

Отзыв

официального оппонента

на диссертацию Бен Режеб Тауфика Бен Камеля

на тему: «Исследование и разработка алгоритмов обработки сигналов для многопользовательских систем беспроводной связи с несколькими передающими и несколькими приемными антеннами», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Актуальность диссертации

Диссертационная работа Бен Режеб Т.Б.К. посвящена актуальной тематике адаптивной обработки сигналов в системах связи с технологией MIMO. Технология многоантенных систем MIMO получила широкое распространение в стандартизированных системах беспроводной связи 802.11 n/ac/ad, LTE, McWill и является перспективным инструментом повышения пропускной способности и спектральной эффективности систем беспроводной связи.

Целью диссертации Бен Режеб Т.Б.К. является повышение пропускной способности многопользовательских систем беспроводной связи с помощью применения новых алгоритмов прекодирования. Вопросам разработки алгоритмов прекодирования посвящено большое количество научных работ, что подчеркивает актуальность избранной темы.

Прекодирование является необходимой процедурой в многопользовательских многоантенных системах (MU-MIMO), позволяющей осуществлять одновременную передачу информации абонентам с помощью нескольких пространственных каналов в одной полосе частот при наличии сильной межпользовательской интерференции в канале связи. Разработка новых алгоритмов прекодирования и способов организации канала обратной связи для передачи служебной информации о состоянии канала позволяет выгодно использовать ограниченные ресурсы и повысить качество связи.

Высокая пропускная способность систем для передачи огромных объёмов информации — одно из главных требований, предъявляемых к современным системам связи. Актуальность темы диссертации подтверждается наличием

1/19
09 21 19
ИИИИИИ

технологии MIMO в документах 3GPP по стандартизации систем связи пятого поколения.

Обзор содержания диссертации

Диссертация состоит из оглавления, введения, четырех глав, заключения, списка основных сокращений, списка литературы и четырех приложений. Объем работы составляет 123 страницы, 13 из которых составляют приложения. В приложениях содержатся акты о внедрении результатов диссертации и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Во **введении** обоснована актуальность избранной темы, сформулированы цели и задачи диссертационного исследования, обоснованы научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, приведены основные положения, выносимые на защиту. Даны сведения об использовании и внедрении результатов диссертационного исследования.

В **первой главе** диссертации выполнен анализ предметной области, представлена математическая модель многопользовательской системы связи с MIMO каналом и прекодированием, подробно рассмотрены известные методы получения передатчиком априорной информации о состоянии канала связи. Проведен сравнительный анализ помехоустойчивости наиболее перспективных алгоритмов прекодирования с целью постановки частной задачи разработки новой процедуры вычисления прекодирующей матрицы.

Во **второй главе** диссертации автором разработана нелинейная процедура вычисления прекодирующей матрицы. Разработан алгоритм прекодирования для систем с временным дуплексом на основе новой процедуры вычисления прекодирующей матрицы и принципа взаимности передающего и приемного трактов. Проведен сравнительный анализ помехоустойчивости разработанного алгоритма и алгоритма прекодирования при точно известной матрице.

В **третьей главе** диссертации решается задача применения разработанной нелинейной итерационной процедуры вычисления прекодирующей матрицы в системах с частотным дуплексом и выделенным каналом обратной связи. Разработан новый алгоритм прекодирования на основе предложенной во второй главе нелинейной процедуры вычисления прекодирующей матрицы с квантованными оценками состояния канала с использованием набора векторов

Грассманиана для систем связи с одноантенными абонентскими терминалами. Разработан новый алгоритм прекодирования для многоантенных абонентских терминалов на основе матриц Грассманиана. Проведен сравнительный анализ разработанных алгоритмов и алгоритма прекодирования на основе метода МСКО.

