



ИННОВАЦИИ В ИНФОРМАТИКЕ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ И УПРАВЛЕНИИ

DOI: <https://doi.org/10.15688/NBIT.jvolsu.2022.4.1>

УДК 004:654.16

ББК 32.811.7



АНАЛИЗ ПЕРЕДАЧИ ДИСКРЕТНЫХ СООБЩЕНИЙ В СИСТЕМАХ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ С ОРТОГОНАЛЬНЫМ ЧАСТОТНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ

Усама Джабер Гаиб Аль-Кадри

Аспирант, кафедра телекоммуникационных систем,
Волгоградский государственный университет
ERSa-191_943642@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Бертус Аминаджиа Тазифуа

Студент, кафедра информационной безопасности,
Волгоградский государственный университет
ITSb-191_958479@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Евгений Сергеевич Семенов

Кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой телекоммуникационных систем,
Волгоградский государственный университет
semenov.evgeniy@volsu.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Высокие скорости передачи данных требуются в современных цифровых системах радиопередачи. Но увеличение скорости передачи данных приводит к ухудшению качества передачи и высокому BER (частоте битовых ошибок). Технология OFDM, которая была внедрена в 1960-х гг., все эти функции реализует. В этой

работе исследуется влияние каналов с замиранием на передачу информации в системах OFDM. В беспроводных системах передачи дискретных сообщений, параметры канала очень сильно влияют на качество передачи, так как происходит влияние на полезный сигнал помех, шумов и замираний. Замирание очень частое явление в беспроводных системах связи, влияющее на сдвиг фазы сигнала. В условиях городской среды имеет место быть и многолучевое распространение сигналов, так как сигналы распространяются по двум или более путям, прежде чем достичь приемника. В зависимости от среды распространения сигнала и условий связи можно выделить мелкомасштабные замирания. При этом происходят значительные изменения амплитуды и фазы сигнала. Мелкомасштабные замирания происходят в меньшем масштабе, сравнимом с длиной волны передаваемого сигнала, и часто меняются по всему тракту сигнала, и могут изменяться один или несколько раз в течение времени передачи символа, что приводит к так называемым плоским (гладким) и частотно-селективным замираниям. Полученные результаты показывают влияние замирания на цифровую систему передачи (OFDM). Три используемых профиля задержек дискретных сообщений представляют среду распространения с низкой, средней и высокой задержкой соответственно. С помощью программного обеспечения SystemVue построена модель беспроводной цифровой системы связи (OFDM).

Ключевые слова: сигнал, модуляция, анализ данных, группировка сигналов, помехи, цифровая система передачи (OFDM), SystemVue.

Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM) был определен как эффективный метод для достижения высокоскоростной передачи данных по частотно-избирательным каналам с замиранием (рис. 1). Он посылает несколько потоков данных через несколько поддиапазонов общего спектра, причем каждый поддиапазон является достаточно узким, чтобы замирание канала было равномерным по частоте. Ортогональность между поднесущими сохраняется, в то время как поддиапазоны частот могут перекрываться [3].

При передаче OFDM на нескольких несущих используются для параллельной передачи символов данных путем равного распре-

деления доступной полосы пропускания. В каждом подканале поднесущая модулируется со скоростью передачи символов ниже скорости передачи данных канала.

Когда сигналы или поднесущие ортогональны друг другу, пик (максимум) одного сигнала приходится на ноль других. Эта важная особенность ортогонального сигнала позволяет приемнику разделять поднесущие.

В системах передачи OFDM структура формирователя и приемника сигналов осуществляется с помощью вычисления быстрого преобразования Фурье и обратного быстрого преобразования Фурье. Основная цель этих вычислений заключается в реализации ортогональности поднесущих при использовании



Рис. 1. Частотные спектры сигналов OFDM

цифровых видов манипуляции. Таким образом, в системах, построенных на основе технологии OFDM сигналы модулируются в частотной области, а затем трансформируются во временную область, где они формируют групповой сигнал. Для реализации мультиплексирования с ортогональным частотным разделением могут быть такие виды манипуляций, как PSK, QPSK, QAM. Принимаемый сигнал на приемной стороне имеет сложную форму во временной области.

