



УТВЕРЖДАЮ
проректор по НРиИ ТУСУР
д.т.н., профессор
Р.В. Мещеряков
«02» 09 2017 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР)

Диссертация «Формирование сигнальных конструкций для систем связи с множественным доступом на основе разреженных кодов» выполнена на кафедре телекоммуникаций и основ радиотехники Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники.

В период подготовки диссертации соискатель Покаместов Дмитрий Алексеевич работал на кафедре Телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» в должности ассистента; обучался в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

В 2013 г. Д.А. Покаместов окончил государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» по специальности «Радиотехника».

Научный руководитель – Демидов Анатолий Яковлевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры ТОР, ТУСУР.

Утверждение темы диссертации

Тема диссертации утверждена Ученым советом радиотехнического факультета Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (протокол заседания совета факультета № 4 от 16 декабря 2013 г.).

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы.

Диссертация Д.А. Покаместова является научно-квалификационной работой, в которой приведено описание способов формирования кодовых книг для систем связи с множественным доступом на основе разреженных кодов.

Актуальность темы и направленность исследования.

Диссертационная работа посвящена алгоритмам формирования сигналов множественного доступа на основе разреженных кодов (Sparse Code Multiple Access, SCMA). Традиционно задачей, стоящей при разработке систем связи, является повышение эффективности использования частотно временного

ресурса. SCMA – метод множественного доступа, предложенный в 2013 г., обладающий большей помехоустойчивостью по сравнению с существующими методами, в том числе ортогональным частотным разделением каналов (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM). При использовании SCMA пользователи (слои) ведут передачу кодовых слов (символов модуляции), которые содержатся в трехмерных кодовых книгах. Каждое кодовое слово состоит из нескольких комплексных амплитуд, модулирующих поднесущие. Количество ненулевых значений в кодовом слове значительно меньше общего числа поднесущих, таким образом код каждого абонента, и общая кодовая книга являются разреженными. Каждая поднесущая модулируется суперпозицией амплитуд, формируемых несколькими абонентами, т.е. передача осуществляется неортогонально. Благодаря этому количество абонентов может превосходить количество доступных поднесущих. Все используемые поднесущие ортогональны и формируются в соответствии с технологией OFDM, или технологиями, основанными на OFDM.

Детектирование (демодуляция) символов SCMA осуществляется методами, основанными на алгоритме передачи сообщений (Message Passing Algorithm, MPA). Схожие алгоритмы применяются при декодировании кодов с малой плотностью проверок на четность (Low-density parity-check code, LDPC). Таким образом технология SCMA объединяет подходы, применяемые в OFDM, LDPC кодах и методе кодового разделения каналов (Code Division Multiple Access, CDMA).

Помехоустойчивость SCMA зависит от способов заполнения кодовых книг. Использование различных кодовых книг приводит к абсолютно разной вероятности битовой ошибки в системе связи. Тема формирования кодовых книг слабо освещена в литературе, авторы как правило предлагают кодовые книги с фиксированной, обычно не высокой размерностью, на основе которых невозможно создать систему связи с большим числом абонентов.

Таким образом, актуальность диссертационной работы обусловлена необходимостью создания методов и подходов к формированию кодовых книг с произвольной разрядностью.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации.

Основные результаты диссертации получены лично автором. Экспериментальные исследования проведены совместно с коллективом кафедры ТОР ТУСУР, результаты получены и обработаны лично автором. Все математические модели и программы разработаны автором. Постановка задач исследований осуществлялась совместно с научным руководителем.

Степень достоверности результатов проведенных исследований.

Достоверность результатов выводов и положений диссертационной работы основывается на результатах экспериментальных исследований, полученных на реальных трассах распространения радиоволн, их соответствии с результатами моделирования, а также, в частных случаях с экспериментальными результатами других авторов.

Новизна результатов проведенных исследований.

Покаместовым Д.А. предложен метод формирования кодовых книг для систем связи с SCMA. Кодовые книги, полученные согласно этому методу, позволяют организовать каналы передачи для произвольного числа ортогональных поднесущих. Число таких каналов может до двух раз превосходить количество поднесущих. Системы связи с SCMA, построенные на основе предложенных кодовых книг обладают большей помехоустойчивостью по сравнению с существующими системами на основе OFDM с QAM и PSK модуляций. Также диссертантом был предложен метод изменения сигнальных созвездий SCMA для моделей канала пешехода (EPA) и каналов со случайными фазами, дополнительно снижающий коэффициент битовых ошибок.

