

ОСОБЕННОСТИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫХ КОДОВ

© 2018 Д. Ю. Жулябин, С. Е. Малявин, Д. А. Скροготунов

ОАО «Пигмент» (г. Тамбов, Россия)

Воронежский институт высоких технологий (г. Воронеж, Россия)

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж, Россия)

Статья посвящена анализу практической реализации помехоустойчивых кодов – код Хэмминга, коды произведения и код с проверкой на четность. Показано, как работает принцип работы буфера и как распределяется пакетная ошибка.

Ключевые слова: помехоустойчивое кодирование, управленческий контроль, формы и средства реализации управленческого контроля.

В данной работе мы рассмотрим практическую реализацию некоторых помехоустойчивых кодов [1, 8].

В качестве примеров возьмем код Хэмминга, коды произведения и код с проверкой на четность [5].

Для передачи сообщения сессия без ошибок нужно для начала закодировать его с помощью кода Хэмминга. В таблице 1 представлены буквы русского алфавита в бинарном представлении.

Длина информационного слова 16 бит, значит нужно поделить исходное сообщение на блоки по 16 бит, их кодировка будет происходить раздельно. В данном примере один символ занимает 8 бит, значит, что в одно слово будет помещаться два АСШ символа. Таким образом мы получили три бинарные строки по 16 бит, показанные в таблице 2

Затем данные три части кодируются параллельно друг другу. Кодирование произведено на основе первой части.

Для начала нужно добавить контрольные биты, которые становятся на места степеней двойки. В нашем случае – 1 2 4 8 16, показанные в таблице 3.

После добавления контрольных битов длина всего сообщения выросла на 5бит, также для наглядности контрольные биты выделены другим цветом и им присвоено значение 0, до вычисления.

Значение контрольного бита напрямую зависит от значений контролируемых его информационных бит, что наглядно продемонстрировано на рисунке 1.

Знаком X обозначаются биты, контролируемые контрольным битом, номер которого указан справа, например, бит под номером 7 контролируется битами с номерами 1, 2 и 4. Если разложить бит под номером 7 по степеням двойки, то можно узнать, какими битами он контролируется, к примеру $7=1+2+4$, $15=1+2+4+8$, $19=1+2+16$.

Для вычисления значения контрольного бита нужно посчитать количество единиц среди контролируемых им битов, если оно четное, то контрольный бит равен 0, в противном случае 1. Данная схема будет работать и при обратном значении контрольных бит, при четном равно 1 и при нечетном 0. Но в кодирующей и декодирующей частях алгоритм должен быть одинаковым.

В таблице 4 рассчитаны контрольные биты для каждого из трех блоков кодовых слов, на этом завершается первая часть алгоритма.

В качестве примера исправления единичной ошибки послужит первый закодированный блок сообщения, который пришел с ошибкой в 14 бите, который помечен красным цветом **101011100001101000101**.

Дальше нужно вычислить еще раз все контрольные биты и сравнить их с полученными, выходит **11111110001101000101**, из этого следует, что не совпадают 2, 4 и 8 биты, далее получаем номер ошибочного бита путем сложения изменившихся контрольных битов $2+4+8=14$. Осталось отбросить контрольные биты и инвертировать ошибочный, таким же способом находятся ошибки в других блоках кодового сообщения. Также у

Жулябин Дмитрий Юрьевич – ОАО «Пигмент», специалист, zhyuliab1t24d68p@yandex.ru.

Малявин Степан Евгеньевич – Воронежский институт высоких технологий, студент, zhyuliab1t24d68p@yandex.ru.
Скροготунов Дмитрий Александрович – Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», оператор научной роты, dima.skroqotunov@gmail.com.

этого метода есть большой минус, он позволяет найти только одиночную ошибку.

Существует еще один довольно простой код для обнаружения одиночных ошибок, это код с проверкой на четность, но этот код может лишь обнаружить одиночную ошибку, но не исправить ее.

Существует еще один довольно простой код для обнаружения одиночных ошибок, это код с проверкой на четность, но этот код может лишь обнаружить одиночную ошибку, но не исправить ее.

Таблица 1

Символ	ASCII код	Бинарное представление
с	241	11110001
е	229	11100101
с	241	11110001
с	241	11110001
и	232	11101000
я	255	11111111

Таблица 2

с	е
11110001	11100101

с	с
11110001	11110001

и	я
11101000	11111111

Таблица 3

с	е
001011100001	111000101

с	с
001011100001	111010001

и	я
001011001000	111011111

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1		
x		x		x		x		x		x		x		x		x		x		x	1
	x	x			x	x			x	x			x	x			x	x			2
			x	x	x	x					x	x	x	x					x	x	4
							x	x	x	x	x	x	x	x							8
															x	x	x	x	x	x	16

Рисунок 1. Значения, за которые отвечает контрольный бит.

