

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе ФГБОУ
ВО «Новосибирский государственный
технический университет»,

д.т.н., доцент

С.В. Брованов

2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» на диссертационную работу Абенова Рената Рамазановича «Формирование и обработка сигналов в системах связи на основе ортогонального частотного мультиплексирования с использованием банка фильтров», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

Актуальность работы

Одной из основных задач физического уровня сетей беспроводной мобильной связи является эффективное использование спектрального ресурса. Системы на основе ортогонального частотного мультиплексирования (OFDM), получившие широкое распространение, по сей день демонстрируют высокие показатели спектральной эффективности. Однако они имеют такие недостатки, как наличие защитных интервалов во временной и частотной областях. Это ограничивает спектральную эффективность системы в целом. Необходимость использования защитных интервалов обусловлена обеспечением устойчивости к многолучевому распространению радиоволн и требованиям к внеполосному излучению. Данные ограничения невозможно обойти в текущей реализации систем OFDM, для этого требуется внедрение

новых сигнальных конструкций. К ним относятся UFMC (многочастотная передача с универсальной фильтрацией) и FBMC (многочастотная передача с гребенчатой фильтрацией), которым в настоящее время уделяется большое внимание исследователей. Системы на основе UFMC и FBMC пока не используются в стандартах беспроводной связи и находятся на стадии разработки и исследований. Поэтому тема данной диссертационной работы, посвященной системе FBMC, является актуальной.

Соответствие темы диссертации научной специальности

Диссертационная работа посвящена методу формирования и обработки сигналов для системы беспроводной связи на основе одной из реализаций FBMC, а именно FBMC/OQAM (квадратурная амплитудная манипуляция со смещением). В диссертационной работе приведен сравнительный анализ систем на основе FBMC/OQAM и OFDM, описаны основные проблемы реализации систем FBMC/OQAM, а также разработан и исследован метод формирования и обработки сигнала в такой системе. Таким образом, в соответствии с «Положением о присуждении ученых степеней» ВАК, в диссертационной работе Абенюва Р.Р. решена актуальная задача, имеющая значение для разработки систем беспроводной связи, что соответствует п. 4 «Разработка и исследование методов и алгоритмов обработки радиосигналов в радиосистемах телевидения и связи при наличии помех. Разработка методов разрушения и защиты информации» и п. 6 «Исследование и разработка радиотехнических систем и устройств передачи информации, в том числе радиорелейных и телеметрических, с целью повышения их пропускной способности и помехозащищенности» паспорта специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Краткое содержание работы

В состав диссертационной работы входит введение, 4 раздела, заключение, список использованных источников и приложения. Во введении автором обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи работы.

В первой главе представлен обзор технологии FBMC. Рассмотрены основные принципы гребенчатой фильтрации и полифазный метод реализации фильтра, обосновано использование квадратурной амплитудной манипуляции со смещением.

Во второй главе описаны основные операции процесса формирования и обработки сигнала в системе FBMC/OQAM. Подробно рассмотрена проблема межсимвольной интерференции и особенности оценки канала и эквалайзирования в FBMC/OQAM.

Третья глава посвящена разработке метода формирования и обработки сигнала для системы связи на основе FBMC/OQAM. Описано моделирование процесса передачи информации в среде Матлаб на основе разработанного метода. Представлен сравнительный обзор систем OFDM и FBMC/OQAM.

Четвертая глава отражает результаты экспериментального исследования системы передачи данных на основе FBMC/OQAM. Описан процесс синхронизации, представлен формат используемых кадров OFDM и FBMC/OQAM, а также результаты обработки полученных данных.

В заключении подведены итоги проделанной работы и сформулированы результаты, полученные соискателем. В приложениях представлены копии актов использования результатов диссертационной работы.