В беспроводных системах передачи дискретных сообщений, параметры канала очень сильно влияют на качество передачи, так как происходит влияние на полезный сигнал помех, шумов и замираний. Замирание очень частое явление в беспроводных системах связи, влияющее на сдвиг фазы сигнала. В условиях городской среды имеет место быть и многолучевое распространение сигналов, так как сигналы распространяются по двум или более путям, прежде чем достичь приемника [2].

В зависимости от среды распространения сигнала и условий связи можно выделить мелкомасштабные замирания. При этом происходит значительные изменения амплитуды и фазы сигнала. Мелкомасштабные замирания происходят в меньшем масштабе, сравнимом с длиной волны передаваемого сигнала, и часто меняются по всему тракту сигнала, и могут изменяться один или несколько раз в течение времени передачи символа, что при-

водит к так называемым плоским(гладким) и частотно-селективным замираниям.

С помощью программного средства моделирования SystemVue, замирание моделируется благодаря наличию библиотек моделей каналов, которые представляют собой профили задержки.

В своей работе мы использовали коэффициент битовых ошибок (BER) для оценки и анализа работы модели беспроводной системы связи OFDM [1].

Модель беспроводной системы связи OFDM была построена с использованием различных компонентов библиотек программного обеспечения SystemVue (рис. 2).

Приведенная модель мультиплексирует различные типы сигналов в частотной области в соответствующие поднесущие. Для оценки коэффициента битовых ошибок в модель добавили блок BER [1].

Результатами моделирования стали данные таблиц, изображенных на рисунке 3, для каналов без замирания и каналов с замираниями для различных профилей задержек – пешеходный профиль, автомобильный и городской (расширенный пешеходный, расширенный автомобильный, расширенный типичный городской).

Анализ результатов дает нам сделать вывод о том, что замирания влияют на систему передачи OFDM. Три используемых профиля задержек дают различные результаты

