

ОТЗЫВ

Официального оппонента Григорьева Владимира Александровича

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

1. Актуальность темы исследования

Технология massive MIMO является одной из ключевых при решении задач увеличения емкости сетей радиосвязи, повышения точности позиционирования, решения задач ЭМС и повышения эффективности использования радиочастотного спектра в том числе в системах сотовой связи пятого поколения (5G), что подтверждает актуальность выбранной темы исследования.

Исследования в направлении снижения вычислительной сложности алгоритмов демодуляции для систем massive MIMO с целью расширения возможностей практической реализации таких антенных систем в системах радиосвязи ведутся, а их результаты представлены в публикациях отечественных и зарубежных авторов. Из них, в частности, следует, что размерность антенных систем напрямую зависит от вычислительной сложности алгоритмов управления характеристиками направленности. Чем ниже вычислительная сложность алгоритмов обработки, тем большая размерность антенной системы достижима при реализации и тем самым обеспечивается большая пропускная способность сети. Поэтому представляется правильным сосредоточение усилий автора на снижении вычислительной сложности алгоритмов обработки сигналов в антеннах с множеством элементов.

Вход. № 05/19
«11» 06.2019 г.
подпись

Разработанные в диссертации алгоритмы позволяют осуществлять обработку сигнала на приёмной стороне за меньшее время по сравнению с известными за счет сокращения количества операций, что крайне важно при увеличении скорости передачи информации для разрабатываемых систем беспроводной связи.

2. Краткая характеристика работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и обозначений, списка литературы, а также 5 приложений.

Во введении обоснована актуальность темы работы, обозначена проблематика отсутствия алгоритмов демодуляции сигнала в системах связи с большим количеством антенн, сформулированы цель работы и задачи, научная новизна и основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава диссертации содержит описание основных характеристик многоантенных систем и анализ источников по принципам обработки сигнала на приёмной стороне в системах ММО. Рассмотрены известные алгоритмы демодуляции в многоантенных системах, произведен анализ их помехоустойчивости для различных антенных конфигураций.

Вторая глава диссертации посвящена оценке вычислительной сложности известных линейных алгоритмов демодуляции и разработке модификации наилучшего среди линейных алгоритмов – алгоритма МСКО. Произведено сравнение вычислительной сложности разработанного алгоритма с известным алгоритмом МСКО.

В третьей главе автором предлагаются два новых алгоритма: итерационный алгоритм демодуляции и алгоритм приближенного вычисления дисперсий ошибок демодуляции для беспроводных систем связи с «мягким» по входу декодером помехоустойчивого кода. Произведен сравнительный анализ разработанных алгоритмов с точки зрения помехоустойчивости и вычислительной сложности по сравнению с известным алгоритмом МСКО.

Четвертая глава работы посвящена оценке возможности реализации разработанных алгоритмов демодуляции на цифровых сигнальных процессорах и FPGA для антенных конфигураций massive MIMO.

Заключение содержит основные результаты диссертационного исследования.

3. Научная новизна

Разработанные автором алгоритмы демодуляции для систем беспроводной связи с большим количеством антенн позволяют снизить вычислительную сложность процедуры демодуляции при допустимых потерях в помехоустойчивости за счет применения модифицированной декомпозиции корреляционных матриц методом Штрассена. Все полученные автором результаты являются новыми.

Использование алгоритма A4, описание которого приведено во второй главе, позволяет снизить вычислительную сложность демодуляции в 2 раза в системах massive MIMO без потерь в помехоустойчивости по сравнению с наилучшим среди линейных алгоритмов демодуляции МСКО.

Алгоритмы A7 и A8, описанные в третьей главе, предназначены для систем massive MIMO с помехоустойчивым кодированием и используются для демодуляции совместно. Их применение позволяет снизить вычислительную сложность демодуляции в 2,5-5 раз в зависимости от модуляции и антенной конфигурации при допустимых потерях в помехоустойчивости.

4. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность

Основные положения, выносимые на защиту, опубликованы в трех статьях в журналах, входящих в Перечень ВАК, одна из которых в научном журнале, индексируемом в базе данных Scopus.

Результаты диссертации обсуждались на семи международных научных конференциях и отражены в материалах этих конференций. Достоверность

результатов диссертационной работы не вызывает сомнений, так как выводы основаны на векторно - матричных методах.

Автором получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

5. Теоретическая значимость

Результаты диссертации в части разработанных алгоритмов демодуляции для систем massive MIMO могут быть использованы для расчета требуемой вычислительной мощности сигнальных процессоров при проектировании антенных систем с демодуляцией на основе оценки вычислительной сложности алгоритмов демодуляции сигналов, в том числе для определения пределов реализуемости способов формирования и обработки сигналов с использованием имеющихся вычислительных средств.

Результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс МГУСИ, о чем свидетельствуют соответствующие акты.

6. Практическая значимость

С практической точки зрения, результаты диссертационного исследования имеют ценность для разработчиков устройств связи приёма сигнала и могут быть использованы при реализации антенных систем перспективного стандарта сотовой связи 5G.

Результаты диссертации Смирнова А.Э. в части снижения вычислительной сложности алгоритмов демодуляции и разработки новых алгоритмов демодуляции использованы и внедрены АО «Крафтвэй корпорэйшн ПЛС», о чем свидетельствует соответствующий акт.

7. Замечания по диссертации

Необходимо отметить следующие замечания к диссертационной работе:

1. В работе отсутствуют сведения о влиянии характеристик матриц H , например, плотности, на эффективность применения метода Штрассена и

соответственно о подходе к его определению применимости в конкретных ситуациях. Не введен показатель плотности матрицы и не приведены сведения о зависимостях плотности матрицы от физических характеристик антенных систем.

2. Не ясно почему в работе автор ограничился значениями размерности антенн кратными 2.

3. Отсутствует оценка влияния погрешности измерения матриц H на результат демодуляции и связанных с ними погрешностей демодуляции.

4. В работе нет обоснования выбора количества итераций L в итерационных алгоритмах и критерия останова, хотя предложенный алгоритм оценивания дисперсии результата демодуляции позволяет оценить погрешность. По этому параметру должна быть поставлена оптимизационная задача, например, при заданной дисперсии определить количество итераций с минимальной вычислительной сложностью или обратная.

5. Для понятной оценки выигрыша предлагаемых решений в работе необходим относительный критерий, например, равный отношению показателя качества приема на количество вычислительных операций.

8. Общая оценка диссертации

Несмотря на отмеченные замечания, диссертация Смирнова А.Э. является законченной научно-исследовательской работой. Работа выполнена на высоком научном уровне на актуальную тему. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

9. Заключение

Представленная к защите диссертация полностью отвечает требованиям Положения о присуждении учёных степеней, предъявляемым к квалификационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук. 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:

Григорьев Владимир Александрович, доктор технических наук, профессор, 20.02.14 - «Вооружение и военная техника», профессор факультета инфокоммуникационных технологий ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

Адрес: 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д.49.

Телефон: +7 (921) 958-93-33

Эл. почта: vgrig@rdnet.ru

Официальный оппонент

Григорьев Владимир Александрович



« 4 » ИЮНЯ 2019 г.

Подпись Григорьева В.А.

ЗАВЕРЯЮ

Начальник управления кадров,
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский
национальный исследовательский
университет информационных
технологий, механики и оптики»



Шепелева В.М.

Адрес: 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д.49.

Телефон: +7 (812) 232-97-04

Эл. почта: od@mail.ifmo.ru