

УДК 21474

**М.В. Шиганова**

студент,  
факультет естественных,  
математических и компьютерных наук,  
ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный  
педагогический университет имени Козьмы Минина»

**А.В. Поначугин**

канд. экон. наук, доцент,  
кафедра «Прикладная информатика  
и информационные технологии в образовании»,  
ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный  
педагогический университет имени Козьмы Минина»

## МЕТОДЫ ОБХОДА ИСКАЖЕНИЙ В БЕСПРОВОДНЫХ КАНАЛАХ СВЯЗИ

**Аннотация.** В данной работе рассмотрены основные типы помех и методы их обхода. Любой канал связи не идеален и чисто физически не может передавать сигнал на 100%. Основным фактором, влияющим на качество связи, являются помехи и искажения.

**Ключевые слова:** радиосвязь, помехи, ISOAFH.

**M.V. Shiganova, Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University**

**A.V. Ponachugin, Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University**

### WORKAROUNDS DISTORTION IN WIRELESS COMMUNICATION CHANNELS

**Abstract.** In this work considered the basic types of interference and their workarounds. Any channel is not perfect and physically can't transmit a signal to the 100%. The main factor influencing the quality of communication, are interference and distortion.

**Keywords:** radio, interference, ISOAFH.

Канал связи – это элемент канала передачи данных, представляющий собой систему технических средств и сама среду распространения сигналов для односторонней передачи информации от источника к приемнику.

Выделяют большое количество разновидностей беспроводных связей, но чаще всего используют разделение на проводные каналы связи и каналы радиосвязи. Каждая из этих разновидностей имеет подтипы, характеризующиеся на основе характеристик входных и выходных сигналов [1; 2].

Каналы радиосвязи представляют собой беспроводную связь, при использовании которой нужно учитывать большое количество факторов помех и других искажений, аддитивных и мультипликативных. Самым главным условием настройки беспроводной связи является правильная установка точек доступа.

Организация беспроводной связи обязательно должна учитывать особенности окружающей среды. На дальность и качество работы связи сильно влияют физические преграды, расположенные на пути движения сигнала. Также на дальность сигнала влияют радиочастотные помехи от различных электроприборов. Существуют базовые принципы настройки беспроводной связи:

- число стен и других преград между приемником и источником должно быть сокращено до минимума, так как в зависимости от типа преграды, она может отнимать от максимального радиуса от 1 м до 25 м пути сигнала;
- также важным фактором является угол расположения и материал преграды. Например, при низком значении угла между источником и приемником стена может проходить почти вдоль линии распространения радиосигнала, что сильно ухудшит прием. Помимо этого, на прием влияет материал преграды, поэтому нужно стараться не располагать на пути следования

сигнала металлические двери или алюминиевые облицовки;

- антенну нужно позиционировать на лучший прием с помощью программного обеспечения, если такая возможность доступна;
- все генерирующие помехи электроприборы, такие как электромоторы, мониторы и микроволновые печи, желательно отдалять от линии прохождения радиосигнала не менее чем на два метра;
- желательно исключить из использования беспроводные устройства стандарта 2,4 ГГц или оборудование X-10 [2–4].

Сигнал в канале связи при передаче всегда имеет некоторое искажение, причиной которого являются искажения самого канала и внешние помехи. Линейные искажения самого канала определяются временными и частотными характеристиками. Также канал может вносить нелинейные искажения. Если вызывающие искажения характеристики канала известны, то существует возможность коррекции этих искажений.

Внешние помехи же имеют случайный характер и не могут быть устранены на 100%. Помехой является любое внешнее воздействие, затрудняющее прием полезного сигнала. Существует много классификаций помех, например, по природе или по физическим свойствам. Атмосферные помехи в наибольшей степени влияют на радиоканал, так как их энергия сосредоточена в области средних и длинных волн. Также важно учитывать промышленные помехи, которые возникают из-за изменений тока в городских электрических цепях, и помехи от посторонних источников радиосигнала, нарушающих стандарты передачи данных. В проводных каналах связи основным видом помех являются прерывания связи и импульсные шумы.

