

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ПЕРЕДАВАЕМЫХ ДАННЫХ

Н.Н. Ляпа, канд. техн. наук, доцент;

В.Н. Лысенко, канд. техн. наук, доцент

Сумский государственный университет, г. Сумы

В статье анализируются методы повышения достоверности передаваемых данных, исследуются исправляющие способности некоторых помехоустойчивых кодов, рассматриваются возможности применения кодов, исправляющих групповые ошибки.

У статті аналізуються методи підвищення вірогідності переданих даних, досліджуються виправляючі здібності деяких перешкодостійких кодів, розглядаються можливості застосування кодів, виправляючих групові помилки,

ВВЕДЕНИЕ

Развитие информационно-телекоммуникационных сетей (ИТС) тесно связано с повышением достоверности передачи данных. Решение этой проблемы за счет повышения энергетических ресурсов системы практически себя исчерпало. Одно из направлений, которое получило мировое развитие, связывают с разработкой теории и практики построения избыточных кодов.

В этой отрасли науки получены фундаментальные теоретические результаты, разработаны и внедрены практические методы кодирования помехоустойчивых кодов.

Целью статьи является проведение анализа методов повышения достоверности передаваемых данных в ИТС.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА

Задача повышения достоверности передаваемых данных в ИТС решается путем применения специальных методов, их общая классификация представлена на рис.1.

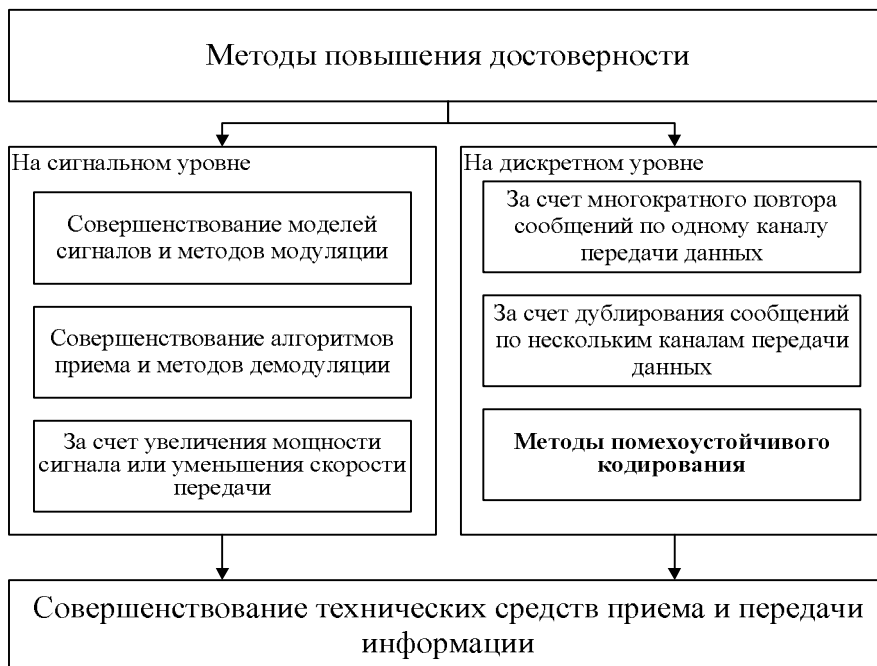


Рисунок 1 - Методы повышения достоверности

При невысоких требованиях к скорости и достоверности передачи данных необходимые показатели достигаются выбором вида модуляции – демодуляции, информационная скорость и скорость передачи символов сигнала в канале одинаковые. Эта скорость определяется источником сообщений. В таких системах вероятность ошибки может быть уменьшена только за счет увеличения мощности сигнала или уменьшения скорости передачи.

При повышенных требованиях к скорости и достоверности переданной информации необходимые показатели достигаются применением специальных средств защиты информации от ошибок. Одним из наиболее эффективных средств защиты передаваемых данных от возникающих ошибок являются методы помехоустойчивого кодирования, суть которого состоит во внесении по определенному алгоритму в передаваемые данные избыточности (проверочной части).

Развитие теории помехоустойчивого кодирования началось с публикаций известного ученого Клода Шеннона [17], в которых показано, что если требуемая от системы связи скорость передачи информации R меньше пропускной способности C , то, используя коды, контролирующие ошибки, можно построить такую систему связи, что вероятность ошибки на выходе будет сколь угодно мала. Практически это означает, что построение слишком хороших каналов (на сигнальном уровне) экономически менее выгодно, чем использование помехоустойчивого кодирования. Последнее утверждение явилось мощным толчком для развития теории кодов, контролирующих ошибки [1,3-6,8,10,12,16].

