

АНАЛИЗ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ КАНАЛА СВЯЗИ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

К. Р. Романова, Ю. А. Полевода

Статья посвящена анализу помехоустойчивости канала связи с применением сигналов с квадратурной амплитудной и фазовой манипуляцией в присутствии белого шума при передаче фотоизображения. Рассмотрен алгоритм работы программного кода в среде математического моделирования. Получены графики зависимости вероятности битовой ошибки от отношения сигнал/шум.

Ключевые слова: цифровая обработка сигналов, цифровые виды манипуляции, квадратурная амплитудная манипуляция, фазовая манипуляция, программная обработка, помехоустойчивость.

Введение

В современном мире передача изображений является одним из основных способов коммуникации. Однако при передаче изображений через канал связи возникают различные помехи, которые могут исказить передаваемую информацию. В связи с чем обеспечение помехоустойчивости канала связи при передаче изображений является важной задачей.

Фазовая манипуляция (ФМн) является одним из методов манипуляции сигнала, который может обеспечивать некоторую степень помехозащищенности. При использовании ФМн, информация кодируется изменением фазы несущего сигнала в зависимости от передаваемых данных. Одним из преимуществ ФМн является его устойчивость к амплитудным помехам, так как изменения амплитуды сигнала могут быть более легко фильтрованы или компенсированы. Это делает сигналы с ФМн более устойчивыми к шумам и помехам, особенно в условиях низкого соотношения сигнал/шум.

Скорость передачи данных – ещё одна важная проблема, помимо защиты сигналов от помех. Например, для повышения скорости передачи используют квадратурную амплитудную манипуляцию (КАМ). Этот метод применяется в спутниковых системах радиосвязи для передачи данных и голосовых сообщений, а также в беспроводных системах связи, таких как мобильные телефоны и беспроводные сети, и в проводных системах связи, например, в цифровых линиях передачи данных.

В середине 90-х годов были определены основные принципы стандартов: DVB-C для кабельного телевидения, DVB-S для спутникового вещания и DVB-T для наземного эфирного телевидения. В стандарте DVB-S используется основная фазовая манипуляция 4-ФМн, но также применяется 16-КАМ. В стандарте DVB-S2 предусмотрены виды манипуляции 4-ФМн, 8-ФМн, 16-APSK и 32-APSK (16- и 32-позиционная амплитудно-фазовая манипуляция). В DVB-T возможно использование трёх видов манипуляций несущих в подканалах: 4-ФМн, 16-КАМ и 64-КАМ. Для DVB-C, в зависимости от затухания сигналов, в конкретной кабельной сети выбирается один из пяти видов КАМ: 16-КАМ, 32-КАМ, 64-КАМ, 128-КАМ или 256-КАМ.

Моделирование канала связи

Основным этапом экспериментальной части стала разработка программы в программной среде математического моделирования Matlab для анализа помехо-

устойчивости канала связи при передаче изображений. На рис. 1 представлена блок-схема работы программы.

Изображение, взятое за основу исследования, приведено на рис. 2.

На рис. 3 – 6, приведены промежуточные результаты изображений для сигналов с КАМ и ФМн при различных значениях отношения сигнал/шум (ОСШ). Можем наблюдать, что сигналы с манипуляцией более высокого порядка значительно менее устойчивы к помехам.



