

Отзыв
официального оппонента

на диссертацию Смирнова Алексея Эдуардовича
на тему: «Исследование и разработка алгоритмов обработки сигналов в системах беспроводной связи с большим количеством антенн», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Актуальность темы диссертации

Обработка сигналов на приемной стороне в системах связи имеет важное значение и во многом определяет характеристики помехоустойчивости системы. Однако, задача достижения потенциальных характеристик, как правило, находится в противоречии со сложностью реализации алгоритмов обработки сигналов, включая алгоритмы демодуляции и декодирования. Особенно остро эта проблема проявляется в многоантенных системах связи с большим числом антенн (massive MIMO). В этом случае даже использование для демодуляции наиболее простого известного алгоритма МСКО, становится проблематичным, так как требует вычисления в реальном времени обратной матрицы большого размера (32x32 и более). Чрезмерная сложность реализации алгоритмов обработки может стать барьером на пути повышения пропускной способности системы, наряду с другими физическими факторами, такими как, например, ограничение ширины частотного диапазона.

В работе Смирнова А.Э. разработаны алгоритмы демодуляции с меньшей вычислительной сложностью по сравнению с известным алгоритмом МСКО. Использование алгоритмов демодуляции с низкой вычислительной сложностью позволит повысить порог скорости передачи информации, определяемый быстродействием существующих сигнальных процессоров, и увеличить пропускную способность системы связи.

10.06.19

Обзор содержания диссертации

Диссертация состоит из оглавления, введения, четырех глав, заключения, списка основных сокращений и обозначений, списка литературы и пяти приложений. Объем работы составляет 159 страниц. В приложениях, в том числе, содержатся акты о внедрении и использовании результатов диссертационной работы и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Введение содержит обоснование актуальности темы диссертационной работы. Также во введении описана проблематика и степень разработанности темы исследования, обозначены цели и задачи исследования, сформулирована научная новизна и основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена описанию особенностей систем с каналом ММО, в том числе massive ММО, а также описанию существующих алгоритмов демодуляции и их основных особенностей. Проведено сравнение помехоустойчивости описанных алгоритмов демодуляции в условиях релейских замираний.

Вторая глава диссертации описывает четыре разработанных алгоритма: А1-А4. Алгоритм А4 как раз и является алгоритмом демодуляции для систем massive ММО, предлагаемым автором. Он включает в себя разработанные алгоритмы А1, А2, А3. Также в этой главе произведено сравнение вычислительной сложности разработанного алгоритма А4 с известным алгоритмом МСКО.

Третья глава диссертации содержит описание уже двух разработанных алгоритмов А7 и А8, которые используются совместно в системах связи с помехоустойчивым кодированием и «мягким» по входу декодером. Алгоритм А7, в отличие от алгоритма А4, носит итерационный характер, и его сложность снижается за счет уменьшения количества итераций. Помимо этого, в данной главе приведен анализ помехоустойчивости и вычислительной сложности разработанных алгоритмов. Произведено сравнение этих результатов с известным алгоритмом МСКО.

Четвертая глава работы посвящена оценке возможности аппаратной реализации известных и разработанных алгоритмов. Рассмотрены возможности использования разработанных алгоритмов для демодуляции сигнала для различных конфигураций многоантенных систем и различного порядка модуляции.

Заключение содержит основные результаты диссертационного исследования.

Научная новизна работы

1. Предложена модификация линейного алгоритма демодуляции МСКО, снижающая его вычислительную сложность без потерь в помехоустойчивости приёма сигнала.
2. Предложен новый итерационный алгоритм демодуляции, вычислительная сложность которого в несколько раз меньше известного алгоритма МСКО при допустимых потерях в помехоустойчивости, для систем ММО с большим числом передающих и приемных антенн.
3. Предложен новый алгоритм вычисления дисперсий ошибок демодуляции для систем massive ММО, использующих декодеры с «мягкими» оценками на входе.

Степень обоснованности научных положений и выводов и их достоверность

Использование компьютерного моделирования для исследования помехоустойчивости в модели системы беспроводной связи, использующей технологию ММО, является общепринятой практикой согласно известной научной литературе. В диссертационной работе присутствуют ссылки на соответствующие источники по методологии моделирования.

Недостатки диссертационной работы

1. В работе нет подтверждения того, что модификации алгоритма МСКО, описанные во второй главе и использующие упрощающие алгоритмические преобразования без потери качества, на самом деле не приводят к ухудшению характеристик помехоустойчивости приема.
2. При расчетах вычислительной сложности не везде приведены окончательные формулы в виде полиномов, из-за чего непонятен характер зависимости сложности от количества антенн и асимптотическая сложность алгоритмов.
3. Отсутствует сравнительный анализ помехоустойчивости разработанных алгоритмов с использованием современных кодов (турбо кодов, LDPC кодов), которые являются очень чувствительными к неточности вычисления мягких оценок битов на входе декодера.

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

Заключение по диссертации

Диссертация Смирнова А.Э. является самостоятельной и законченной научно-квалификационной работой. Работа выполнена на высоком научном уровне, написана грамотным языком.

В работе предложены алгоритмы, которые могут быть использованы для решения актуальной проблемы систем связи с ММО каналами при большом числе передающих и приемных антенн, а именно, высокой вычислительной сложности демодуляции сигнала при требуемых высоких скоростях передачи информации.

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

Диссертация полностью соответствует положению о присуждении учёных степеней, утвержденному постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор, Смирнов Алексей Эдуардович,

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.