

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора ИПУ РАН

к.ф.м.н.

Барабанов И.Н.

«06» мая 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН) – на диссертационную работу Андреева Сергея Дмитриевича на тему «Разработка и исследование моделей множественного доступа и алгоритмов управления потоками трафика для гетерогенных беспроводных сетей», представленную к защите в диссертационном совете Д 212.233.05 на базе ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Актуальность диссертационной работы

Беспроводные сотовые сети передачи информации в настоящее время представляют собой активно развивающуюся в Российской Федерации и за ее пределами технологию связи. Построенные по принципу тесной интеграции разнородных технологий радиодоступа, такие гетерогенные системы обеспечивают возможность работы своих пользователей с беспроводными ресурсами, а также обеспечивают поддержку приложений Интернета вещей. Современные гетерогенные системы мобильного доступа имеют ряд уникальных особенностей, таких как высокая плотность размещения пользовательских устройств и узлов сетевой инфраструктуры, использование прямых соединений между устройствами, а также применение крайне высоких частот.

При проектировании и реализации гетерогенной беспроводной сети ключевыми являются вопросы организации коллективного использования ресурса для гетерогенных беспроводных сетей в условиях высокой плотности размещения

ГВАПОД	Документ зарегистрирован
	« 08 » мая 2019 г.
	Вх. № 71-132/19

устройств с целью оценки показателей качества обслуживания и управления информационными потоками с целью снижения нагрузки на сотовую сеть методом перенаправления трафика в сети других технологий радиодоступа. Как следствие, не вызывает сомнений актуальность диссертационной работы С.Д. Андреева, в которой решена важная научно-техническая проблема по созданию моделей и алгоритмов для обеспечения эффективного функционирования гетерогенных беспроводных сетей.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций. Теоретическая и практическая ценность диссертационной работы

Представленная на отзыв диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 360 наименований, и шести приложений. Полный объем работы составляет 438 страниц машинописного текста, содержит 116 рисунков и 9 таблиц. **Научная новизна** диссертационной работы определяется следующим.

Во второй главе разработана новая модель гетерогенной сети с набором интегрированных между собой технологий радиодоступа, применимая для оценки параметров качества обслуживания. Данная модель позволила определить, что вероятность блокировки сессии пользователя может быть снижена до 40% при наличии в рамках гетерогенной сети трех различных технологий радиодоступа. Также во второй главе предложен алгоритм с разделением пользовательской сессии для совмещенной сети радиодоступа в условиях высокой плотности размещения узлов сетевой инфраструктуры, позволяющий повысить скорость отправки данных пользователями на величину 50–60% при входной интенсивности 10–20 сессий в секунду.

В третьей главе разработана модель гетерогенной сети с возможностью установления прямых соединений между пользовательскими устройствами, применимая для оценки параметров качества обслуживания. Модель позволила определить, что среднее число передающих пользователей может быть увеличено

на 20–25% при входной интенсивности 10–20 сессий в секунду. Также в третьей главе сформулирован алгоритм с одновременным подключением пользователя к нескольким узлам сетевой инфраструктуры при передаче на крайне высоких частотах, позволяющий понизить вероятность сброса пользовательской сессии от двух до десяти раз по сравнению с базовым алгоритмом без переподключений.

В четвертой главе предложена модель сотовой сети с конкурентным доступом большого числа одновременно подключающихся устройств, применяемая для изучения показателей эффективности системы связи. Данная модель позволила определить, что вероятность коллизии может быть снижена до 50% при использовании интервала отсрочки длительностью от 1 до 3 секунд. Также в четвертой главе разработана модель сети радиодоступа с конкурентным обслуживанием множества носимых устройств, применяемая для оценки показателей эффективности системы радиодоступа на крайне высоких частотах. Данная модель позволила определить, что энергетическая эффективность персональной сети может быть повышена до трех раз в случае направленной передачи.

