

УДК 621.396.41

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

И.И. ЗАБЕНЬКОВ, Д.В. АРХИПЕНКОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 29 ноября 2017

Аннотация. В статье проводится сравнительный анализ радиосистем передачи информации с модуляцией OFDM. Представлены достоинства и недостатки различных систем по вероятности ошибки (BER), предложены способы повышения помехозащищенности и пропускной способности сверхширокополосных радиосистем передачи данных.

Ключевые слова: OFDM, помехозащищенность, MIMO, передающие и принимающие устройства, скорости передачи информации.

Abstract. This article provides a comparative analysis of communication systems with OFDM modulation the advantages and disadvantages of the various systems on the probability of error (BER), proposed method of increasing noise immunity and bandwidth of ultra-wideband radio data transmission.

Keywords: OFDM, noise immunity, MIMO transmitting device and receiving device, the transfer rate of information.

Doklady BGUIR. 2018, Vol. 111, No. 1, pp. 99-102
**Application of ultra-wideband data transmission systems
for monitoring of natural and man-made objects**
I.I. Zabenkov, D.V. Arkhipenkov

Введение

Для систем мониторинга природных и техногенных объектов необходим широкий канал с высокой скоростью передачи данных. Для данных условий предлагается использовать сверхширокополосные системы передачи данных на основе OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing – мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов) и его модификаций.

Кратко можно выделить основные положительные и отрицательные стороны OFDM с циклическим префиксом (CP).

Достоинства:

– высокая эффективность использования радиочастотного спектра, объясняемая почти прямоугольной формой огибающей спектра при большом количестве поднесущих;

– простая аппаратная реализация: базовые операции реализуются методами цифровой обработки;

– способность противостоять сложным условиям в радиоканале, в первую очередь устранять межсимвольную интерференцию и бороться с узкополосными помехами. Как следствие – лояльность к многолучевому распространению;

– возможность использования различных схем модуляции для разных поднесущих, что позволяет адаптироваться к условиям распространения сигнала и к различным требованиям к качеству принимаемого сигнала;

- делает возможными одночастотные сети, что особенно привлекательно в системах телевизионного вещания, радиовещания и мониторинга техногенных объектов;
- в каналах с относительно медленными изменениями возможно существенное увеличение пропускной способности за счет адаптации скорости передачи данных на каждой поднесущей в соответствии с отношением сигнал/шум для этой конкретной поднесущей.

Недостатки:

- необходима высокая синхронизация частоты и времени;
- чувствительность к эффекту Доплера, ограничивающая применение OFDM в мобильных системах;
- имеет сравнительно большое отношение пиковой мощности к средней (peak-to-average power ratio – PAPR), что приводит к снижению энергетической эффективности высокочастотных усилителей;
- неидеальность современных приемников и передатчиков вызывает фазовый шум, что ограничивает производительность системы.

Защитный интервал, используемый в OFDM для борьбы с многолучевым распространением, снижает спектральную эффективность сигнала [1, 2].

Повышение пропускной способности сигналов с OFDM модуляцией

Для повышения пропускной способности сигналов с OFDM модуляцией предлагается использовать метод OFDM/OQAM (offset QAM – QAM со сдвигом), который основан на переносе действительной и мнимой части в комплексные QAM символы, смещении их во времени. В своей общей форме OFDM/OQAM полоса эквивалентна сигналу, который может сформирован суммой N OQAM модуляции. Алгоритмы переноса сигнала в непрерывную временную область [3] показаны на рис. 1 и 2.

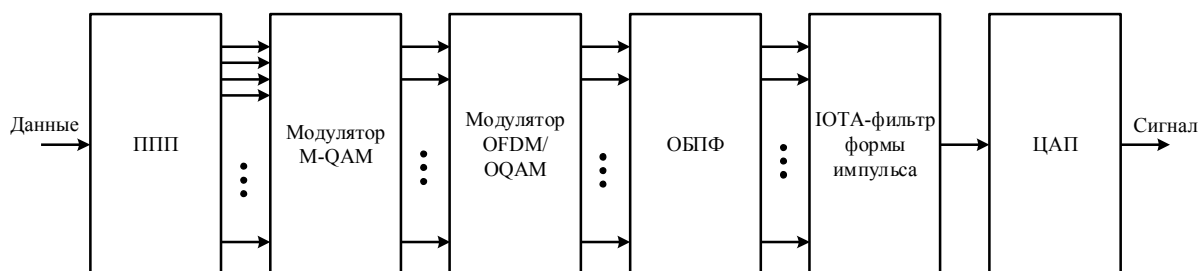


Рис. 1. Передающая часть IOTA-OFDM: ППП – последовательно-параллельный преобразователь; ОБПФ – обратное быстрое преобразование Фурье; ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь

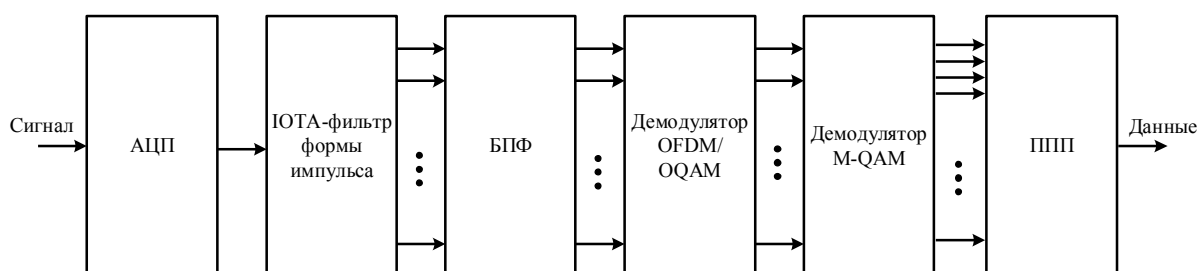


Рис. 2. Приемная часть IOTA-OFDM: АЦП – аналогово-цифровой преобразователь; БПФ – быстрое преобразование Фурье; ППП – параллельно-последовательный преобразователь

Исходя из расчетов были полученные данные, на основе которых был построен график зависимости вероятности ошибки BER (bit error rate) от отношения сигнал/шум для IOTA-OFDM и CP-OFDM. График расчетов представлен на рис. 3 сравнительно с известным отношением BER для CP-OFDM.