Рис. 1. Схема работы программы



Рис. 2. Исходное изображение

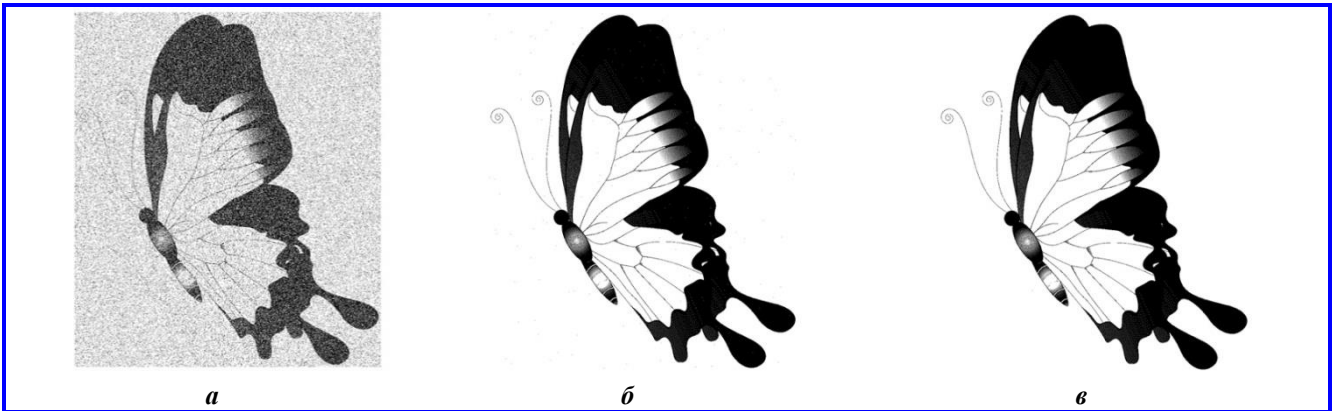


Рис. 3. Изображение при 4-КАМ для отношения сигнал/шум: $a - 1$ дБ; $b - 11$ дБ; $v - 13$ дБ

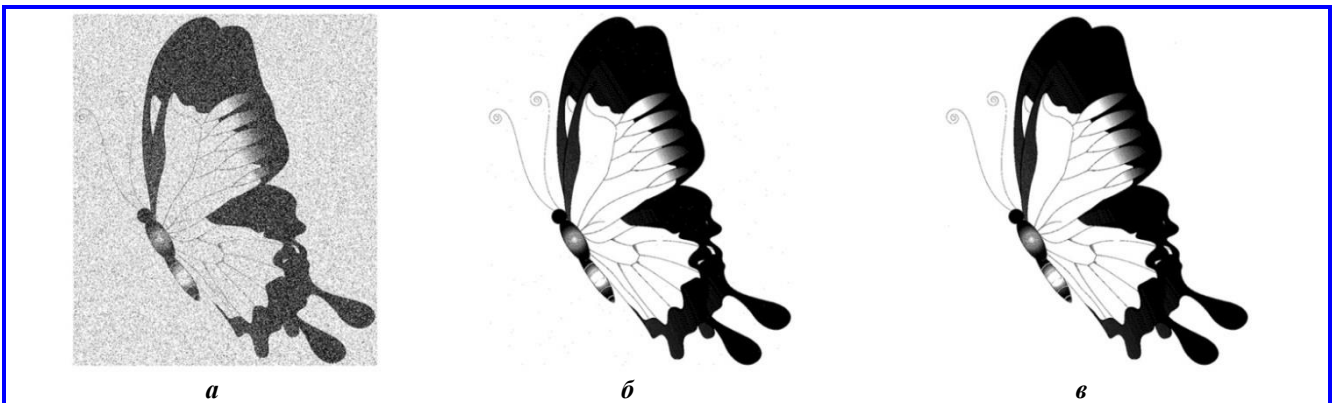


Рис. 4. Изображение при 4-ФМн для отношения сигнал/шум: $a - 1$ дБ; $b - 11$ дБ; $v - 13$ дБ

