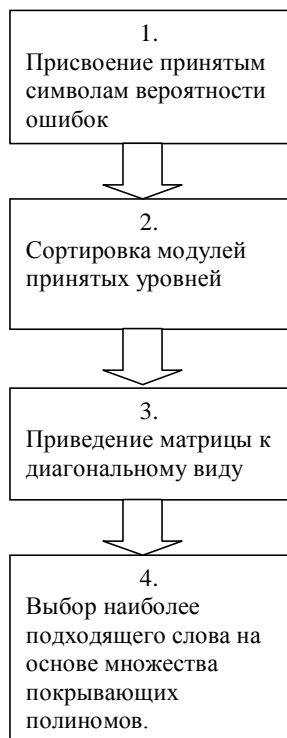


Рис. 1. Крупная схема алгоритма

Описание алгоритма.

Мягкое декодирование состоит в переупорядочивании принимаемых символов в соответствии с их надежностью, а также генерации последовательностей кодовых слов с последующим выбором слова, наиболее приближенного по вероятности к исходному закодированному слову. Крупная схема алгоритма декодирования одного слова представлена на рис. 1.

Шаг 1. Каждому элементу (символу) принятой последовательности уровней сигнала (мощности или напряжения), ставится в соответствие вероятность правильного приема данного символа, выбранная из таблицы метрики, построенной предварительно для AWGN канала.

Шаг 2. Модули принятых символов вместе с их вероятностями сортируются так, что в левой части, называемой проверочной, группируются менее "надежные" символы, а в правой части, называемой информационной – более "надежные".

Шаг 3. В соответствии с перестановкой, образовавшейся в результате сортировки, переставляются столбцы матрицы, имеющей показанный на рис. 2 вид (слева единичная, справа проверочная). Модифицированная перестановкой матрица приводится к диагональному виду. В результате этого может образоваться

дополнительная перестановка, которая, в свою очередь, применяется к отсортированным уровням и их вероятностям.

Шаг 4. Финальная часть декодирования. Заключается в последовательном подборе наиболее вероятной последовательности ошибок из имеющегося покрывающего полинома для "правых" символов. Находится оптимальная по вероятности конфигурация ошибок и с помощью проверочной матрицы и обратной перестановки восстанавливается исходная двоичная закодированная последовательность.

Трудность реализации мягкого декодирования заключается в адекватном и оптимальном подборе последовательностей, составляющих покрывающий полином, так как максимальный размер полинома, в данном случае, составляет 2^{24} . В настоящей реализации используется оригинальный метод получения такого полинома и его размер колеблется в пределах 200 – 350 последовательностей.

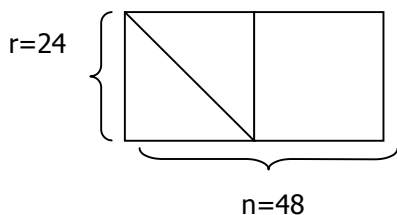


Рис. 2. Матрица

Результаты и некоторые зависимости, полученные в ходе моделирования.

В таблице 1 представлена зависимость вероятностей на бит и на блок в зависимости от отношения сигнал/шум h (дБ) в канале с белым аддитивным белым гауссовским шумом (AWGN).

Таблица 1. Вероятностные характеристики мягкого декодирования кода (48,24,12).

Сигнал/шум h , (дБ)	0,490	1,289	2,278	3,227	4,082
Вероятность ошибки на бит без декодирования	$6,7e10^{-2}$	$5,0e10^{-2}$	$3,3e10^{-2}$	$2,0e10^{-2}$	$1,2e10^{-2}$
Вероятность ошибки на бит с однозначным декодированием	$4,9e10^{-4}$	$5,4e10^{-5}$	$1,9e10^{-6}$	$1,7e10^{-7}$	$4,0e10^{-8}$
Вероятность ошибки на блок с однозначным декодированием	$2,4e10^{-3}$	$3,2e10^{-4}$	$1,3e10^{-5}$	$1,0e10^{-6}$	$6,0e10^{-7}$

В таблице 2 представлена зависимость результата декодирования от размера покрывающего полинома. Данные результаты были получены для отношения сигнал/шум h (дБ) равном 1,289 дБ. Размер равный 0 означает, что предполагается, что рассматриваемая "правая" часть последовательности не содержит ошибок. Из таблицы видно, что наиболее оптимальный размер полинома находится в пределе от 250 до 350 последовательностей.

Таблица 2. Зависимость вероятности ошибки от размера покрывающего полинома.