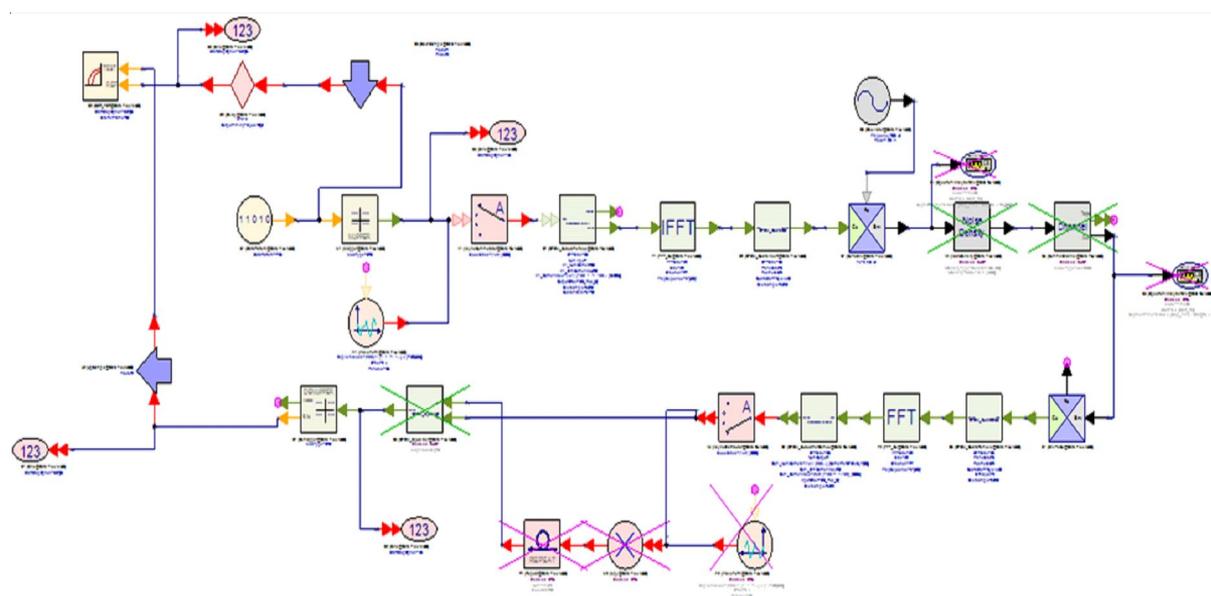


Рис. 2. Система OFDM

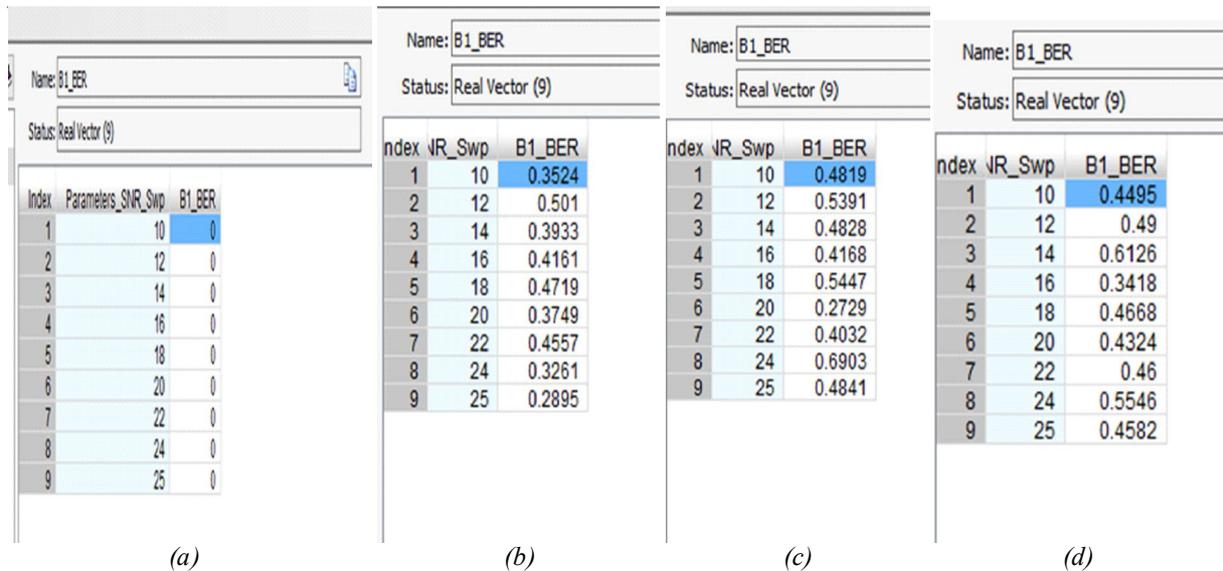


Рис. 3. Значения BER для канала без замириания (a), канала EPA (b), канала EVA (c), канала ETU (d)

BER для моделей каналов. Как видно из результатов, все значения BER равны нулю для канала без замириания. При изменении профиля задержки на городской (ETU) нами были получены самые высокие значения BER. Пешеходный профиль (EPA) задержек продемонстрировал самые низкие значения BER. Это связано с тем, что расширенное типичное городское затухание – это тип затухания, возникающий в городских центрах, где много объектов (зданий, мостов, транспортных средств), препятствующих прохождению сигнала.

