

Акционерное общество «Концерн «Системпром»
(АО «Концерн «Системпром»)

105066, Москва, ул. Нижняя Красносельская, д. 13, стр. 1, тел.: (495) 730-66-67, доб. 7-27; факс. (495) 603-31-56

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель
генерального директора
АО «Концерн «Системпром»

А.Е. Сенский

«12» 12 2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Бен Режеб Тауфика Бен Камеля «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»

1. Актуальность темы исследования

В основу радиоинтерфейса большинства современных стандартов систем беспроводной связи входит технология многоантенных систем ММО, применение которой обусловлено возможностью значительного повышения пропускной способности систем связи за счет пространственной обработки сигналов. Актуальной задачей является повышение пропускной способности систем связи, использующих технологию ММО для организации многопользовательских каналов связи.

В работе Бен Режеб Т.Б.К. предложены новые алгоритмы предварительной обработки сигналов на передающей стороне, позволяющие повысить среднюю пропускную способность пользовательского канала. Повышение пропускной способности системы связи становится возможным за счет адаптации передающего устройства к постоянно изменяющимся

12/12/18
12/12/18

характеристикам радиоканала и дальнейшего вычисления матрицы весовых коэффициентов для наиболее эффективной передачи по каналу передачи данных. Предварительная обработка сигналов на передающей стороне или прекодирования также позволяет оптимально распределить выходную мощность передающего устройства. Кроме того, применение алгоритмов пространственной обработки сигналов позволяет повысить пропускную способность системы связи без расширения полосы частот канала передачи данных, что является безусловно важным преимуществом при ограниченных частотных ресурсах. Учитывая необходимость в высокой скорости передачи данных в системах беспроводной связи нового поколения для предоставления пользователям мультимедийных услуг, тема диссертационной работы является особо актуальной.

В зависимости от способа организации дуплексного канала в работе предложены различные алгоритмы прекодирования, позволяющие увеличить пропускной способности и уменьшить полосу частот для передачи служебной информации о состоянии канала.

2. Структура и основные результаты работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и четырех приложений.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель работы и решаемые задачи, научная новизна, теоретическая и практическая ценность работы и основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава диссертации содержит обзор известных алгоритмов прекодирования для многопользовательских систем ММО, рассматриваются различные решения для организации канала обратной связи в системах связи с технологией ММО. Рассмотрены различные алгоритмы квантования служебной информации о состоянии канала абонентов. Приведен сравнительный анализ известных алгоритмов прекодирования,

предназначенных для многопользовательских систем беспроводной связи с технологией ММО.

Во **второй главе** предлагается новый алгоритм прекодирования для систем связи с временным разделением каналов. Предложенный алгоритм позволяет осуществлять предварительную обработку сигналов на передающей стороне при отсутствии выделенного канала обратной связи от абонентских терминалов к базовой станции. Предлагается новая процедура вычисления прекодирующей матрицы на стороне базовой станции, применение которой повышает помехоустойчивость системы связи с технологией ММО.

В **третьей главе** диссертации предлагается два новых алгоритма прекодирования для систем беспроводной связи с частотным разделением каналов. Разработанные алгоритмы прекодирования с использованием векторного и матричного квантования информации о состоянии радиоканала предназначены для систем беспроводной связи с абонентскими станциями, оснащенными одной и более антеннами.

Четвертая глава диссертации содержит подробный анализ преимуществ предложенных автором алгоритмов. Производится оценка потенциального выигрыша в пропускной способности системы связи от применения предложенных алгоритмов.

В **заключении** сформулированы основные научные и практические результаты диссертационной работы.