Научная новизна

В диссертационной работе получены следующие новые научные результаты:

1. Показано, что спектральная эффективность системы на основе ортогонального частотного мультиплексирования с использованием банка фильтров может быть до 1.25 раза выше, а внеполосное излучение может быть ниже (в зависимости от коэффициента перекрытия) по сравнению с системами на основе ортогонального частотного мультиплексирования.

2. Предложена схема формирования и обработки для систем беспроводной связи на основе ортогонального частотного мультиплексирования с использованием банка фильтров, позволяющая

работать в многолучевом канале без использования циклического префикса. Показано, что использование полифазной реализации фильтра снижает вычислительную нагрузку до 3.71 раз по сравнению с алгоритмом стандартного оконного преобразования Фурье.

3. Проведено экспериментальное исследование системы на основе ортогонального частотного мультиплексирования с использованием банка фильтров. Показано, что она способна обеспечить такую же помехоустойчивость, как и система OFDM при выигрыше в спектральной эффективности.

Достоверность положений и результатов работы

Достоверность изложенных в диссертационной работе результатов обусловлена сопоставлением результатов, полученных с помощью моделирования и экспериментального исследования системы передачи данных в реальных каналах распространения радиоволн, а также сравнением с аналогичными результатами, полученными другими авторами.

По материалам диссертации опубликовано 12 работ, из которых 5 – в журналах, входящих в перечень ВАК.

Апробация результатов работы и публикации

Основные результаты диссертационной работы представлялись и докладывались на следующих научно-технических и научно-практических конференциях:

1. Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР», г. Томск, 2016.
2. XII Международная научно-практическая конференция «Электронные средства и системы управления», г. Томск, 2016.
3. International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences (SIBIRCON). – IEEE, Tomsk, 2019.

Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при разработке систем беспроводной мобильной связи будущих поколений, а

также систем широкополосного беспроводного доступа. Также результаты работы могут быть полезны при разработке и оптимизации алгоритмов обработки сигнала в цифровых телекоммуникационных и радиолокационных системах. Кроме того, результаты диссертационной работы могут использоваться в учебном процессе профильных вузов.

Замечания по диссертационной работе

1. Задачи диссертационной работы сформулированы не четко. Третья задача полностью повторяет цель работы. С учетом этого не ясно как остальные поставленные задачи позволяют достичь заявленной цели.

2. Не ясна научная новизна второго положения. Полученное улучшение спектра достигнуто при конкретных значениях параметров модуляции. Их изменение, очевидно, приведет к другим уровням внеполосных излучений.

3. Во введении перечислены виды ортогонального частотного мультиплексирования на основе фильтрации (GFDM, UFMC), однако в дальнейшем сравнения с ними не представлено.

4. В работе рассматривается манипуляция OQAM, основанная на QAM-4. Следовало бы также рассмотреть другие индексы манипуляции (QAM-16, QAM-64).

5. В программе экспериментального исследования не предусмотрен сценарий, соответствующий в городской среде. Также не представлено влияние ошибок синхронизации на коэффициент битовых ошибок.

Выводы

1. Диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, раскрывающей сформулированную соискателем цель и задачи. Работа является актуальной, имеет научную новизну и значимость для науки и практики.

2. Основные результаты работы опубликованы в достаточной степени и известны специалистам в области цифровой радиосвязи.

3. Автореферат диссертации достаточно полно отражает ее основное содержание и оформлен в соответствии с требованиями ВАК Российской Федерации.

Заключение

Считаем, что работа удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 28.08.2017), а ее автор, Абенов Ренат Рамазанович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Отзыв на диссертационную работу обсужден и одобрен на заседании кафедры Радиоприемных и радиопередающих устройств от «03» декабря 2020 г., протокол № 8.

Доктор технических наук, доцент, профессор кафедры радиоприемных и радиопередающих устройств Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет»



Степанов Максим Андреевич

e-mail: m.stepanov@corp.nstu.ru

630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса 20, корп. 4

Телефон: (383)346-15-46 (раб.), 8-913-918-04-11 (сот.)