Наиболее изученной является флуктуационная помеха, которая представляет собой случайный процесс с гауссовым распределением, присутствующий почти во всех каналах связи. Также глубокому анализу подвержены импульсные помехи [5–7]

Проблема аддитивных и мультипликативных искажений традиционно решается использованием исправляющих ошибки кодов и построенных на их основе сигнально-кодовых конструкций.

Основой сигнально-кодовых конструкций являются операции отображения информационной последовательности в виде кодовой за счет внесения избыточности и задания манипуляционного кода. Эффективность сигнала повышается за счет помехоустойчивого кодирования. Выигрыш при этом зависит от увеличения минимального расстояния между кодовыми блоками.

Сигнально-кодовые конструкции разделяют по способам кодирования и согласования модуляции, по типам ансамблей сигналов и по типам помехоустойчивого кода. По помехоустойчивому коду разделяют сигнально-кодовые конструкции на основе непрерывных кодов и на основе блочных кодов. Также в отдельный класс выделяют сигнально-кодовые конструкции на основе каскадных кодов, объединяющие два предыдущих метода.

По конкретным видам кода каждый класс делится на группы. Среди блочных часто употребляются коды Голея, Хэмминга, Рида–Маллера, Рида–Соломона и БЧХ. Непрерывные коды употребляются сверхточными кодами.

Любая сигнально-кодовая конструкция вне зависимости от способа кодирования и согласования модуляции является каскадным кодом с ансамблем сигналов на внутренней ступени и одним или несколькими помехоустойчивыми кодами на внешней. При использовании нескольких помехоустойчивых кодов говорят о построении сигнально-кодовой конструкции на основе обобщенного каскадного кода. По типу ансамблей сигналов сигнально-кодовые конструкции делятся на конструкции с многомерными, двумерными и одномерными сигналами.

Способы кодирования и согласования модуляции условно разделяют на две группы: согласование на основе разбиения ансамбля на вложенные подансамбли и согласование кодом Грея.

Сигнально-кодовые конструкции, основанные на коде Грея, представляют собой результат согласования известных двоичных помехоустойчивых кодов с многопозиционным ансамблем

лем сигналов путем использования манипуляционного кода Грея. Так как ошибки происходят за счет переходов в области соседних сигналов, то соответствующие соседним сигналам кодовые блоки должны различаться наименьшим числом двоичных символов.

Группа с разбиением включает в себя достаточно большое число типов конструкций, которые различаются модификациями методов согласования. Разбиение осуществляется так, что подансамбли содержат равное количество сигналов, расстояния между соседними сигналами подансамблей одинаковы, а минимальные расстояния между сигналами подансамблей увеличиваются с каждым шагом разбиения [7; 9].

Сегодня в продаже существует большое количество разнообразных компьютерных систем, разных по стоимости и по набору выполняемых ими функций [10].

На сегодняшний день большинство систем работают в условиях сравнительно небольших искажений, но растет число сценариев, при которых передаваемый сигнал испытывает влияние интенсивных аддитивных помех. В качестве примеров можно привести системы, в которых необходимо обеспечивать сосуществование различных беспроводных сервисов:

- ISOAFH (Interference Source Oriented Adaptive Frequency Hopping, Адаптивный частотный скачок, ориентированный на источник помех);
- динамический алгоритм планирования разделения диапазона частот 2,4 ГГц между Bluetooth и IEEE 802.11;
- алгоритмы EAFH (Enhanced Adaptive Frequency Algorithm, Алгоритм оптимизации частотной адаптации) and SAFH (Smooth Adaptive Frequency Algorithm, Алгоритм сглаживания частотной адаптации).

Также популярными стали системы, работающие в условиях подавления полезного сигнала [4].

Но каждый из рассмотренных выше методов имеет определенные ограничения эффективности. Например, в алгоритмах EAFH and SAFH исследуются методы минимизации влияния помех за счет исследования состояния канала, требующие сравнительно сложных протоколов, увеличивающие расходы и обеспечивающие приемлемое качество связи только до определенного уровня помех.

