

УТВЕРЖДАЮ

Проректор на научной работе ФГБОУ ВО
«Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»

О.В. Горячкин

2024 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики» на диссертацию Нгуена Вини Нгока Тхуана на тему «Эффективность MIMO систем передачи информации в условиях пространственно коррелированных помех», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

1. Актуальность темы исследования

Системы беспроводной связи уже стали важнейшей частью современного общества. В последние десятилетия беспроводные технологии превратились в одну из самых быстрорастущих и динамично развивающихся сфер. Поэтому современные системы беспроводной связи должны соответствовать высоким стандартам надежности данных, оптимизируя энергопотребление и производительность в контексте множества внутренних и внешних помех. Кроме того, ограничение частотных ресурсов, влияние многолучевости и затухания сигнала при распространении радиоволн также являются проблемами, которые необходимо преодолеть. Одним из решений является использование пространственных ресурсов на основе внедрении многоантенных систем – технологии MIMO. Основным достоинством данной технологии является высокая эффективность в сложных условиях работы, обусловленных многолучевым распространением радиоволн. Технология MIMO динамично развивается, обхватывая все новых области телекоммуникаций. Одним из условий высокой эффективности MIMO систем является снижение априорной неопределенности относительно параметров внутренних и внешних помех. Применение оптимизации пространственной структуры антенной системы, оптимальных и адаптивных алгоритмов, методов пространственного кодирования и декодирования позволяет кардинально решить эту важную научно-техническую проблему.

Таким образом, тема и содержание диссертационного исследования В.Н.Т.Нгуена, посвященного исследованию и разработке помехоустойчивых алгоритмов приема сигналов в MIMO системах передачи информации при

действию пространственно коррелированных помех, являются актуальными, а полученные в диссертации научные положения и результаты отвечают современным требованиям.

2. Структура и основные результаты работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (90 наименований) и трех приложений. Текст диссертации изложен на 145 страницах и содержит 7 таблиц и 52 рисунка.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель и поставлены задачи работы, показаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, изложены положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации рассмотрены методы и алгоритмы помехоустойчивого приёма в ММО системах передачи информации. Предложен принцип построения ММО системы, состоящей из последовательного выполнения декорреляции пространственно коррелированных помех и пространственного декодирования ММО сигналов. Предложена модель ММО системы, которая учитывает пространственную структуру приемной и передающей антенных систем. Рассмотрены методы и алгоритмы помехоустойчивого приёма сигналов в ММО системах передачи информации.

Во второй главе диссертации решается задача анализа влияния пространственно коррелированных мешающих сигналов на пропускную способность и вероятность простоя ММО системы передачи информации. Проведен анализ влияния пространственных структур антенной системы на пропускную способность и вероятность простоя ММО системы при действии пространственно коррелированных помех. Полученные результаты позволяют обосновать выбор типа конфигурации антенн для компенсации помех в беспроводных ММО системах, работающих в сложной помеховой обстановке.

В третьей главе диссертации предложены алгоритмы помехоустойчивого приема сигналов в ММО системах передачи информации при действии пространственно коррелированных мешающих сигналов. Получен алгоритм оценивания ММО сигнала по критерию минимума среднего квадрата ошибки, объединяющий компенсацию помехи и пространственное декодирование. Предложен алгоритм пространственной обработки с отдельным подавлением помехи и пространственным декодированием ММО сигнала. Предложен алгоритм обработки ММО сигнала, содержащий оценку сигнала по критерию максимального правдоподобия, пространственный декодер Аламути и демодулятор. Получено выражение весовой матрицы для получения максимально правдоподобной оценки сигнала, реализующей подавление помех и пространственное декодирование.

В четвертой главе диссертационной работы разработаны вопросы технической реализации алгоритмов помехоустойчивого приёма в ММО системах передачи информации при действии пространственно

коррелированных мешающих сигналов. Проведен расчет пропускной способности ММО системы в зависимости от пространственной структуры с учетом погрешностей канальной матрицы коэффициентов при наличии помех. Разработан вариант технической реализации алгоритма приема ММО сигналов при действии мешающих сигналов на отладочной плате микросхемы Virtex-II Pro XC2VP30-4FF1152С, реализующий параллельную организацию процесса вычисления для уменьшения вычислительных затрат. Проведено экспериментальное исследование пропускной способности канала связи и устройства WiFi в зависимости от числа антенн, а также исследование влияния пространственно коррелированных мешающих сигналов и конфигурации приемных антенн на пропускной способности канала связи.

В заключении подведены итоги проведенных исследований, сформулированы выводы по работе в целом.

3. Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

а) предложен метод помехоустойчивого приема сигналов в ММО системах при действии пространственно коррелированных помех, использующий пространственную декорреляцию помех и последующее пространственное декодирование ММО сигналов на основе измененной канальной матрицы;

б) предложен алгоритм пространственной компенсации помехи по критерию минимума мощности помех в каждом пространственном канале, использующий помеховые сигналы в других пространственных каналах;

в) проведен анализ и получены зависимости помехоустойчивости и пропускной способности ММО системы от числа приемных антенн при различных пространственных структурах.

4. Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Обоснованность и достоверность теоретических положений, выводов и заключений не вызывает сомнений и подтверждается корректным использованием современного математического аппарата, совпадением их в частных или предельных случаях с известными ранее, а также экспериментальными данными, полученными с помощью статистического моделирования.

5. Значимость для науки и практики результатов, полученных автором диссертации

Научная ценность результатов диссертации состоит в оптимизации пространственных структур ММО систем при действии пространственно-коррелированных помех, алгоритмов компенсации помех в ММО системах и методике испытаний ММО Wi-Fi роутера при действии помех.

Практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждается актами внедрения в учебный процесс на кафедре радиотехнических устройств Рязанского государственного радиотехнического университета имени В.Ф. Уткина при подготовке магистратуров по направлению 11.04.01 «Радиотехника».

6. Степень достоверности и апробация результатов

Основные результаты по теме диссертационного исследования докладывались и обсуждались на Международных и Российских конференциях, включая: 126 Всероссийская научно-техническая конференция студентов, молодых ученых и специалистов «Новые информационные технологии в научных исследованиях и образовании», г. Рязань, 2021 г., 6, 8 Всероссийская научно-техническая конференция «Актуальные проблемы современной науки и производства», г. Рязань, 2021, 2023 гг., Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Современные технологии в науке и образовании» СТНО-2022, г. Рязань, 2022 г., 28, 29, 30 Международные конференции «Радиолокация, навигация, связь», г. Воронеж, 2022, 2023, 2024 гг., 25th, 26th International Conference on Digital Signal Processing and its Applications (DSPA), г. Москва, 2023, 2024 гг., 1 Научно-практическая конференция студентов, молодых ученых и специалистов «Инновационные технологии в науке и технике», г. Рязань, 2023 г.

7. Публикации

Полученные основные теоретические и практические результаты диссертационного исследования опубликованы в 14 трудах, в том числе в 2 научных статьях в журналах, рекомендуемых ВАК к опубликованию основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, в 2 научных статьях, опубликованных в зарубежных изданиях, входящих в базы цитирования Scopus, в 4 других изданиях, индексируемых РИНЦ.

8. Личный вклад автора

Соискатель имеет 5 публикаций без соавторов. В остальных опубликованных работах соискателю принадлежит разработка методик численного расчета, программная реализация алгоритмов расчета, анализ и интерпретация полученных результатов и оформление их для публикации. Все результаты данной диссертационной работы получены автором лично.

9. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Предложенные методы и алгоритмы могут быть применены для беспроводных MIMO систем передачи информации при действии пространственно-коррелированных помех. Предложен алгоритм пространственной обработки с отдельным подавлением помехи и

пространственным декодированием ММО сигнала. Раздельное выполнение операций упрощает обработку и повышает устойчивость выполнения каждой из операций. Использование фильтра декоррелятора помехи значительно уменьшает вероятность битовой ошибки.

Основные результаты и выводы, полученные в диссертационной работе, могут быть рекомендованы к использованию при разработке перспективных систем передачи информации. Они могут быть использованы в АО «Концерн «Созвездие», ФГБУ «НИИ Радио», АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей», АО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнёва», ФГУП «Космическая связь», АО «Концерн «Автоматика» и других организациях, занимающиеся разработкой телекоммуникационных систем.

Считаем целесообразным, кроме того, использование научных результатов диссертации в учебном процессе учреждений высшего образования в процессе обучения по специальностям, которые связаны с ММО системами передачи информации.

Рекомендуется продолжение работ в данном направлении.

10. Замечания по диссертационной работе

Диссертационная работа выполнена на высоком профессиональном уровне и заслуживает в целом положительной оценки. В то же время она не лишена недостатков, а именно:

1. В главе 3 диссертации автор только предложил формулы оптимальных и адаптивных алгоритмов для ММО систем передачи информации при действии пространственно коррелированных помех, но провел сравнения эффективности таких алгоритмов.

2. В главе 4 диссертации автор использует микросхему Virtex-II Pro XC2VP30-4FF1152C для реализации фильтра-декоррелятора пространственно коррелированных помех в теории, но не показал фактической эффективности при применении к системам ММО передачи информации.

3. При проведении моделирования автор в основном использует модуляцию BPSK. Необходимо сравнить эффективность систем ММО, использующих разные виды модуляции в условиях действия пространственно коррелированных помех.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и не ставят под сомнение основные выводы диссертации.

11. Общая оценка диссертационной работы

Диссертация написана строгим научным языком, каждая глава содержит конкретные выводы, что облегчает понимание материала. Поставленные в работе цели соответствуют полученным результатам. Все основные результаты диссертации опубликованы. Результаты работы и разработанные методики апробированы на российских и международных конференциях. Содержание

автореферата адекватно отражает содержание диссертации.

Диссертация в целом представляет собой законченный научный труд, в котором содержатся решения задачи, имеющей существенную научную и практическую значимость.

12. Заключение

Таким образом, диссертация Нгуена В.Н.Т является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи повышения эффективности ММО систем передачи информации путем разработки метода и алгоритмов для помехоустойчивого приема сигнала в условиях пространственно коррелированных помех.

Работа соответствует критериям, предъявляемым в отношении кандидатских диссертаций, которые установлены пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), а ее автор Нгуен Винь Нгок Тхуан заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13. Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

Отзыв на диссертацию Нгуен В.Н.Т рассмотрен и одобрен на заседании научно-исследовательской лаборатории «Инфокоммуникационные технологии» Управления научной и инновационной деятельности (УНИД) ПГУТИ 12 ноября 2024 года, протокол №5.

Отзыв составил:

доктор технических наук, профессор Мишин Дмитрий Викторович
старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории
«Инфокоммуникационные технологии» УНИД ПГУТИ,
профессор кафедры «Радиоэлектронные системы»
(443010, г. Самара. ул. Л.Толстого, д.23)
Рабочий телефон: 8 (846) 332-58-53. E-mail: d.mishin@psuti.ru

Д.В. Мишин

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»

Адрес: 443010, г. Самара. ул. Л.Толстого, д.23

Телефон: 8 (846) 333-58-56.

E-mail: info@psuti.ru

Вебсайт: www.psuti.ru

С ОТЗЫВОМ ОТЗЫКОМЛЕН 28.11.2024