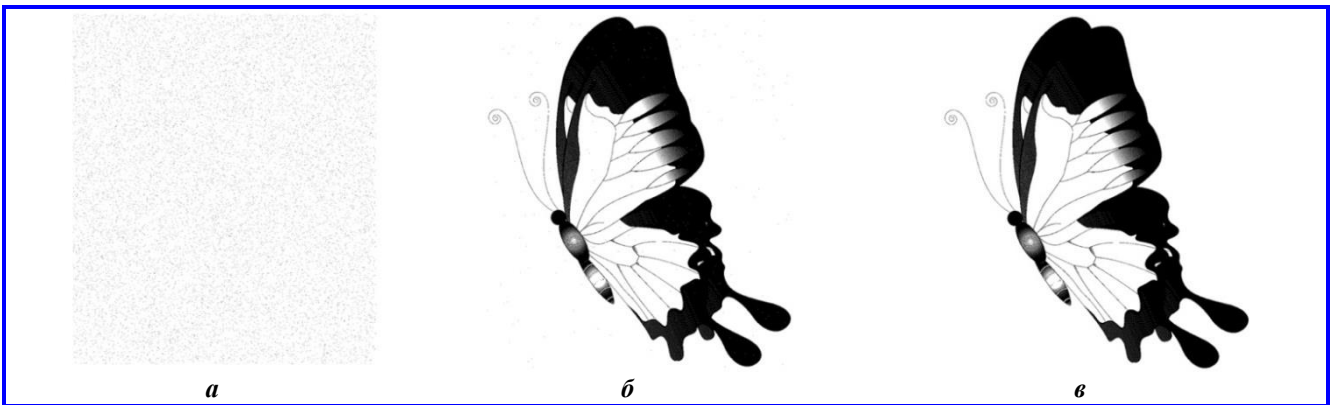


Рис. 5. Изображение при 128-КАМ для отношения сигнал/шум: $a - 1$ дБ; $b - 30$ дБ; $v - 40$ дБ

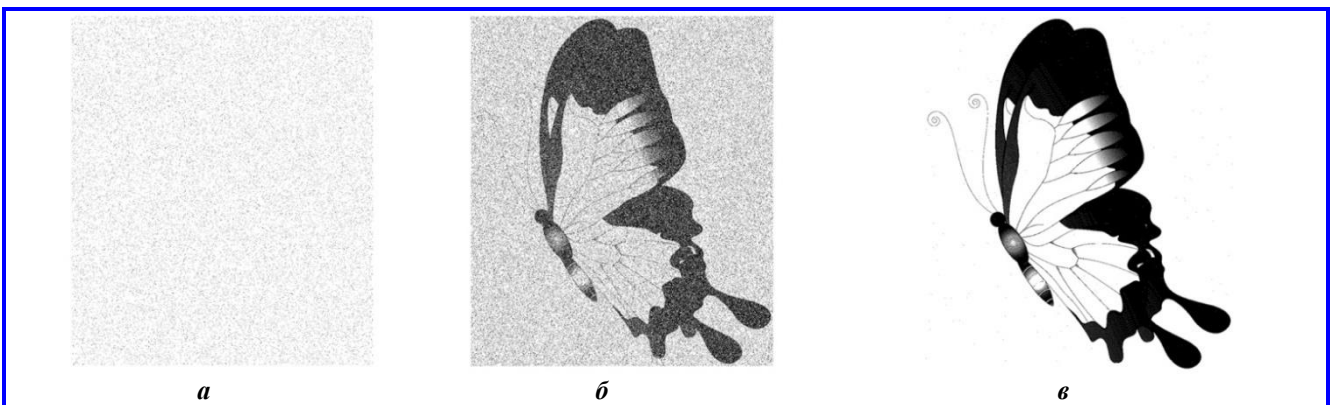


Рис. 6. Изображение при 128-ФМн для отношения сигнал/шум: $a - 1$ дБ; $b - 30$ дБ; $v - 40$ дБ