3. Научная новизна

Разработаны три алгоритма прекодирования, обладающие преимуществами по сравнению с известными алгоритмами прекодирования, предназначенными для многопользовательских систем беспроводной связи с технологией ММО:

– алгоритм прекодирования А1, предложенный в главе 2, позволяет повысить среднюю пропускную способность в пользовательском канале передачи данных в среднем на 20% в зависимости от условий корреляции

замираний в радиоканале без использования выделенного канала обратной связи;

– алгоритм прекодирования A2, предложенный в главе 3, позволяет сжать информацию о состоянии канала абонентского терминала с одной антенной до 6 бит, что в 10 раз меньше по сравнению с известным алгоритмом прекодирования MMSE и вычислением прекодирующей матрицы на основе полной информации о состоянии канала;

– алгоритм прекодирования A3, предложенный в главе 3, позволяет сжать информацию о состоянии канала абонентского терминала, оснащенного двумя антеннами до 4 бит, что в 32 раза меньше по сравнению с известным алгоритмом прекодирования MMSE и вычислением прекодирующей матрицы на основе полной информации о состоянии канала.

4. Практическая значимость диссертационной работы

Научные и практические результаты, полученные Бен Режеб Т.Б.К. имеют практическую ценность для решения прикладных задач применения технологии MIMO в многопользовательских системах беспроводной связи. Практическая ценность диссертации подтверждается использованием ее результатов АО «Концерн «Системпром», о чем свидетельствует соответствующий акт.

5. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается корректностью применения математического аппарата и согласованностью результатов, полученных с помощью разработанных методик, с результатами теоретического анализа и имитационного моделирования. Полученные результаты обсуждались со специалистами на научных конференциях.

6. Личный вклад автора

Результаты диссертационной работы и положения, выносимые на защиту и составляющие основное содержание работы, разработаны и получены автором лично.

7. Соответствие работы паспорту научной специальности

Тема и содержание диссертационной работы соответствуют пункту 8 паспорта научной специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

8. Апробация результатов работы

Уровень апробации и обсуждения результатов диссертационной работы на всероссийских и международных конференциях представляется достаточным. Основные результаты диссертационные работы отражены в 3 работах в изданиях, включенных в Перечень ВАК, а также в 2 работах в журналах, рецензируемых в базе данных Scopus. Получено одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

9. Рекомендации по использованию результатов диссертации

Разработанные Бен Режеб Т.Б.К. алгоритмы предварительной обработки сигналов могут быть использованы в технике связи, в части приемопередающих устройств для систем беспроводной связи с технологией многоантенных систем ММО.

10. Замечания по диссертационной работе

К замечаниям по результатам диссертационной работы следует отнести следующее:

- в работе не рассмотрены перспективы реализации разработанных алгоритмов с помощью аппаратных средств;
- отсутствует обоснование выбора сверточного помехоустойчивого кодирования с высокой избыточностью при проведении компьютерного моделирования;
- в заключении не обозначены направления дальнейших исследований;
- список сокращений состоит преимущественно из англоязычных обозначений, графики подписаны англоязычными терминами, описание которых не приводится в тексте, что затрудняет восприятие текста диссертации.

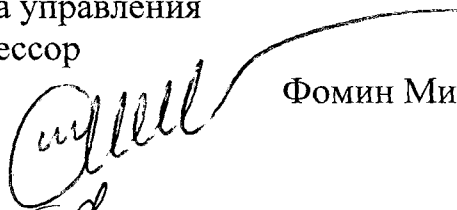
Однако указанные недостатки не снижают значимость полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку работы, защищаемые положения которой обладают научной новизной и практической значимостью.

11. Заключение

Диссертационная работа Бен Режеб Т.Б.К. является законченной научной квалификационной работой, выполненной на актуальную тему. По новизне, уровню научной проработки и практической значимости полученных результатов работа отвечает требованиям п. 9 Постановления 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».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании научно-технического совета Акционерного общества «Концерн «Системпром» (Протокол заседания НТС от 14 декабря 2018 г. № 14-18).

Первый заместитель начальника управления
доктор технических наук, профессор

 Фомин Михаил Дмитриевич

Начальник отдела
кандидат технических наук

 Тенда Валерий Витальевич

Сведения о ведущей организации:

Акционерное общество «Концерн «Системпром»

Адрес: 105066, Москва, ул. Нижняя Красносельская, д. 13, стр. 1.

Веб-сайт: <http://www.systemprom.ru>

Телефон: (495) 730-66-67, факс. (495) 603-31-56

Адрес электронной почты: info@systemprom.ru