

# ИДЕНТИФИКАЦИЯ МНОГОКРАТНЫХ ОШИБОК В ПРОЦЕССЕ МНОГОПороГОВОГО ДЕКОДИРОВАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ ИТЕРАТИВНЫХ КОДОВ

М.Ф. Кудлацкая

Кафедра информатики и компьютерной графики,  
Белорусский государственный технологический университет  
Минск, Республика Беларусь  
E-mail: mvitkova@bk.ru

*В статье описывается алгоритм определения кратности ошибок возникающих в передаваемых битовых последовательностях. Число ошибочных бит (ОБ) определяется непосредственно в процессе многопорогового декодирования трехмерных итеративных кодов. Предлагается использование разработанного алгоритма в адаптивном устройстве кодирования (декодирования), что позволит рассчитать параметр качества канала BER в режиме передачи реального трафика по цифровому каналу связи.*

Сетевые технологии являются неотъемлемой частью жизни общества информационного века. Однако, даже при таком высоком уровне развития сетевых технологий, передаваемая информация подвергается воздействию помех возникающих в канале передаче данных под влиянием внешних и внутренних факторов. Таким образом, скорость передачи и целостность передаваемой информации напрямую зависит от качества канала.

Существует множество параметров характеризующих качество цифровых каналов передачи информации. Часть из них измеряется в тестовом режиме, т.е. в режиме с отключением связи, другие – при передаче реального трафика. К наиболее распространенным параметрам качества относят коэффициент ошибок по битам BER и коэффициент ошибочных блоков BLER [1], которые измеряются в режимах с отключением и без отключения связи соответственно. О преимуществах каждого из этих параметров стоит отметить то, что в первом случае есть возможность локализовать единичную битовую ошибку, а во втором – измерить данный параметр при передаче реального трафика. Проведенные исследования и разработки показали, что есть возможность рассчитать коэффициент BER в режиме без отключения связи, а это значит, что локализовать единичную битовую ошибку можно при передаче реального трафика.

Ранее было разработано и зарегистрировано [2] авторское программное средство MPD v.1.0, назначение и возможности которого описано в [3]. В результате проведенного исследования были собраны статистические данные об исправлении многократных ошибок в процессе многопорогового декодирования трехмерных итеративных кодов (использовались матрицы для информационной последовательности длиной 64 бита с числом паритетов 5, а соответственно декодирование осуществлялось в три стадии [4]). Полученные данные отображают, как исправляются многократные ошибки (т.е. на каких ста-

диях сколько паритетов указывает на ошибочность проверяемого бита), и позволили разработать алгоритм определения кратности исправляемой ошибки автоматически в процессе декодирования.

Алгоритм определения кратности включает три ключевых этапа. На первом этапе определяется количество ошибочных бит, на которые указывают пять паритетов на первой стадии, на втором этапе определяется количество ошибочных бит, на которые указывают четыре паритета на первой стадии, на третьем этапе – три паритета. Однако, в большинстве случаев этой информации недостаточно, чтобы определить кратность ошибки, тогда необходимо проследить поведение избыточных символов на второй и третьей стадиях (для кодов с пятью паритетами). Например, при исправлении некоторых трехкратных ошибок на первой стадии декодирования три бита будут приняты за ошибочные, на это указывают все пять паритетов, но однозначно идентифицировать ошибку как трехкратную мы не можем, необходимо изучить поведение декодера на второй и третьей стадии. Если на других стадиях хоть паритет, указывает на то, что какой либо бит ошибочный, то ошибка не является трехкратной. Кратность такой ошибки выше трех.

Графически весь алгоритм может быть описан в виде дерева имеющего большое число ветвей, соответствующих множеству условий. Программно алгоритм реализован в виде трех функций, каждая из которых определяет, является ли исправляемая ошибка однократной, двукратной или трехкратной. Стоит отметить, что разработанный алгоритм однозначно определяет все однократные, двукратные и трехкратные ошибки. Поэтому если ни одна из этих функций не идентифицировала ошибку, то кратность ошибки принимается больше трех. Ниже приведена блок-схема алгоритма идентификации двукратной ошибки в процессе многопорогового декодирования трехмерного итеративного кода с пятью линейно-независимыми паритетами для инфор-

мационной последовательности длиной 64 бит. Стоит отметить, что блок-схема идентификации трехкратной ошибки намного сложнее. Введем поясняющие обозначения, для детального описания алгоритма.

