

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата физико-математических наук,
доцента Окорочкова Александра Ивановича
на диссертационную работу Джамила Джагила Садун Джамила на тему
«Адаптивный алгоритм передачи изображений по беспроводной линии связи
на основе ММО-принципа», представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук по научной специальности 2.2.13 «Радиотехника,
в том числе системы и устройства телевидения», технические науки

Актуальность темы диссертации. Системы беспроводной передачи данных уже стали неотъемлемой частью современного общества. За последние несколько десятилетий беспроводная связь стала одной из наиболее быстро растущих и активно развивающихся отраслей.

На это повлияло бурное развитие микроэлектроники и появление быстродействующих цифровых процессоров, позволяющих выполнять сложные алгоритмы обработки сигналов в реальном времени. Одним из основных критериев эффективности работы беспроводных систем связи является скорость передаваемой информации или пропускная способность. Другим важным фактором, характеризующим работу систем связи, является качество передаваемой информации, которое оценивается вероятностью битовых ошибок (BER). Оба фактора достаточно полно характеризуют работу системы связи, и если низкая скорость передачи информации может привести к большим временным задержкам при приёме сигналов и соответствующему дискомфорту, то битовые ошибки могут привести вообще к разрушению воспринимаемых аудио/видео образов.

Оценка содержания работы. Представленная для анализа диссертационная работа Джамила Джагила Садун Джамила состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Объем основного текста диссертации составляет 143 страницы и содержит 47 рисунков и 7 таблиц, список использованных источников из 110 наименований и трех приложений.

В диссертации решается научная задача повышения пропускной способности, снижения вероятности битовых ошибок, а также значений СКО ошибок яркости и цвета при передаче изображений в канале радиосвязи с многочисленными переотражениями путем разработки адаптивного алгоритма с пространственной обработкой сигналов.

Во **введении** дана общая характеристика диссертации: обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и основные задачи исследования, определена научная новизна и практическая ценность полученных результатов, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, дается краткое содержание диссертационной работы.

В первой главе рассмотрены общие принципы работы технологии WiMax, основанной на применении методов модуляции с использованием ортогонального частотного мультиплексирования (OFDM) и методов пространственно-временной обработки (MIMO). Обоснована цель диссертационных исследований и перечислены задачи, которые необходимо решить для ее достижения.

Вторая глава посвящена формированию пространственной модели беспроводного канала, которая является неотъемлемой частью разработки и моделирования алгоритмов. Для канала WiMAX заявителем предложена и разработана трехмерная модель канала для исследования систем связи на основе антенных решеток, учитывающая эффект Доплера при движении мобильной станции с постоянной скоростью. В этом же разделе выбираются и обосновываются параметры моделей применяемых сигналов и канала связи. Описана технология мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM) на основе пилотных поднесущих. В приемном тракте системы выбрана модель шума.

В третьей главе изложен предлагаемый адаптивный алгоритм обработки пространственно-временных сигналов с его подробным описанием. Представлена структурная схема беспроводной системы связи. На основе данной структурной схемы разработана общая программа моделирования системы связи с применением адаптивного алгоритма. Также представлены подробные алгоритмы программы моделирования и ее описание. Рассмотрено использование помехоустойчивого кодирования, которое дополнительно можно использовать для дальнейшего снижения вероятности битовой ошибки.

В четвертой главе представлены результаты компьютерного моделирования, подтвердившие эффективность разработанного адаптивного алгоритма на примере систем связи SISO – OFDM и MIMO – OFDM. Построены зависимости битовой ошибки от отношения сигнал/шум с использованием и без использования адаптивного алгоритма, для различных типов модуляции поднесущих сигнала OFDM и с использованием канального кодирования. Для систем MIMO - OFDM продемонстрирована зависимость вероятности битовых ошибок от количества пространственных потоков и пропускной способности. Результаты применения адаптивного алгоритма выражаются после адаптации в перенацеливании диаграмм направленности антенных решеток на канал с максимальным уровнем сигнала.

В заключении приводятся основные выводы по результатам проведенных исследований.

Основные научные положения, выносимые на защиту, достаточно убедительно обоснованы автором диссертации. Они основаны на известных достижениях теории и практики методов помехоустойчивого кодирования и

демодуляции сигналов. На базе разработанных положений, а также теоретических и экспериментальных исследований различных алгоритмов обработки сигналов, анализа большого числа данных вычислений различных характеристик устройств соискателем получен комплекс новых научных результатов, наиболее значимые из которых, представлены в выводах по главам и обобщены в Заключение диссертации. Опираясь на защищаемые положения и полученные результаты работы, заявитель сформулировал рекомендации для разработчиков систем беспроводной связи WiMAX по расчету параметров и выбору алгоритмов обработки сигналов. Обоснование этих рекомендаций выполнено автором достаточно убедительно, аргументировано и не вызывает сомнений.