Практическая значимость диссертации и использование полученных результатов.

Предложенный метод формирования кодовых книг SCMA может быть использован при разработке перспективных систем связи, обладающих высокой спектральной эффективностью. Метод позволяет адаптивно формировать кодовые книги исходя из количества поднесущих, абонентов, необходимой скорости и вероятности битовой ошибки в системе связи.

Предложенный способ изменения сигнальных созвездий кодовых книг позволит снизить вероятность битовой ошибки при передаче сигналов с SCMA в каналах, характеризующихся неглубокими замираниями, такими как канал пешехода и канал с постоянной амплитудой и случайными фазами.

Ценность научных работ соискателя, полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах.

Ценность научных работ соискателя заключается в том, что предложенные диссертантом методы и алгоритмы, позволяют обеспечить работу системы связи с SCMA в широкой полосе частот, на требуемом числе поднесущих с высокой скоростью и степенью помехоустойчивости.

По материалам диссертационной работы опубликовано 7 статей в российских журналах, входящих в перечень ВАК., 5 работы в изданиях, рецензируемых в Scopus, 2 работы в издании, рецензируемом в Web of Science, 17 работ в иных изданиях.

Статьи в журналах из перечня ВАК

1. Крюков Я.В. Модель фазового шума с учетом спектральной маски синтезаторов частоты и генераторов сигнала / Я.В. Крюков Д.А. Покаместов, Е.В. Рогожников / Известия Томского политехнического университета. Информационные технологии. – 2014. – Т. 325. №5. – С. 54-61.
2. Покаместов Д.А. Формирование и обработка сигналов множественного доступа с разреженным кодом / Д.А. Покаместов, А.Я. Демидов, Я.В. Крюков, и др. // Электросвязь. – 2016. – №10. – С. 56–61.
3. Крюков Я.В. Помехоустойчивость канала управления системы LTE / Я.В. Крюков, Д.А. Покаместов, Е.В. Рогожников Технологии и средства связи. — 2016. — №4. — С. 54-57.

4. Покаместов Д.А. Влияние формирующих матриц на помехозащищенность каналов связи с множественным доступом на основе разреженных кодов / Д.А. Покаместов, А.Я. Демидов, Я.В. Крюков // Доклады ТУСУР. – 2016. – Т. 19, № 3. – С. 65-69.

5. Крюков Я. В. Алгоритм расчета мощности каналов при неортогональном множественном доступе NOMA / Я. В. Крюков, А. Я. Демидов, Д. А. Покаместов // Доклады ТУСУР. – 2016. – Т. 19, № 4. – С. 91-94.

6. Покаместов Д.А. Расчет зон обслуживания кластера базовых станций систем сотовой связи при заданном распределении абонентов / Д.А. Покаместов, В.А. Кологривов, Г.П. Бабур-Карателли, Я.В. Крюков // Вестник СИБГУТИ, 2017. – №2. – С. 26-34.

7. Покаместов Д.А. Концепция физического уровня систем связи пятого поколения / Д.А. Покаместов, Я.В. Крюков, Е.В. Рогожников и др. // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. – 2017. – Т. 60. – № 7. – С. 367-382.

Доклады в трудах конференций, индексируемых в Web of Science, Scopus

1. Abenov R. Multipath powerline communications channel (PLC) modelling / R. Abenov, D. Pokamestov, A. Geltser // Microwaves, Communications, Antennas and Electronic Systems (COMCAS), 2015 IEEE International Conference on. – 2015. – PP. 1-4.

2. Rogozhnikov E. V. Decrease in the computational complexity of the signal processing algorithms for passive radars using the signals of illuminators of opportunity / E. V. Rogozhnikov, D. A. Pokamestov, R. R. Abenov // 2016 17th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices (EDM). – IEEE, 2016. – с. 168-172.

3. Rogozhnikov E. V. Full duplex wireless communication system, analog and digital cancellation, experimental research / E.V. Rogozhnikov, A.S. Koldomov, D.A. Pokamestov et al. // Control and Communications (SIBCON), 2017 International Siberian Conference on. – 2017. – PP. 1-5.