Размер покрывающего полинома	0	150	250	350	600
Вероятность ошибки на бит без декодирования	$5,0e10^{-2}$	$5,0e10^{-2}$	$5,0e10^{-2}$	$5,0e10^{-2}$	$5,0e10^{-2}$
Вероятность ошибки на бит с декодированием	$8,4e10^{-3}$	$5,9e10^{-5}$	$5,3e10^{-5}$	$5,3e10^{-5}$	$5,7e10^{-5}$

В таблице 3 представлены результаты, демонстрирующие инвариантность результатов декодирования относительно выбранной метрики. Это вносит существенную деталь в свойства декодера и означает, что при данной реализации нет необходимости иметь эстиматор канала. При любом отношении сигнал/шум декодер работает инвариантно!

Кроме исследования характеристик квадратично-вычетного кода (48,24,12), были проведены также исследования его каскадной конструкции $(n,n-1)$, использование которой дает уменьшение вероятности ошибки на бит, по сравнению с вероятностью ошибки на бит исходного кода, не менее чем в 35 раз.

Таблица 3. Зависимость вероятности ошибки от используемой метрики.

Сигнал/шум h , (дБ)	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490
Используемая метрика для канала с отн. сигнал/шум h , (дБ)	0,490	1,289	2,278	3,227	4,082
Вероятность ошибки на бит с однозначным декодированием	$5,0e10^{-4}$	$4,9e10^{-4}$	$5,1e10^{-4}$	$5,0e10^{-4}$	$5,0e10^{-4}$
Вероятность ошибки на блок с однозначным декодированием	$2,4e10^{-3}$	$2,3e10^{-3}$	$2,5e10^{-3}$	$2,4e10^{-3}$	$2,4e10^{-3}$

Литература

1. Архипкин В.Я., Дмитриев О.Ф., Нестратов М.В., Соколов А.Г., « Коррекция ошибок короткими блочными кодами в WLL системах», «Радиолокация, навигация, связь», Воронеж, 2000, том 2, стр 943-948.
2. Mac Williams J. «Permutation Decoding of Systematic Codes». Bell Systems Techn. J., 1964,43,part 2,485-505.
3. Дмитриев О.Ф., «Об одном алгоритме исправления независимых ошибок циклическими кодами», "Проблемы передачи информации", АН СССР, том III, вып 2, Москва 1967, стр 102-104.



SIMULATING PROGRAM OF THE MODIFIED SOFT DECODING ALGORITHM OF SYSTEMATIC AND NONSYSTEMATIC BLOCK CODES

Dmitriev O., Nestratov M.

KEDAH ELECTRONICS ENGINEERING
E-mail: kedah@mail.compnet.ru

The program model is purposed to investigate wide spectrum of parameters of the soft decoding of systematic and nonsystematic block codes. The report is going to describe general aspects of the modified soft decoding algorithm based on quadratic residue code (48,24,12). There are some essential dependencies that characterize the advantages of the code and its cascade (n, n-1) implementation. In the result of the program simulating, the mentioned above dependencies have been detected.

As it is known, soft decoding concept concludes the following steps: sorting received power levels, assigning error probability choosed from metrics to every power level, detecting the one (final) sequence of the resulting sequences variety by maximum probability principle.

The main challenge in soft decoding is to keep its advantages and reduce its error pattern in the same time.

The original method of errors pattern generation is the "core" of present Simulating Program.

The report concludes top view to the soft decoding algorithms that are applied at the Simulating Program and relevant results.

Signal/Noise to Bit Error Rate ratios and Signal/Noise toBlock error ratios are presented in Table 1.

Table1. BER characteristics of soft decoding code (48,24,12).

Signal/noise h_c (дБ)	0,490	1,289	2,278	3,227	4,082
Bit error rate in channel	$6,7e10^{-2}$	$5,0e10^{-2}$	$3,3e10^{-2}$	$2,0e10^{-2}$	$1,2e10^{-2}$
Bit error rate	$4,9e10^{-4}$	$6,1e10^{-5}$	$1,9e10^{-6}$	$1,7e10^{-7}$	$4,0e10^{-8}$
Block error rate	$2,4e10^{-3}$	$3,2e10^{-4}$	$1,3e10^{-5}$	$1,0e10^{-6}$	$6,0e10^{-7}$

Table 2 demonstrates perfect Bit Error Rate and Block Error Rate values in spite of presented metrics. Since that, there is no need to use channel estimator. In the other words, the decoder parameters remains constant in spite of any signal/noise value.

Table 2. Error rates dependencies from selected metrics.

Signal/noise h_c (дБ)	0,490	1,289	2,278	3,227	4,082
Metrics built for sign./noise h_c (дБ)	4,082	4,082	4,082	4,082	4,082
Bit error rate	$4,9e10^{-4}$	$6,1e10^{-5}$	$1,9e10^{-6}$	$1,7e10^{-7}$	$4,0e10^{-8}$
Block error rate	$2,4e10^{-3}$	$3,2e10^{-4}$	$1,3e10^{-5}$	$1,0e10^{-6}$	$6,0e10^{-7}$

All results are calculated for additive white gauss noise (AWGN) channel.