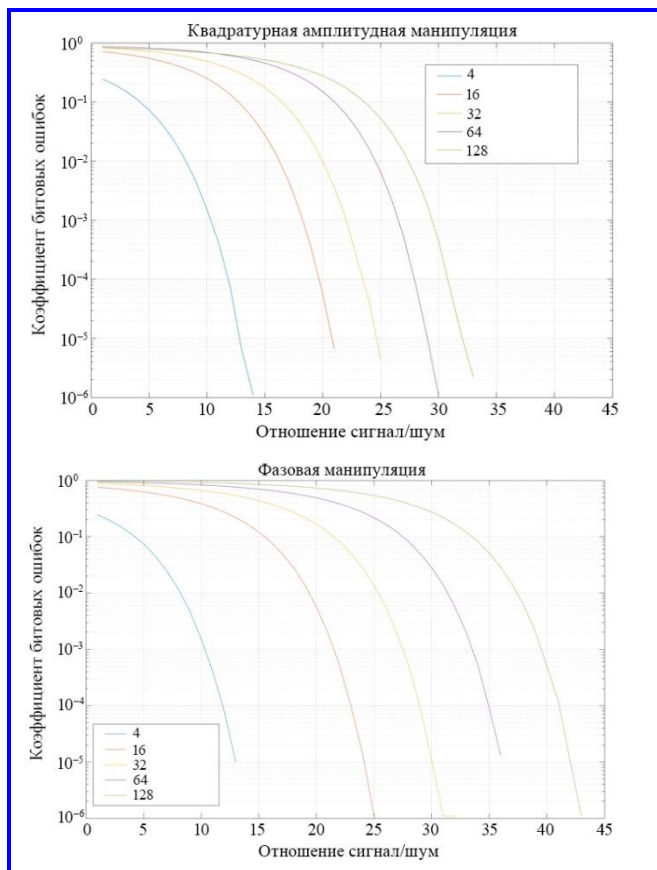


Рис. 7. Зависимости коэффициента битовых ошибок от отношения сигнал/шум для M -КАМ и M -ФМн

На рис. 7 представлены графики зависимостей сигналов с КАМ и ФМн разной степени позиционности. Можно заметить, что с увеличением степени позиционности сигнала M влияние помех значительно усиливается. Сравнивая M -ФМн и M -КАМ, можно сделать вывод, что M -КАМ превосходит M -ФМн по эффективности, причём энергетический выигрыш M -КАМ растёт с увеличением M . Энергетический выигрыш означает разницу в значении ОСШ при одинаковом значении вероятности ошибки на бит. Например, для $M = 16$ выигрыш составляет примерно 3 дБ, а при $M = 128$ около 11 дБ. Физически это объясняется тем, что расстояние между соседними точками в сигнальном созвездии M -ФМн меньше, чем в M -КАМ. Сигнальное созвездие M -ФМн представляет собой окружность с равномерно распределёнными точками, а созвездие M -КАМ – квадрат с равномерно распределёнными точками по его площади. Чем больше расстояние между точками в созвездии, тем меньше вероятность ошибки в детектировании соседних символов.

Заключение

Можно сделать вывод, что при количестве уровней до четырёх включительно 4-ФМн является наиболее эффективным видом манипуляции в плане спектра и энергии, в то время как при количестве уровней выше четырёх

наиболее эффективной становится КАМ. Учитывая, что 4-ФМн является частным случаем КАМ (при $M = 4$), можно считать КАМ наиболее эффективным видом манипуляции при любом количестве уровней.

Преимущество использования КАМ в том, что она может нести больше битов информации на символ. При выборе более высокого порядка КАМ, скорость передачи данных связи может быть увеличена.

Хотя уровень манипуляции более высокого порядка может предложить более высокие скорости передачи данных и более высокие уровни спектральной эффективности для системы радиосвязи, но системы с манипуляцией высокого порядка значительно менее устойчивы к шумам и помехам.

В результате многие системы радиосвязи в настоящее время используют динамические адаптивные методы манипуляции. Они определяют условия канала и адаптируют схему манипуляции, чтобы получить самую высокую скорость передачи данных для заданных условий. Вернувшись к более низким порядкам манипуляции, связь можно сделать более надежной и, соответственно, с меньшим количеством ошибок.