По своей структуре все помехоустойчивые коды делятся на линейные и нелинейные. На рис. 2. схематично изображена классификация наиболее известных методов помехоустойчивого кодирования. Их развитие шло по двум основным направлениям. Первое направление носило вероятностный характер и привело к появлению неблочковых кодов бесконечной длины, которые можно описать деревом и декодировать с помощью алгоритмов поиска по дереву.

Наибольшее распространение среди древовидных методов получило сверточное кодирование. Эти коды, принадлежащие к подклассу линейных непрерывных кодов, можно генерировать с помощью цепей линейных регистров сдвига.

Второе направление в развитии теории кодов, контролирующих ошибки, базируется на алгебраических методах и преимущественно оперирует блоковыми кодами. Наибольшее распространение среди блоковых кодов нашли коды с проверкой на четность, с повторением символов, равновесные коды, коды Хемминга, коды Рида-Малера и, наиболее обширный класс кодов, циклические коды. К последнему классу принадлежат коды Боуза-Чоудхури-Хоквингема и коды Рида-Соломона, получившие наибольшее распространение в ИТС. Наиболее полно основы алгебраической теории кодов изложены в монографиях [1,4,5,6,10,12,16].

Использование избыточных кодов для повышения достоверности передаваемых данных требует от проектировщика учета различных факторов: распределение ошибок в канале связи; допустимая вероятность ошибок кодовой последовательности; обеспечение заданной скорости передачи информации; сложность алгоритмов кодирующих и декодирующих устройств. Одним из основных факторов, влияющих на окончательный выбор кода, является характер распределения ошибок в канале связи.

В табл. 1. приведены некоторые блоковые коды и их корректирующие способности.

