

Жаринов А.А., Астахов Д.Ю., Вечканов А.В. Обеспечение помехоустойчивой передачи данных по каналу с использованием кодов Рида-Соломона. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XVIII Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2018. – С. 100-103.

УДК 004.421

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО КАНАЛУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОДОВ РИДА–СОЛОМОНА

А.А. Жаринов, Д.Ю. Астахов, А.В. Вечканов

NOISE IMMUNITY DATA TRANSMISSION USING REED-SOLOMON CODES

A.A. Zharinov, D.Yu. Astakhov, A.V. Vechkanov

Аннотация. В статье описывается практическая реализация передачи данных с использованием кодов Рида–Соломона в качестве механизма коррекции ошибок, возникающих в каналах с помехами.

Ключевые слова: телекоммуникационные системы, помехоустойчивое кодирование, коды Рида–Соломона, передача данных, канал связи.

Abstract. The article describes the practice realization of data transmission using Reed-Solomon codes as error correction mechanism.

Keywords: telecommunication systems, error correction, Reed–Solomon codes, data transmission, communication.

Введение

На данном этапе развития технологий при обмене информацией широко используются различные системы цифровой связи. Они используют для передачи проводные и беспроводные каналы связи. Беспроводные каналы связи часто подвергаются различным помехам, в результате которых передаваемая информация может искажаться. Для повышения эффективности передачи данных в каналах связи с помехами используются средства помехоустойчивого кодирования. Одними из этих средств являются коды Боуза–Чоудхури–Хоквингема (БЧХ-код) – это широкий класс циклических кодов, применяемых для защиты информации от ошибок. Они позволяют исправлять ошибки в блоках данных. Частным случаем БЧХ-кодов является код Рида–Соломона [1]. Благодаря способности этого кода восстанавливать многократные ошибки его было решено использовать при разработке протокола передачи данных, который планируется внедрить в приложение для обмена информацией по радиоканалу.

Коды Рида–Соломона

Пусть α – элемент поля $GF(q)$ порядка n . Если α – примитивный элемент, то его порядок равен $q - 1$, то есть $\alpha^{q-1} = 1, \alpha^i \neq 1, 0 < i < q - 1$. Тогда нормированный полином $g(x)$ минимальной степени над полем $GF(q)$, корнями которого являются $d - 1$ подряд идущих степеней $\alpha^{l_0}, \alpha^{l_0+1}, \dots, \alpha^{l_0+1+d-2}$ элемента α , является порождающим полиномом кода Рида–Соломона над полем $GF(q)$:

$$g(x) = (x - \alpha^{l_0})(x - \alpha^{l_0+1}), \dots, (x - \alpha^{l_0+1+d-2}), \quad (1)$$

где l_0 – некоторое целое число (в том числе 0 и 1), с помощью которого иногда удается упростить кодер. Обычно полагается $l_0 = 1$. Степень многочлена $g(x)$ равна $d - 1$.

Длина полученного кода n , минимальное расстояние d (минимальное расстояние d -линейного кода является минимальным из всех расстояний Хемминга всех пар кодовых слов). Код содержит $r = d - 1 = \deg g(x)$ проверочных символов, где $\deg()$ обозначает степень полинома; число информационных символов $k = n - r = n - d + 1$. Таким образом, $d = n - k + 1$ и код Рида–Соломона является разделимым кодом с максимальным расстоянием (является оптимальным в смысле границы Синглтона) [2].

Кодовый полином $c(x)$ может быть получен из информационного полинома $m(x)$, $\deg m(x) \leq k - 1$, путем перемножения $m(x)$ и $g(x)$:

$$c(x) = m(x)g(x). \quad (2)$$

Практическая реализация

Код Рида–Соломона над $GF(q^m)$, исправляющий t ошибок, требует $2t$ проверочных символов и с его помощью исправляются произвольные ошибки длиной t и меньше. Согласно теореме о границе Рейгера, коды Рида–Соломона являются оптимальными с точки зрения соотношения длины пакета и возможности исправления ошибок – с использованием $2t$ дополнительных проверочных символов исправляется t ошибок (и менее).

Код Рида–Соломона является одним из наиболее мощных кодов, исправляющих многократные ошибки, применяется в каналах, где ошибки могут образовываться столь часто, что их уже нельзя исправлять с помощью кодов, вносящих исправления одиночных ошибок.

В нашем случае для передачи данных был применен пакет данных фиксированной длины, состоящий из заголовка, данных и контрольной суммы. Структура пакета изображена на рис. 1.



Рис. 1. Структура пакета

Общая длина пакета составляет 6 байт. После кодирования кодом Рида–Соломона размер пакета увеличивается до 32 байт.

Заголовок содержит:

1 бит окончания пакета данных, полученного канальным уровнем от транспортного;

1 бит признака наличия команды;

6 бит для указания последовательного номера пакета или для указания внутренней команды.

Таким образом, пакет содержит либо номер пакета, необходимый для восстановления правильной последовательности данных, либо номер команды, необходимой для внутренней работы протокола канального уровня.

Использование в пакете контрольной суммы размером 3 байта обусловлено практическими испытаниями, которые показали, что меньший размер не гарантирует целостности данных. При использовании пакета большей длины его размер после кодирования кодом Рида–Соломона сильно увеличится, что приведет к возник-

новению большего числа ошибок при передаче через канал с помехами. Характеристики кодера Рида–Соломона, используемого при кодировании пакета, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики используемого кодера Рида–Соломона

Количество битов для кодирования каждого символа	4
Количество символов четности	12
Полиномиальный коэффициент расширенного поля	19
Количество символов в блоке	15
Количество байтов в блоке	8
Количество полезных символов в блоке	3

Результат практических испытаний

Для тестирования данной структуры пакета было разработано программное обеспечение для передачи данных в условиях помех, которое подключалось к программному IP-серверу, генерирующему различное процентное содержание помех в канале передачи. Была произведена передача файла размером 37 Кбайта на скорости 19 200 бит/с. Результаты тестирования отражены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты практических испытаний

Помехи в канале связи, %	Полезная скорость передачи данных, бит/с	Общая скорость передачи данных, бит/с	Время передачи тестового файла, мин
0	480	7328	13
10	344	10680	14
20	264	8600	20
30	168	9416	28
40	16	2100	340

По результатам тестирования выявлено, что использование помехоустойчивого кодирования пакетов позволяет гарантированно доставлять информацию при помехах в канале связи, искажающих передаваемые данные на 40%.

Заключение

Применение разработанной структуры пакета данных, кодируемого с помощью кодов Рида–Соломона, позволяет осуществлять передачу информации в сетях, действующих в условиях значительных помех, приводящих к потере или искажению информации.

Библиографический список

1. Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки. М.: Мир, 1976.
2. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки. М.: Мир, 1986.

Жаринов Александр Александрович

АО «НПП «Рубин»,

г. Пенза, Россия

E-mail: zh92.pnz@gmail.com

Астахов Денис Юрьевич

АО «НПП «Рубин»,

г. Пенза, Россия

E-mail: astakhov1993@yandex.ru

Вечканов Андрей Викторович

АО «НПП «Рубин»,

г. Пенза, Россия

Zharinov A.A.

SC «SIE «Rubin»,

Penza, Russia

Astakhov D.Yu.

SC «SIE «Rubin»,

Penza, Russia

Vechkanov A.V.

SC «SIE «Rubin»,

Penza, Russia