В четвертой главе диссертации исследованы характеристики разработанных алгоритмов и произведена оценка потенциального выигрыша от их применения. Приведены результаты компьютерного моделирования, отражающие повышение средней пропускной способности канала пользователя от применения разработанных алгоритмов прекодирования. Произведен сравнительный анализ пропускной способности системы связи с технологией ММО с временным дуплексом для разработанного и известного алгоритма прекодирования при различных характеристиках радиоканала. Приведены расчеты необходимой пропускной способности выделенного канала обратной связи, отражающие выигрыш от применения разработанных алгоритмов прекодирования.

В заключении приведены основные результаты диссертационного исследования.

Научная новизна

Научная новизна диссертационной работы состоит в разработке следующих алгоритмов:

1. Алгоритм прекодирования для систем MU-MIMO с временным дуплексом, обладающий лучшей помехоустойчивостью по сравнению с известным алгоритмом прекодирования при точно известной матрице канала.
2. Алгоритм прекодирования для систем MU-MIMO с частотным дуплексом и одноантенными абонентскими терминалами на основе векторного квантования информации о состоянии канала с помощью Грассманова многообразия.
3. Алгоритм прекодирования для систем MU-MIMO с частотным дуплексом и многоантенными абонентскими терминалами на основе матричного квантования информации о состоянии канала с помощью Грассманова многообразия.

Степень обоснованности научных положений и выводов и их достоверность

Применение метода Монте-Карло к компьютерному моделированию многопользовательской системы беспроводной связи с технологией ММО с целью исследования разработанных алгоритмов прекодирования правомерно, согласно известной научной литературе. В диссертационной работе приведены ссылки на источники, посвященные методологии моделирования.

Недостатки

1. Нет обоснования выбора критериев отбора матриц для подпространства грассманиана и выбора матрицы прекодирования для конкретного канала.
2. В тексте диссертации нет объяснения, почему характеристики помехоустойчивости, полученные путём моделирования, для разработанного алгоритма прекодирования с грассманианом при низких отношениях сигнал/шум, лучше аналогичных характеристик известного алгоритма прекодирования при точно известной на передающей стороне матрице канала (Рис. 25, стр. 68).
3. Некоторые понятия и термины используются не в соответствии со своим определением, например, в описании алгоритма прекодирования (стр. 66) говорится «демодуляции принятых сигналов», а на самом деле речь идёт о переименовании матриц.
4. Встречаются опечатки, стилистические ошибки и, как следствия этого, возникают неточности описания алгоритмов, например, в описании алгоритма (70), на стр.65, условия шага №3 и шага №4 совпадают.

Следует отметить, что выявленные недостатки не являются критическими и не снижают ценность диссертации в целом.

Заключение по диссертации

Диссертация Бен Режеб Т.Б.К. выполнена на высоком научном уровне, написана грамотным языком и является самостоятельной и законченной научной квалификационной работой. В работе предлагаются новые решения актуальной задачи повышения пропускной способности систем беспроводной связи с

технологией многопользовательских многоантенных систем, обладающие теоретической и практической значимостью.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации. Тема диссертации соответствует паспорту специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Диссертация полностью соответствует Постановлению Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «Положение о присуждении учёных степеней», а её автор, Бен Режеб Тауфик Бен Камель заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Сведения об официальном оппоненте:

Бакулин Михаил Германович, кандидат технических наук, 05.12.02 – «Теория связи, системы и устройства передачи информации по каналам связи», 05.12.17 – «Радиотехнические и телевизионные системы и устройства»

Начальник отдела Информационных технологий

Общество с ограниченной ответственностью «Радарные технологии – 2Т»

Адрес: 125009, г. Москва, ул. Тверская, д.12, стр. 9, кв. 92.

тел.: +7 (495) 786-97-09

email: m.g.bakulin@gmail.com

Официальный оппонент



Бакулин Михаил Германович

Подпись официального оппонента, к.т.н.

Бакулина М.Г. заверяю

Генеральный директор

ООО «Радарные технологии – 2Т»



Масловский А.В.