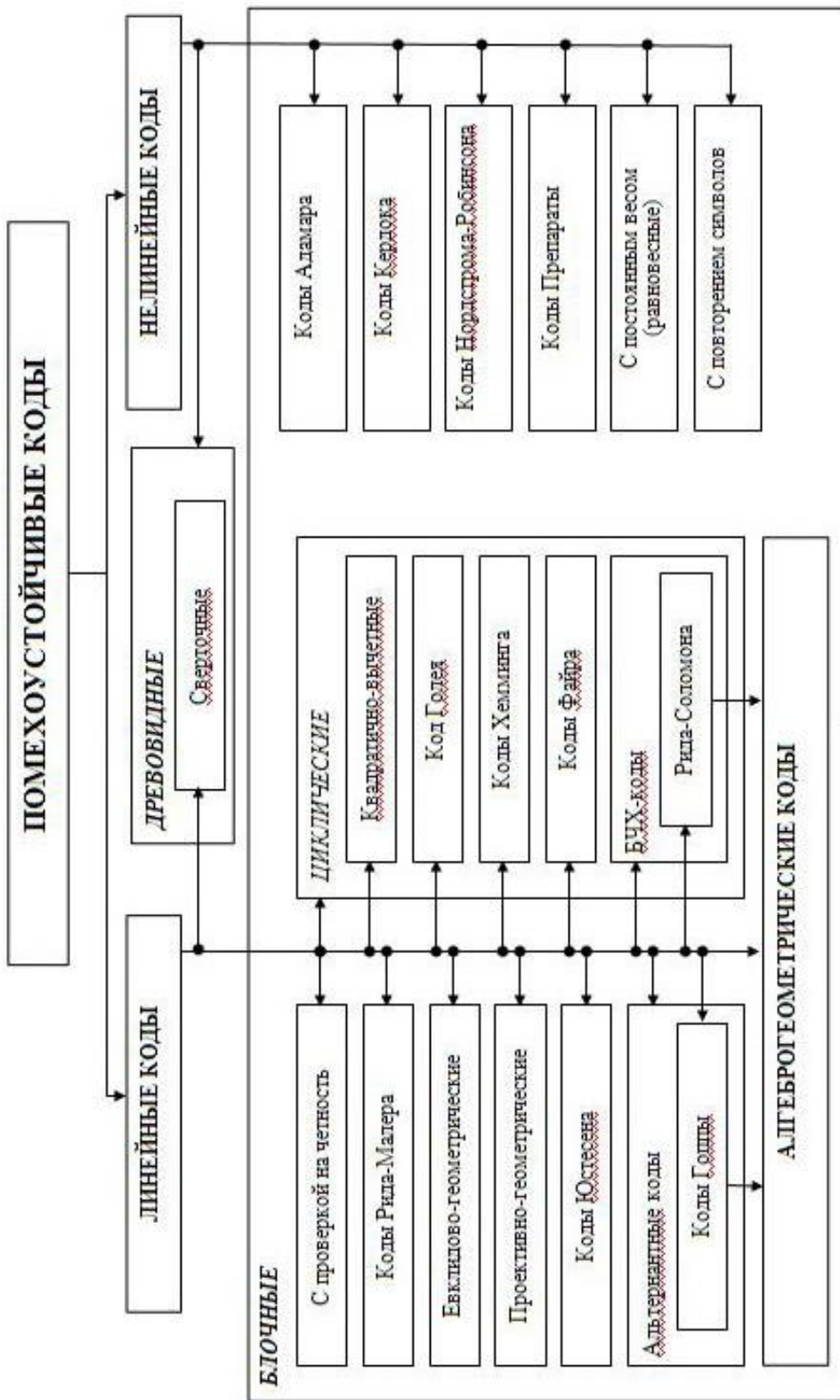


Рисунок 2 – Классификация методов помехоустойчивого кодирования

Таблица 1 - Исправляющая способность некоторых помехоустойчивых кодов

Код	Ошибки			
	Независимые		Групповые	
	Обнаружение	Исправление	Обнаружение	Исправление
С проверкой на четность	+			
С повторением символов	+			
С постоянным весом (равновесные)	+			
Коды Рида-Малера	+	+		
Коды Хемминга	+	+		
Код Голея	+	+		
Коды Файра			+	+
БЧХ	+	+	+	
Коды Гоппы	+	+	+	
Рида-Соломона	+	+	+	+
Алгеброгеометрические коды	+	+	+	+

Из таблицы видно, что большинство избыточных кодов исправляет только независимые ошибки. Лишь небольшая группа кодов позволяет исправлять пакеты ошибок [2-4,6,8,9,13-15].

Детальное исследование статистических свойств последовательностей ошибок в реальных каналах связи [1-3,8,10,12] показало, что ошибки являются зависимыми и обладают тенденцией к группированию (пакетированию), т.е. между ними существует определенная зависимость – корреляция. Большую часть времени информация проходит по каналам связи без искажений, а в отдельные моменты времени возникают сгущения ошибок, так называемые пакеты (пачки, группы) ошибок, внутри которых вероятность ошибки оказывается значительно выше средней вероятности ошибок, вычисленной для значительного времени передачи. В таких условиях способы защиты, оптимальные для гипотезы независимых ошибок, оказываются неэффективными при использовании их в реальных каналах связи.

Проведенный анализ показал (см. табл. 2), что подавляющее большинство телефонных каналов (каналов ТЧ), кабельных линий связи, радиорелейный и тропосферных линий и КВ-радиоканалов передачи данных подвержены группированию ошибок [8].

Показатель α характеризует степень группирования ошибок в реальном канале. Для канала с независимыми ошибками показатель $\alpha = 0$; для гипотетического канала, когда все ошибки сосредоточены в одной группе показатель $\alpha = 1$. Путем аппроксимации экспериментальных данных статистической вероятности появления искаженных блоков получена зависимость $P_{ош} = n^{1-\alpha} \cdot P_o$. Для модели канала, заданной с помощью двух параметров P_o и α можно определить характеристики каналов связи, представляющие интерес с точки зрения выбора параметров помехоустойчивых кодов. Вероятность искажения кодовой комбинации $\geq t$ ошибками можно получить по приближенной

формуле, полученной путем аппроксимации статистических исследований [8] возникающих ошибок в реальных каналах связи

$$P(\geq m, n) \approx \left(\frac{n}{m}\right)^{1-\alpha} P_0.$$

Таблица 2 - Результаты испытаний некоторых каналов по частоте ошибок и средней асимметрии

Тип канала	Вид модуляции	Число переприемников по НЧ / мощность передатчика	Средняя частота ошибок	Показатель группирования ошибок α	Степень средней асимметрии
Кабельный телефонный выделенный	ОФМ	1	$2,82 \cdot 10^{-4}$	0,770	-0,296
Кабельный телефонный выделенный	ОФМ	5	$1,29 \cdot 10^{-4}$	0,510	-1
Кабельный телефонный коммутируемый	ОФМ	5	$5,20 \cdot 10^{-3}$	0,710	+0,114
Радиорелейный телефонный	ОФМ	3	$2,66 \cdot 10^{-4}$	0,606	-0,520
Радиорелейный телефонный	ЧМ	3	$7,03 \cdot 10^{-4}$	0,545	-0,240
Тропосферный телефонный	ОФМ	-	$7,30 \cdot 10^{-4}$	0,439	+0,033
Тропосферный телефонный	ЧМ	-	$7,05 \cdot 10^{-4}$	0,449	-0,020
КВ-радиоканал передачи данных	ЧМ	20 кВт	$2,85 \cdot 10^{-4}$	0,373	-0,544
КВ-радиоканал передачи данных	ЧМ	5 кВт	$5,85 \cdot 10^{-3}$	0,320	+0,232
КВ-радиоканал передачи данных	ЧМ	1 кВт	$1,64 \cdot 10^{-2}$	0,550	-0,141