Для предотвращения искажений сигнала от помех высокой интенсивности используются методы робастного приема. В качестве примеров таких методов можно привести:

- оптимальный выбор порога частотного скачка в OFDMA системах;
- статистическое упорядочивание декодирования полу-ортогональных линейных кодов блоков в случайном гауссовом канале;
- новая кодировка модуляции частотного скачка для OFDMA систем;
- использование надежного детектора уменьшенной сложности в DSA FH OFDMA системах при смешанных помехах в каналах связи множественного доступа .

В моделях имеется возможность использования кодов для исправления дефектов, наиболее популярной является конструкция Кауца-Синглтона. Алгоритм работы кода можно показать на примере двоичной матрицы  $A$ , состоящей из  $M$  строк и  $N$  столбцов. Будем называть такую матрицу согласованной с  $t$  дефектами и обозначать через  $A(t, N, M)$ , если подматрица, составленная из любых различных  $t$  столбцов  $A$ , содержит в своих строках все  $2^t$  двоичных векторов длины  $t$ . Матрица  $A(t, N, M)$  называется  $(N, t)$ -тестом, а число  $M = M(t, N)$  строк такой матрицы - объемом  $t$ -теста длины  $N$ .

Матрица  $A(t, N, M)$  является аддитивным кодом длины  $N$  с исправлением  $t$  дефектов, если содержит подматрицу из  $g$  столбцов, все строки которой различны. Такая подматрица называется контрольной. Наличие  $g$  столбцов контрольной подматрицы в матрице, согласованной с  $t$  дефектами, обозначается  $A(t, N, M)$ . Величину  $g = g(t, N)$  называют избыточностью аддитивного кода длины  $N$ , исправляющего  $t$  дефектов.

Целью данных исследований является развитие приемов и методов детектирования с целью создания сигнально-кодовых конструкций устойчивых к интенсивным аддитивным помехам.

Однако отечественная телекоммуникационная отрасль нуждается в собственных разработках. Одним из вопросов является вопрос импортозамещения [11].

**Список литературы:**

1. Зюко А.Г. Теория электрической связи / А.Г. Зюко, Д.Д. Кловский, В.И. Коржик, М.В. Назаров. – М.: Радио и связь, 1999. – 432 с.
2. Proakis J. Digital Communications / J. Proakis, M. Salehi. – McGraw-Hill, 2007.
3. Proakis J.G. Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications / J.G. Proakis, D.G. Manolakis. – Prentice Hall, 2007.
4. Кудряшов Б.Д. Теория информации: учебник для вузов / Б.Д. Кудряшов. – СПб.: Питер, 2009.
5. Мазор Ю.Л. Радиотехника / Ю.Л. Мазор, Е.А. Мачусский, В.И. Правда. – М.: Додэка-XXI, 2002. – 944 с.
6. Poisel R.A. Modern Communications Jamming. Principles and techniques / R.A. Poisel. – Artech House, 2011. – 895 p.
7. Кормен Т.Х. Алгоритмы: построение и анализ / Т.Х. Кормен, Ч.И. Лейзерсон, Р.Л. Ривест, К. Штайн. – М.: Вильямс, 2013.
8. Krouk E. Modulation and Coding Techniques in Wireless Communications / E. Krouk, S. Semenov; John Wiley & Sons. – Chichester, UK, 2011.
9. Васильев К.К. Теория электрической связи: учебное пособие / К.К. Васильев, В.А. Глушков, А.В. Дормидонтов, А.Г. Нестеренко. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 452 с.
10. Поначугин А.В. Создание и перспективы открытых аппаратно-программных систем сетевого управления технологическими процессами // Информационные технологии в организации единого образовательного пространства: сб. ст. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, студентов, аспирантов, соискателей и специалистов / Каф. приклад. информатики и информ. технологий в образовании. – Нижний Новгород, 2015. С. 75–79.
11. Поначугин А.В. Современные компьютерные сети в России // Наука сегодня: сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.-практ. конф.: в 4 ч. – Научный центр «Диспут», 2015. – С. 58-59.