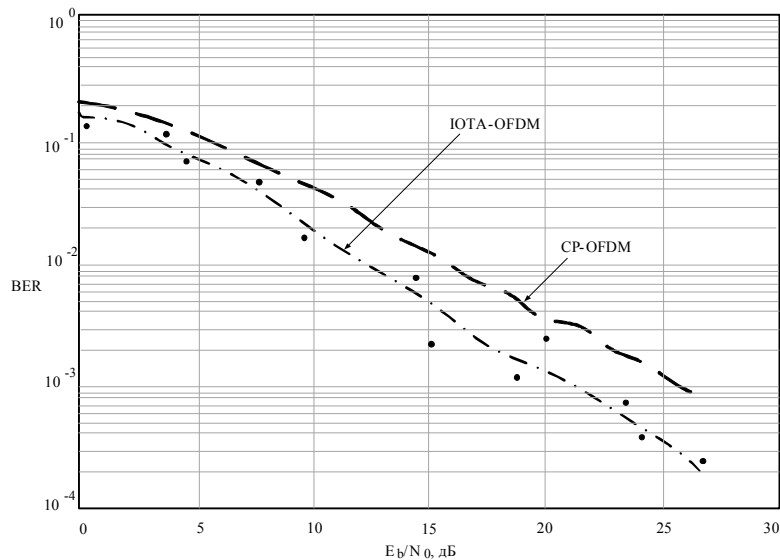


Рис. 3. Зависимость коэффициента BER для IOTA-OFDM и CP-OFDM

Улучшение помехозащищенности систем с OFDM

Применение технологии MIMO (Multiple Input Multiple Output) преследует две цели – повышение надежности приема/передачи и обеспечение связи по пространственным разделенным каналам (SDM). В первом случае используется пространственно-временной блочный код (STBC), повышение скорости передачи в котором происходит за счет сокращения проверочных последовательностей и уменьшения защитных интервалов (для CP-OFDM). При SDM скорость увеличивается благодаря распараллеливанию потоков транслируемых данных [2,3].



Рис. 4. Схема передатчика OFDM с использованием MIMO: ОБПФ-обратное быстрое преобразование Фурье; ЦАП и ВЧ-блок – цифро-аналоговый преобразователь и высокочастотный блок

Заключение

В данной статье рассмотрены вопросы, относящиеся к возможности уменьшения вероятности ошибки (BER) для CP-OFDM и IOTA-OFDM. Результаты моделирования показывают, что IOTA-OFDM работает лучше, чем CP-OFDM: пропускная способность IOTA-OFDM увеличивается из-за отсутствия циклического префикса, повышается невосприимчивость к интерференции и уменьшается чувствительность к смещению частоты. Это существенно улучшает пропускную способность при равнозначности коэффициента BER. При $BER = 10^{-3}$ IOTA-OFDM имеет выигрыш порядка 4 дБ по сравнению с CP-OFDM. Используя технологию MIMO с IOTA-OFDM, можно добиться повышения скорости передачи информации при одновременном обеспечении высокой помехозащищенности.

Список литературы

1. Энциклопедия WiMAX путь к 4G / В. Вишневецкий [и др.]. М.: Техносфера, 2009. 472 с.
2. Слюсарь В. Системы MIMO: принципы построения и обработка сигналов // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес – Сети и телекоммуникации. 2005. С. 52–58.
3. Stephen Mann Tait Electronic, Tait Elec. A Comparison of CP-OFDM with IOTA-OFDM Under Typical System Imperfections. New Zealand: University of Canterbury, 2009.

References

1. Jenciklopedija WiMAX put' k 4G / V. Vishnevskij [i dr.]. M.: Tehnosfera, 2009. 472 s. (in Russ.)
2. Sljusar' V. Sistemy MIMO: principy postroenija i obrabotka signalov // JeLEKTRONIKA: Nauka, Tehnologija, Biznes – Seti i telekommunikacii. 2005. S. 52–58. (in Russ.)
3. Stephen Mann Tait Electronic, Tait Elec. A Comparison of CP-OFDM with IOTA-OFDM Under Typical System Imperfections. New Zealand: University of Canterbury, 2009.

Сведения об авторах

Забеньков И.И., д.т.н, профессор, профессор кафедры информационных радиотехнологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Архипенков Д.В., магистрант кафедры информационных радиотехнологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Information about the authors

Zabenkov I.I., D. Sci, professor, professor of information radiotechnologies department of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Arkhipkov D.V., master student of information radiotechnologies department of Belarusian state university of informatics and radioelectronics.

Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь
г. Минск, ул. П. Бровки, 6,
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
тел. +375-29-260-74-76;
e-mail: rembolt94@gmail.com
Архипенков Дмитрий Владимирович

Address for correspondence

220013, Republic of Belarus,
Minsk, P. Brovka st., 6,
Belarusian state university
of informatics and radioelectronics
tel. +375-29-260-74-76;
e-mail: rembolt94@gmail.com
Arkhipenkov Dmitry Vladimirovich