Как следует из табл.2, КВ-радиоканалы и проводные каналы передачи данных, подвержены значительному группированию ошибок $\alpha = 0,3 - 0,7$ при незначительной средней асимметрии. Таким образом, как показал проведенный анализ, эффективным средством повышения достоверности передаваемых данных в ИТС могут быть только те коды, которые помимо независимых ошибок позволяют обнаруживать и исправлять сложные пакеты ошибок. К их числу относятся двоичные коды БЧХ, в том числе двоичные коды Гоппы и коды Рида-Соломона. Одним из перспективных направлений в развитии теории помехоустойчивого кодирования являются методы алгеброгеометрического кодирования которые обобщают (содержат как подкласс) коды Рида-Соломона.

Алгеброгеометрические коды как линейные системы, построенные по точкам алгебраических кривых, впервые были предложены в работах Гоппы В.Д. [7]. Как видно из рис.2 они принадлежат подклассу

линейных блоковых кодов и являются обобщением хорошо известных кодов Рида-Соломона и кодов Гоппы. Основное достоинство методов алгеброгеометрического кодирования состоит в построении длинных не двоичных блоковых кодов, обладающих хорошими асимптотическими свойствами [10,12,16]. Основной трудностью для их практического использования является высокая сложность известных методов кодирования и декодирования, что приводит к снижению оперативности обработки данных в ИТС.

ВЫВОДЫ

Проведенный в статье анализ методов повышения достоверности передаваемых данных в ИТС позволяет ознакомиться с существующими методами.

Показана возможность применения помехоустойчивого кодирования, как наиболее перспективного направления для повышения достоверности передачи данных. Рассмотрены различные направления в развитии теории кодов. Проанализированы возможности избыточных кодов по исправлению ошибок. Показаны тенденции в возникновении группирующихся ошибок в разных каналах связи.

Проведенный анализ методов повышения достоверности передаваемых данных позволяет сделать вывод о целесообразности применения алгеброгеометрического кодирования как одного из наиболее эффективных методов по обнаружению и исправлению группирующихся ошибок в каналах передачи данных.

SUMMARY

THE RELIABILITY ANALYSIS OF TRANSMISSION METHODS

N.N. Lyapa, V.N. Lysenko
Sumy State University

Рассмотрены методы повышения достоверности передаваемых данных. Целесообразно использовать для этого алгеброгеометрическое кодирование как одно из наиболее эффективных методов по обнаружению ошибок в канале передачи данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлекэмп Э.Р. Алгебраическая теория кодирования: Пер. с англ. - М.: Мир, 1971. - 477 с.
2. Бернард Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. - М.: Вильямс, 2003. - 1104 с.
3. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки: Пер. с англ. - М.: Мир, 1986. - 576 с.
4. Блох Э.Л., Попов О.В., Турин В.Я. Модели источника ошибок в каналах передачи цифровой информации. - М.: Связь, 1971. - 312 с.
5. Витерби А.Д., Омура Дж. К. Принципы цифровой связи и кодирования: Пер. с англ./Под ред. К.Ш. Зигангирова. - М.: Радио и связь, 1982. - 535 с.
6. Габидулин Э.М., Афанасьев В.Б. Кодирование в радиоэлектронике. - М.: Радио и связь, 1986. - 176 с.
7. Гоппа В.Д. Коды на алгебраических кривых // Докл. АН СССР. - 1981. - Т.259. № 6. - С. 1289-1290.
8. Ключко В.И. Защита информации от ошибок в АСУ. - МО СССР, 1980. - 256 с.
9. Коломієць В.Ф. Міжнародні інформаційні системи: - К., 2001. - 320 с.
10. Мак-Вильямс Ф.Дж., Слоэн Н.Дж.А. Теория кодов, исправляющих ошибки.- М.: Связь, 1979. - 744 с.
11. Петров М. Информационные системы. - СПб.: ИД Питер, 2001. - 688 с.
12. Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки: Пер. с англ. / Под ред. Р.Л. Добрушина и С.И. Самойленко. - М.: Мир, 1976. - 576 с.
13. Пономаренко В.С. Проектування інформаційних систем. - К.: ВЦ Академія, 2002. - 496 с.
14. Пятибратов А.П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. - М., 2003. - 512 с.
15. Столлингс В. Компьютерные системы передачи данных. - М.: Вильямс, 2002. - 928 с.
16. Теория кодирования: Пер. с япон./ Т. Касами, Н. Токура, Е. Ивадари, Я. Инагаки /Под ред. Б.С. Цыбакова и С.И. Гельфанда. - М.: Мир, 1978. - 576 с.
17. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. - М.: ИЛ. - 1963. - 829 с.

Поступила в редакцию 23 апреля 2009 г.