Литература

1. Нгуен Ван Зунг. Влияние прицельной гармонической помехи на качество приема сигналов с многопозиционной фазовой манипуляцией / Нгуен Ван Зунг // XVI Всероссийская молодежная научно-техническая конференция «Радиолокация и связь – перспективные технологии». – Москва : Мир науки, 2018. – С. 45–49.
2. Полевода Ю. А. Определение статистических параметров распределений случайных процессов в корреляционном приемнике сигналов КАМ на фоне ЧМ помехи / Ю. А. Полевода, Г. В. Куликов, Е. В. Самохина // Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем «РАДИОИНФКОМ – 2021»: Сборник научных статей V Международной научно-практической конференции. – Москва : МИРЭА – Российский технологический университет, 2021. – С. 385–389.
3. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: учебник для вузов / А. Б. Сергиенко. – Санкт-Петербург : Питер, 2002. – 608 с.
4. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Б. Скляр // Изд. 2-е, испр. : Пер. с англ. – Москва : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
5. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы манипуляции и расширения спектра : Пер. с англ. / К. Феер; Под ред. В. И. Журавлева. – Москва : Радио и связь, 2000. – 520 с.
6. Смирнов А. В. Основы телевидения и видеотехники : Учебное пособие / А. В. Смирнов. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2018. – 358 с.
7. Пескин А. Е. Телевидение и Интернет / А. Е. Пескин, А. В. Смирнов, М. Ф. Тюхтин. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2020. – 340 с.

Поступила в редакцию 08.04.2024

Ксения Романовна Романова, студент, т. +7 (903) 380-10-10, e-mail: romanova.k.r@edu.mirea.ru.

*Юрий Александрович Полевода, аспирант, ассистент кафедры,
т. 8 (499) 600-80-80, e-mail: polevoda@mirea.ru.
(МИРЭА – Российский технологический университет).*

ANALYSIS OF NOISE IMMUNITY OF COMMUNICATION CHANNEL DURING IMAGE TRANSMISSION

K. R. Romanova, Y. A. Polevoda

The article is devoted to the analysis of noise immunity of the communication channel using signals with quadrature amplitude and phase manipulation in the presence of white noise in the photo image transmission. The algorithm of the program code operation in the mathematical modeling software environment is considered. Graphs of bit error probability dependence on the signal-to-noise ratio are obtained.

Keywords: digital signal processing, digital types of modulation, quadrature amplitude manipulation, phase manipulation, program processing, noise immunity.

References

1. Nguyen Van Dung. The influence of targeted harmonic interference on the quality of receiving signals with multi-position phase manipulation / Van Dung Nguyen // XVI All-Russian Youth Scientific and Technical Conference «Radar and communications - promising technologies». – Moscow : Mir nauki, 2018. – P. 45–49.
2. Polevoda Yu. A. Determination of statistical parameters of distributions of random processes in a correlation receiver of QAM signals against the background of FM interference / Yu. A. Polevoda, G. V. Kulikov, E. V. Samokhina // Actual problems and prospects for the development of radio engineering and infocommunication systems «RADIOINFOCOM – 2021»: Collection of scientific articles of the V International scientific and practical conference. – Moscow: MIREA – Russian Technological University, 2021. – P. 385–389.
3. Sergienko A. B. Digital signal processing: a textbook for universities / A. B. Sergienko. – St. Petersburg: Piter, 2002. – 608 p.
4. Sklyar B. Digital communication. Theoretical foundations and practical application / B. Sklyar // 2nd ed., corrected : Translated from English. – Moscow : Williams Publishing House, 2003. – 1104 p.
5. Feer K. Wireless digital communications. Methods of manipulation and spectrum expansion : Translated from English / K. Feer; Ed. V. I. Zhuravlev. – Moscow : Radio i svyaz, 2000. – 520 p.
6. Smirnov A. V. Fundamentals of television and video equipment : Textbook / A. V. Smirnov. – Moscow : Goryachaya liniya – Telecom, 2018. – 358 p.
7. Peskin A. E. Television and the Internet / A. E. Peskin, A. V. Smirnov, M. F. Tyukhtin. – Moscow : Goryachaya liniya – Telecom, 2020. – 340 p.

*Ksenia Romanovna Romanova, student, t. +7 (903) 380-10-10, e-mail: romanova.k.r@edu.mirea.ru.
Yuri Aleksandrovich Polevoda, postgraduate student, assistant of the Department,
t. 8 (499) 600-80-80, e-mail: polevoda@mirea.ru.
(MIREA – Russian Technological University).*