Можно сделать вывод о том, что в результате моделирования OFDM системы с каналами имеющие замириания, остается работоспособной. Полученные расчеты коэффициента ошибок не превышает значения 0,5 и находится в этом диапазоне, что говорит об устойчивости системы в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бертус, А. Построение модели цифровой системы передачи в каналах с замирианиями / Аминаджиа Тазифуа Бертус, Е. С. Семенов // Проблемы передачи информации в инфокоммуникационных системах : сб. докл. и тез. XII Всерос. науч.-практ. конф. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2022. – 101 с.
2. Колготин, П. В. Оценка параметров каналов и развитие измерительных технологий в сетях связи

специального назначения / П. В. Колготин // Молодой ученый. – 2011. – Т. 1, № 10 (33). – С. 34–39.

3. Семенов, Е. С. Основы построения инфокоммуникационных систем : учеб.-метод. пособие / Е. С. Семенов, Н. Н. Ермакова. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2020. – 54 с.

REFERENCES

1. Bertus Aminaggia Tazifua, Semenov E.S. Postroenie modeli cifrovoj sistemy peredachi v kanalah s zamiraniyami [Building a Model of a Digital Transmission System in Fading Channels]. *Problemy peredachi informacii v infokommunikacionnyh sistemah: sb. dokl. i tez. XII Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Problems of Information Transmission in Infocommunication Systems. Collection of Reports and Theses of the XII All-Russian Scientific and Practical Conference]. Volgograd, Volgograd State University, 2022. 101 p.
2. Kolgotin P.V. Ocenka parametrov kanalov i razvitie izmeritel'nyh tehnologij v setjah svjazi special'nogo naznachenija [Channel Parameters Assessment and Development of Measuring Technologies in Special-Purpose Communication Networks]. *Molodoj uchenyj* [Young Scientist], 2011, vol. 1, no. 10 (33), pp. 34-39.
3. Semenov E.S., Ermakova N.N. *Osnovy postroenija infokommunikacionnyh sistem: ucheb.-metod. posobie* [Fundamentals of Building Infocommunication Systems: Educational and Methodological Manual]. Volgograd, Volgograd State University, 2020. 54 p.

ANALYSIS OF DISCRETE MESSAGE TRANSMISSION IN ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING SYSTEMS

Osama Jaber Ghaib Al-Qadi

Postgraduate Student, Department of Telecommunications Systems,
Volgograd State University
ERSa-191_943642@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Bertus Aminaggia Tazifua

Student, Department of Telecommunications Systems,
Volgograd State University
ITSb-191_958479@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Evgeniy S. Semenov

Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor,
Head of the Department of Telecommunications Systems,
Volgograd State University
semenov.evgeniy@volsu.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Abstract. High data transfer rates are required in modern digital radio transmission systems. But an increase in the data transfer rate leads to a deterioration in the transmission quality and a high BER (bit error rate). OFDM technology, which was introduced in the 1960s, implements all these functions. In this paper, the influence of fading channels on the transmission of information in OFDM systems is investigated. In wireless systems for transmitting discrete messages, the channel parameters greatly affect the transmission quality, as interference, noise and fading affect the useful signal. Fading is a very common phenomenon in wireless communication systems, affecting the phase shift of the signal. In an urban environment, multipath propagation of signals also takes place, since signals propagate along two or more paths before reaching the receiver. Depending on the signal propagation medium and communication conditions, small-scale fading can be distinguished. At the same time, there are significant changes in the amplitude and phase of the signal. Small-scale fading occurs on a smaller scale, comparable to the wavelength of the transmitted signal, and often changes throughout the signal path, and may change one or more times during the transmission time of the symbol, which leads to so-called flat (smooth) and frequency-selective fading. The results obtained show the effect of fading on the digital transmission system (OFDM). The three discrete message delay profiles used represent a low-, medium-, and high-latency propagation environment, respectively. A model of a wireless digital communication system (OFDM) has been built using the SystemVue software.

Key words: signal, modulation, data analysis, signal constellation, interference, digital transmission system (OFDM), SystemVue.