Таблица 4

с	е
101011100001	111000101

с	с
111011100001	111010001

и	я
001111001000	111111111

Для реализации данного способа нужно приписать паритетный бит к пакету данных, который возникает при отправке данных, затем рассчитывается и сравнивается при получении данных. Паритетный бит равен сумме по модулю 2 всех бит в пакете, поэтому число единиц всегда будет четно. Если

ли этот бит изменился, значит, что возникла ошибка, к примеру, при передаче 11110001 суммируем единицы и делим на 2, получим 111100011, число бит стало четным. При одиночной ошибке число единиц изменится, и станет нечетным 111101011, но при возникновении не одиночной ошибки система

будет работать некорректно, и может возникнуть подобная ситуация: 111101111, в которой число единиц четное, и алгоритм не может определить возникновение ошибки.

В каналах связи [2-4] чаще одиночных возникают пакетные ошибки, в которых биты могут быть поражены сотнями или даже тысячами, помехоустойчивые коды не

справляются с такими ошибками [6, 7]. Для исправления таких ошибок используют коды-произведения, схема работы которых изображена на рисунке 2. Передаваемая информация кодируется два раза, на внешнем и внутреннем кодерах [9, 11, 12], так же между ними установлен буфер, работа которого продемонстрирована на рисунке 3.

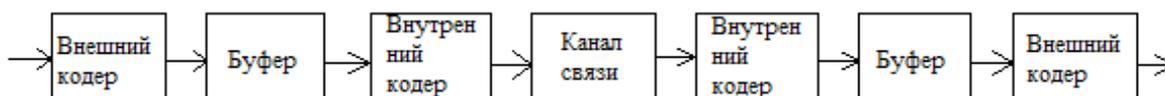


Рисунок 2. Принцип действия кода-произведения.

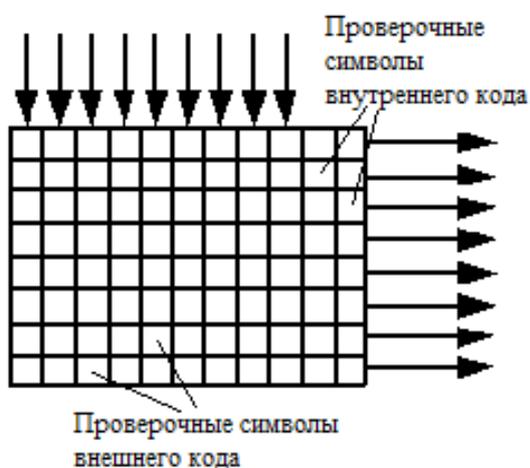


Рисунок 3. Принцип работы буфера.

Сначала информационные слова проходят через внешний помехоустойчивый кодер, где им присваиваются проверочные символы, которые добавляются в буфер по столбцам, а выводятся построчно. Данный процесс называется перемежением.

После выхода из буфера строки проходят через внутренний кодер, где им присваиваются проверочные символы. В таком виде информация передается по каналу связи. В данной схеме внешний и внутренний коды – это коды Хэмминга, каждый из которых имеет по 3 проверочных бита, из этого следует, что каждый может исправить по ошибке. На принимающей стороне такой же массив памяти, который принимает информацию построчно, и выводит по столбцам. Пакетная ошибка будет малыми порциями распределяться по кодовым столбцам, процесс изображен на рисунке 4, и в дальнейшем исправлена.

Если назначение внешнего кода – это исправление пакетных ошибок, то внутренний исправляет одиночную ошибку, например, возникшую в девятом столбце третьей строки. В кодовом слове, расположенном в

девятом столбце две ошибки, которую не может исправить внешний код, так как он рассчитан на исправление одиночной ошибки. Таким образом, данные сначала проходят через внутренний декодер, и только потом через внешний, где исправляется пакетные ошибки.

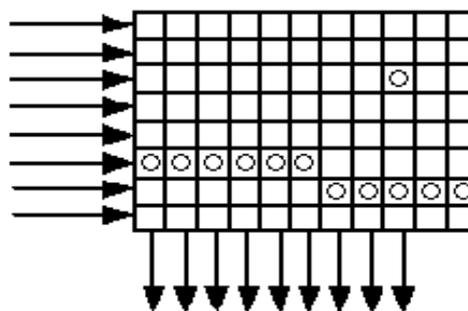


Рисунок 4. Распределение пакетной ошибки.