В пятой главе предложен протокол управления системой прямых соединений, а также способ его реализации в гетерогенной сети с интегрированными между собой технологиями радиодоступа, позволяющие снизить нагрузку на сотовую сеть, повышая скорость передачи пользователей на 45% и более при выгрузке 20% трафика на прямые соединения. В этой главе сформулирован также алгоритм распределения трафика с сетевым кодированием, учитывающий структуру сессий, передаваемых в гетерогенной системе прямых соединений с большим количеством пользователей, и позволяющий повысить вероятность их успешного обслуживания до 20% по сравнению с передачей без использования сетевого кодирования.

Теоретическая значимость работы обусловлена, прежде всего, тем, что предложены новые модели организации множественного доступа для

пользователей гетерогенных сетей мобильной связи в условиях высокой плотности размещения устройств, а также созданы эффективные алгоритмы управления потоками трафика с целью снижения нагрузки на сотовую сеть передачи данных. Методология диссертации впервые объединяет методы теории массового обслуживания и стохастической геометрии, применяя их к современным гетерогенным сетям, и отличается от известных как своим комплексным подходом, так и учетом основных особенностей текущего этапа развития беспроводных систем.

Таким образом, в результате проведенных в диссертационной работе исследований решена *важная научно-техническая проблема* по созданию моделей и алгоритмов для обеспечения эффективного функционирования гетерогенных беспроводных сетей. Научные результаты диссертационной работы С.Д. Андреева позволяют говорить о создании нового научного направления в области разработки и исследования моделей множественного доступа и алгоритмов управления потоками трафика для таких систем, которое вносит существенный вклад как в теорию, так и в практику работ по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Практическая значимость диссертационной работы состоит в разработке обоснованных рекомендаций для научно-исследовательских, проектных организаций и телекоммуникационных компаний. Результаты работы легли в основу целого ряда учебно-методических комплексов для лекционных курсов, а также постановок задач для выпускных квалификационных работ бакалавров и магистров. Часть результатов диссертации получена при выполнении ряда крупных научно-исследовательских проектов, в том числе при исследованиях по грантам РФФИ (16-11-10227), РФФИ (17-07-00845, 17-07-00142, 15-07-03051, 10-08-01071), а также при выполнении НИР в рамках госзадания (2.882.2017/4.6) и при создании в РУДН модельной сети лаборатории опережающих исследований сетей 5G (начиная с 2017 г.).

Полученные в диссертационной работе результаты внедрены в Российском университете дружбы народов (РУДН), Москва; Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича (СПбГУТ), Санкт-Петербург; публичном акционерном обществе «ГИПРОСВЯЗЬ», Москва; научно-исследовательском институте радио (ФГУП НИИР), Москва; обществе с ограниченной ответственностью «ЭВС», Санкт-Петербург.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждается корректным применением математического аппарата, результатами имитационного моделирования, а также широким спектром публикаций и выступлений как на российских, так и на международных конференциях.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации

Все основные результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно. Экспериментальные исследования проведены при его участии и под непосредственным научным руководством. Направления исследований диссертационной работы, формулировки и постановки задач обсуждались с научными консультантами проф. К.Е. Самуйловым и проф. А.М. Тюрликовым, что отражено в совместных публикациях, в которых основные результаты и их доказательства принадлежат автору.

Полнота опубликования и апробация результатов исследования

Основные результаты диссертации опубликованы в 68 работах, в том числе в 6 главах в монографиях, в 12 работах, опубликованных в журналах из перечня ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации; в 32 работах, опубликованных в трудах, индексируемых Scopus и Web of Science.