4. Pokamestov D.A. Dynamically changing SCMA codebooks / D.A. Pokamestov, A.Ya. Demidov, Ya.V. Kryukov, E.V. Rogozhnikov // Control and Communications (SIBCON), 2017 International Siberian Conference on. – 2017. – PP. 1-4.

5. Pokamestov D.A. Concepts of the physical level of the fifth generation communications systems / D.A. Pokamestov, Y.V. Kryukov, E.V. Rogozhnikov et al. // Radioelectronics and Communications Systems. – 2017. – V. 60, №. 7, PP. 285-296.

Публикации в иных сборниках и журналах

1. Покаместов Д.А. Обнаружение OFDM сигналов с периодической преамбулой / Д.А. Покаместов, Я.В. Крюков // Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2014». – Томск: В-Спектр, 2014. – Ч. 2. – С. 58-60.

2. Абенев Р.Р. Модель многолучевого канала линии электропередач / Р.Р. Абенев, Д.А. Покаместов, В.А. Воробьев // Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2015». – Томск: В-Спектр, 2015. – Ч. 2 С. 167-169.

3. Покаместов Д.А. Регистратор OFDM сигналов на базе ПЛИС ALTERA / Д.А. Покаместов, Я.В. Крюков, А.В. Максимов // Многоядерные процессоры, параллельное программирование, ПЛИС, системы обработки сигналов. Сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции. – Барнаул, 2015. – С. 58-63.
4. Abenov R.R. Powerline Communications Channel: Modeling and Noise Monitoring / R.R. Abenov, D.A. Pokamestov, A.A. Geltser et al. // «Приборостроение, Электроника и Телекоммуникации – 2015» Сборник статей I Международного форума IEET-2015, проводимого в рамках XI Международной научно-технической конференции «Приборостроение в XXI веке. Интеграция науки, образования и производства». – Ижевск, 2015. – С.7-13.
5. Костюков А.И. Сравнение методов помехоустойчивого кодирования в беспроводных системах связи. моделирование и анализ кодирования с низкой плотностью проверок на четность (LDPC) / А.И. Костюков, Д.А. Покаместов // Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2016». – Томск: В-Спектр, 2016. – С. 256-259.
6. Покаместов Д.А. Множественный доступ с разреженным кодом / Д.А. Покаместов, А.Я. Демидов, Я.В. Крюков // 26-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». Материалы конференции. – 2016. – Т. 4. – С. 693-700.
7. Крюков Я.В. Метод неортогонального множественного доступа / Я.В. Крюков, А.Я. Демидов, Д.А. Покаместов // 26-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». Материалы конференции. – 2016. – Т. 4. – С. 658-665.
8. Ковалев В.В. Формирование и обработка OFDM сигналов / В.В. Ковалев, О.Ю. Селецкая, Д.А. Покаместов // Молодой ученый. – 2016. – № 14(118). – С. 151-154.
9. Дубровский А.С. Формирование разреженных регулярных матриц для LDPC кодирования / А.С. Дубровский, Д.А. Покаместов // Материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР–2017». – Томск: В-Спектр, 2017. – Ч. 1. – С. 246-248.

Соответствие содержания диссертации избранной специальности.

Предмет исследования и материалы диссертационной работы соответствует специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения» по областям исследования:

1. Разработка и исследование методов и алгоритмов обработки радиосигналов в радиосистемах телевидения и связи при наличии помех. Разработка методов разрушения и защиты информации.

2. Исследование и разработка радиотехнических систем и устройств передачи информации, в том числе радиорелейных и телеметрических, с целью повышения их пропускной способности и помехозащищенности.

Диссертация «Формирование сигнальных конструкций для систем связи с множественным доступом на основе разреженных кодов» Покаместова Дмитрия Алексеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Заключение принято семинаре кафедры телекоммуникаций и основ радиотехники радиотехнического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники». Присутствовало на заседании – 12 чел., в том числе 3 д.т.н., 4 к.т.н., 2 к.ф.-м.н. и др. Результаты голосования: «за» – 12 чел., «против» – 0 чел., «воздержались» – нет, протокол №12 от «27» июня 2017 г.

Председатель семинара,
к.т.н., зав. каф. ТОР


А.А. Гельцер

Секретарь семинара,
к.т.н., доцент каф. ТОР


Е.В. Рогожников