Необходимо отметить, что в своей работе диссертант грамотно пользуется методами математического и спектрального анализа сигналов, а также теории передачи дискретных сообщений и цифровой обработки сигналов.

Оценка новизны и достоверности научных положений и результатов диссертации. Для подтверждения достоверности теоретических положений и результатов расчетов автором проведено большое количество экспериментальных исследований. Соискателем проведена успешная реализация беспроводного канала 3D WiMAX на основе принципов MIMO-OFDM. Проектирование различных алгоритмов обработки сигналов осуществлялось на современном уровне путем моделирования сигналов в MATLAB и с использованием программ, разработанных лично автором.

Научная новизна полученных результатов:

1) разработан и реализован в виде программы усовершенствованный адаптивный метод обработки сигналов для систем связи, использующих антенные решетки. Эта программа генерирует характеристики пространственного направления путем взвешенной обработки сигналов изображения с выходов антенной решетки. Этот алгоритм повышает спектральную эффективность использования выделенной полосы сигнала за счет снижения вероятности битовой ошибки;

2) геометрия антенной системы, подвижность приемника, а также разнообразие объектов, от которых могут отражаться сигналы изображения, учтены в разработанной трехмерной модели канала WiMAX для воздушной среды распространения сигнала;

3) с помощью предложенного алгоритма адаптации предложены методы пространственной обработки сигналов на основе антенных решеток и мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов. Это увеличивает устойчивость систем беспроводной связи в средах с несколькими отражениями сигнала.

Апробация и публикации по теме диссертации. Основные результаты диссертационного исследования изложены в 11 публикациях, из них 2 статьи в журналах ВАК и 5 статей в Scopus и Web of Science. Результаты диссертационной работы также обсуждались на научных конференциях, в том числе и международных.

Автореферат корректно отражает содержание и основные результаты, полученные в диссертационной работе.

Необходимо отметить несколько замечаний и недостатков:

1) на рисунках, представленных в диссертации и в автореферате, обозначения выполнены на английском языке, что не совсем корректно; кроме того, названия некоторых рисунков не всегда точно соответствуют их содержанию;

2) в диссертации и автореферате имеются некоторые отступления стилистического и пунктуационного характера от норм русского языка;

3) в автореферате и диссертации нет расшифровки некоторых аббревиатур, что затрудняет понимание текста.

Указанные выше замечания не снижают значимости диссертационной работы Джамила Джагила Садун Джагила.

Тематика диссертационной работы Джагила Джагила Садун Джагила соответствует п. 2. («Исследование методов и алгоритмов обработки радиосигналов, учитывающих эффекты их рассеяния и отражения при прохождении через различные среды распространения»), п. 4. («Разработка и исследование устройств генерирования, усиления, преобразования и синтеза радиосигналов, сигналов изображения и звука в радиотехнических системах различного назначения, включая системы телевидения. Создание эффективных методов их расчета и основ проектирования»), п. 10. («Разработка и исследование методов и устройств передачи, приема, обработки, отображения, регистрации, хранения и распространения информации, включая беспроводные, космические, эфирные, кабельные и мобильные системы передачи информации») паспорта специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Заключение. На основе анализа диссертации Джагила Джагила Садун Джагила «Адаптивный алгоритм передачи изображений по беспроводной линии связи на основе ММО-принципа» можно сделать следующие выводы:

1) диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой решена научная задача снижения вероятности битовой ошибки в системах беспроводной связи за счет адаптивного формирования пространственной характеристики направленности приемной антенны;

2) автор имеет достаточное количество публикаций по основным результатам, представленным в диссертационной работе, в том числе в изданиях ВАК, рекомендованных для публикации основных результатов кандидатских диссертаций;

3) апробация результатов на конференциях произведена в достаточной мере;

4) работа удовлетворяет требованиям «Положения о присуждения ученых степеней», предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор Джамиль Джалил Садун Джамиль достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Официальный оппонент
кандидат физико-математических наук, доцент,
доцент кафедры радиоэлектронные и
электротехнические системы и комплексы
Института сферы обслуживания и
предпринимательства (филиал) федерального
государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Донской государственный технический университет»,
в г. Шахты Ростовской области
Окорочков Александр Иванович
e-mail: okorochkov_a@mail.ru
тел. +7 (909) 404 57 02

Подпись к.ф.-м.н., доцента, доцента кафедры радиоэлектронные и электротехнические системы и комплексы Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Окорочкова Александра Ивановича ЗАВЕРЯЮ:

Директор Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет» в г. Шахты Ростовской области, доктор технических наук, профессор

Сергей Георгиевич Страданченко

12 января 2024 года

Адрес: 346500, ул. Шевченко, 147, г. Шахты, Ростовская обл.
Телефон: +7 (8636) 22-20-37, 8 (800) 100-91-61. Факс 22-54-91,
E-mail: mail@sssu.ru