Основные положения диссертационной работы были представлены и обсуждались на следующих конгрессах, конференциях и семинарах: IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), Shanghai, China, 7–10 April

2013; IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT), Istanbul, Turkey, 7–12 July 2013; Aachen, Germany, 25–30 June 2017; IEEE Vehicular Technology Conference (VTC-Spring), Dresden, Germany, 2–5 June 2013; Glasgow, UK, 11–14 May 2015; Porto, Portugal, 3–6 June 2018; IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT), Seoul, Korea, 6–8 March 2014; European Wireless, Budapest, Hungary, 20–22 May 2015; Oulu, Finland, 18–20 May 2016; Dresden, Germany, 17–19 May 2017; IEEE International Conference on Communications (ICC), Kuala Lumpur, Malaysia, 23–27 May 2016; Kansas City, USA, 20–24 May 2018; IEEE Global Communications Conference (Globecom), Washington DC, USA, 4–8 December 2016; Singapore, Singapore, 4–8 December 2017; Abu Dhabi, UAE, 9–13 December 2018; Международная конференция «Распределенные Компьютерные и Телекоммуникационные Сети: Управление, Вычисление, Связь», Москва, Россия, 17–21 сентября 2018; семинары РУДН, ГУАП, СПбГУТ.

Правильность оформления диссертации и автореферата, соответствие автореферата диссертации ее содержанию

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с принятыми для научных квалификационных работ нормами и требованиями. Автореферат адекватно и в полной мере отражает основные научные результаты и положения, сформулированные в тексте диссертации.

Автореферат содержит краткое изложение материалов диссертационной работы по главам и полностью соответствует содержанию самой диссертационной работы. В автореферате выделены все решаемые в каждой главе задачи и представлены полученные научные результаты.

Недостатки работы

В качестве недостатков работы отметим следующее:

1. При рассмотрении в рамках главы 3 модели движения препятствий следовало бы описать более подробно, какие значения параметров (скорость, направление движения и т.д.) были выбраны.

2. В главе 4 при исследовании процедуры конкурентного доступа в предложенной модели предусмотрена возможность коллизии преамбул, но не учтена вероятность искажения последующих сигнальных сообщений.

3. Из приведенного в главе 5 описания модели неясно, является ли время жизни контента параметром сети в целом или характеристикой, наблюдаемой на отдельных пользовательских устройствах.

4. Имеется ряд недочетов редакционного характера, включая опечатки и стилистические погрешности. Кроме того, на приведенных рисунках не указана точность, с которой проводилось имитационное моделирование.

Заключение

Отмеченные недостатки не могут повлиять на общую положительную оценку диссертационной работы С.Д. Андреева. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена крупная научная проблема по созданию моделей и алгоритмов для обеспечения эффективного функционирования гетерогенных беспроводных сетей, имеющая важное хозяйственное значение.

Полученные автором результаты отличаются научной новизной и практической значимостью. Основные положения широко апробированы на значимых российских и зарубежных конференциях, на семинарах в ведущих университетах и исследовательских центрах. Научные результаты диссертации достаточно полно опубликованы в ведущих российских и зарубежных изданиях. Название работы полностью отражает ее содержание, а тематика диссертации соответствует пунктам 4, 5, 11, 12 и 14 паспорта специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций». Автореферат адекватно отражает содержание диссертационной работы и ее основные результаты.

На основании изложенного считаем, что диссертация С.Д. Андреева «Разработка и исследование моделей множественного доступа и алгоритмов управления потоками трафика для гетерогенных беспроводных сетей»

соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в его действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций», а ее автор Андреев Сергей Дмитриевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук.

Доклад автора по диссертации «Разработка и исследование моделей множественного доступа и алгоритмов управления потоками трафика для гетерогенных беспроводных сетей» заслушан, и настоящий отзыв принят на заседании расширенного научного семинара лаборатории № 69 «Управление сетевыми системами» Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН 12 марта 2019 года, протокол № 8.

Зав. лабораторией № 69 «Управление сетевыми системами»
(специальность 05.13.15),
д.т.н., проф.



Вишневский Владимир Миронович

6 мая 2019 года

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук
Адрес: 117997, г. Москва, Профсоюзная ул. 65
Сайт: <http://www.ipu.ru> Телефон: +7 (495) 334-89-10
Факс: +7 (495) 334-93-40, +7 (499) 234-64-26
E-mail: dan@ipu.ru