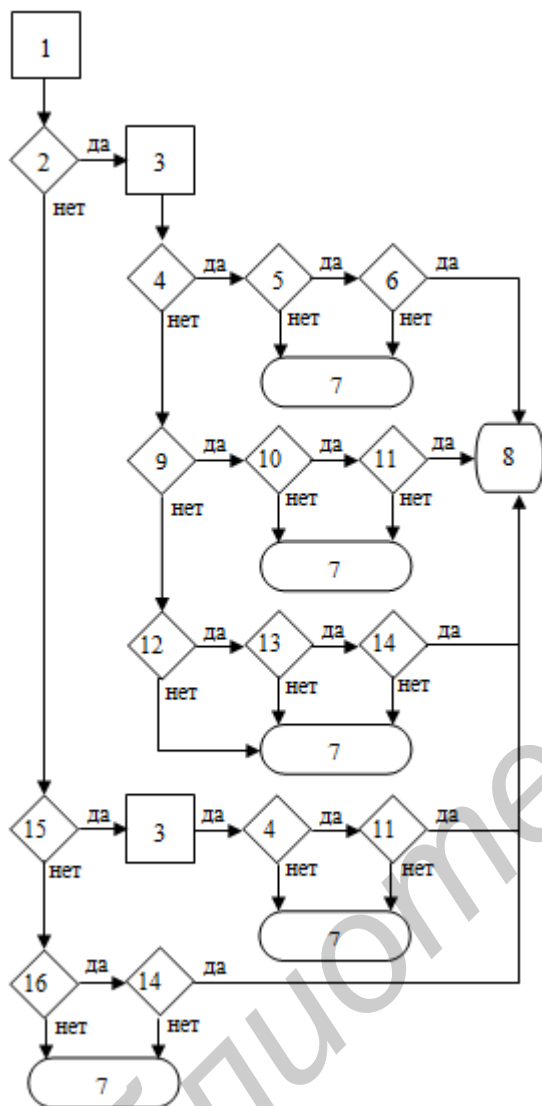


Рис. 1. Блок-схема идентификации двукратной ошибки

1. Определяем число ОБ на первой стадии, на которые указывают все 5 паритета.
2. Число ОБ равняется 0.
3. Определяем число ОБ на первой стадии, на которые указывают 4 паритета.
4. Число ОБ равняется 0.
5. На третьей стадии встречаются шесть или восемь ОБ, на которые указывает только 1 паритет.

6. На третьей стадии возможен только один ОБ, на который указывают только 2 паритета.
7. Исправляемая ошибка не является двукратной.
8. Исправляемая ошибка является двукратной.
9. Число ОБ на первой стадии, на которые указывают 4 паритета равняется 1.
10. На второй стадии только один ОБ, на который указывают 4 паритета.
11. На третьей стадии четыре ОБ, на которые указывают только 1 паритет.
12. Число ОБ на первой стадии, на которые указывают 4 паритета равняется 2.
13. На второй стадии два ОБ, на которые указывают 4 паритета.
14. На третьей стадии нет ОБ, на которые указывают хотя бы 1 паритет.
15. Число Об на первой стадии, на которые указывают все 5 паритетов равняется 1.
16. Число Об на первой стадии, на которые указывают все 5 паритетов равняется 2.

Алгоритм определения кратности предлагается использовать для разработки адаптивного устройства кодирования (декодирования). Данное устройство благодаря описанному алгоритму позволяет рассчитывать коэффициент BER в режиме передачи реального трафика и в зависимости от рассчитанного качества канала, выбирать подходящий трехмерный код, изменяя при этом скорость кода и число избыточных символов, что влияет на целостность передаваемых данных.

1. Канаков В. А. Новые технологии измерения в цифровых каналах передачи информации: учеб.-методич. материал по программе повышения квалификации «Современные системы мобильной цифровой связи, проблемы помехозащищенности и защиты информации». Н. Нов-город: НГГУ им. Н. И. Лобачевского, 2006. 91 с.
2. Регистрация компьютерной программы MPD v.1.0: свидетельство о регистрации компьютерной программы № 510/ Д. М. Романенко, М. Ф. Виткова; заявитель Бел. гос. технолог. ун-т. – № С20130033; заявл. 04.04.2013; опубл. 23.05.2013.
3. Виткова М.Ф. Программное средство для изучения свойств многопороговых декодеров в системах передачи информации // Виткова М.Ф., Романенко Д.М. // Молодежный сборник научных статей "Научные стремления" (2012). Выпуск первый (№1) / ООО "Лаборатория интеллекта" и Совет молодых ученых Национальной академии наук Беларуси. Минск, Белорусская наука, 2012 – С. 121-124.
4. Pavel Urbanovich, Dmitriy Romanenko, Dmitry Shiman, Marina Vitkova/ MULTITHRESHOLD MAJORITY DECODING OF LDPC-CODES // Informatyka Automatyka Pomiaru, ISSN 2083-0157, R. 84, № 4a/2012. – Poland, Lublinie. – 2012. – P.22-24.