Использование данного типа кодировки при минимальной избыточности многократно увеличивает мощность помехоустойчивого кода.

Кодирование применяется во многих сферах и для многих целей, к примеру сжатия сообщения, криптографическое кодирование, с целью увеличения помехоустойчивости, сжатие информации без потерь или с помехами, уменьшение избыточности информации, декодирование информации или ее приблизительное восстановление, и многие другие.

Устранение естественной избыточности при кодировании источника, имеющей место в сообщении, во время кодирования в канале избыточность в сообщение вносится умышленно [10].

Код Ричарда Хэмминга, который обнаруживает и исправляет одиночные ошибки, используя при этом минимальное число проверочных бит.

Одна из самых актуальных проблем во время создания высокоскоростных цифро-

вых систем связи – это выбор помехоустойчивых кодов и методов кодирования – декодирования информации, необходимых для гарантированной передачи данных без возможности возникновения ошибок.

Разработка и применение методов комбинирования видов преобразования данных – это перспектива будущих информационных систем.

Выводы. Были проанализированы различные помехоустойчивые коды и показаны их перспективы применения на практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки / Р. Блейхут. – М.: Мир, 1986.

2. Головинов С. О. Разработка имитатора тракта передачи данных спутникового диапазона / С. О. Головинов, И. Я. Львович, А. П. Преображенский // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2009. – Т. 5. – № 4. – С. 214-217.

3. Гриняк В. М. Возможности позиционирования внутри помещений с помощью bluetooth устройств / В. М. Гриняк, А. С. Девятисильный, В. И. Люлько, П. А. Цыбанов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т. 6. – № 2 (21). – С. 132-143.

4. Казаков Е. Н. Разработка и программная реализации алгоритма оценки уровня сигнала в сети Wi-Fi / Е. Н. Казаков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1 (12). – С. 13.

5. Львович И. Я. Основы информатики / И. Я. Львович, Ю. П. Преображенский, В. В. Ермолова // Воронеж, Издательство: Воронежский институт высоких технологий (Воронеж). – 2014. – 339 с.

6. Lvovich I. Ya. The simulation of scattering the ultra-wideband signal on the complex

object / I. Ya. Lvovich, A. P. Preobrazhenskiy, O. N. Choporov, A. I. Nechaeva // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (КрыМиКо'2017). Материалы конференции: В 9 томах. – 2017. – С. 1587-1592.

7. Lvovich Y. The problems of estimation of characteristics in wi-fi communications / Y. Lvovich, A. Preobrazhenskiy, A. Kurotova // Current Issues of Science and Research in the Global World - Proceedings of the International Conference on Current Issues of Science and Research in the Global World 2015. – С. 281-284.

8. Lvovich I. Ya. Analysis of potential of error-correcting capabilities of codes / I. Ya. Lvovich, A. P. Preobrazhenskiy, O. N. Choporov // Life Science Journal. – 2013. – Т. 10. – № 4. – С. 830-834.

9. Преображенский А. П. Моделирование OFDM-модема для различных скоростей передачи информации / А. П. Преображенский, О. Н. Чопоров // International Journal of Advanced Studies. – 2017. – Т. 7. – № 4-3. – С. 93-100.

10. Орлова Д. Е. Устойчивость решений при обеспечении функционирования организационно-технических систем / Д. Е. Орлова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т. 6. – № 1 (20). – С. 325-336.

11. Поначугин А. В. Моделирование системы радиодоступа в мультисервисных сетях связи / А. В. Поначугин, И. В. Гусев // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т. 6. – № 1 (20). – С. 118-130.

12. Чопоров О. Н. Применение метода нейронных сетей при анализе сигналов сложной формы / О. Н. Чопоров, А. П. Преображенский // International Journal of Advanced Studies. – 2017. – Т. 7. – № 4-3. – С. 146-152.

THE FEATURES OF PRACTICAL IMPLEMENTATION OF ERROR-CORRECTING CODES

© 2018 D. Yu. Zhulyabin, S. E. Malyavin, D. A. Skrogotunov

JSC «Pigment» (Tambov, Russia)

Voronezh Institute of High Technologies (Voronezh, Russia)

Military Training and Research Center of the Air Force «Air Force Academy prof. N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin» (Voronezh, Russia)

The paper is devoted to the analysis of practical implementation of error-correcting codes-Hamming code, product codes and code with parity checking. It is shown how the buffer works and how the packet error is distributed.

Key words: noise-resistant coding, management control, forms and means of implementation of management control.