



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

ул. Профессора Попова, д.5 литера Ф, Санкт-Петербург, 197022
Телефон: (812) 234-46-51; факс: (812) 346-27-58; e-mail: info@etu.ru; <https://etu.ru>
ОКПО 02068539; ОГРН 1027806875381; ИНН/КПП 7813045402/781301001

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук
Маркелова Олега Александровича на диссертацию Чан
Тунг Зыонга на тему «Исследование и разработка
методов распределения ресурсов воздушных и
наземных базовых станций в сетях связи на основе
искусственного интеллекта», по специальности 2.2.15 –
«Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Актуальность темы диссертационной работы

В 2025 году ожидается, что число пользователей мобильной связи в мире достигнет 13,8–17,1 миллиарда, а объём трафика вырастет до пяти зеттабайт к концу 2030 года. Предполагается, что 6G станет революционным этапом в развитии сотовых сетей — от «подключённых устройств» к «подключённому интеллекту», с ещё более строгими ключевыми показателями эффективности. Искусственный интеллект станет основой эволюции 6G, обеспечивая создание самоорганизующихся, интеллектуальных и адаптивных беспроводных сетей. Беспилотные летательные аппараты входят в число наиболее перспективных технологий, способствующих развитию 6G. Такие сети расширят зону покрытия как в изолированных, так и в мобильных условиях, предоставляя гибкую по требованию связь для таких сфер, как ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций, автономный транспорт и промышленная автоматизация.

Автор в своей работе исследовал модели и разработал методы максимизации скорости передачи данных при использовании воздушных базовых станций ABS на основе Q-learning и алгоритма ϵ -greedy, которые характеризуются способностью к обучению на основе взаимодействия с окружающей средой, адаптацией к динамическим условиям сети и эффективным выбором действий для достижения оптимального распределения ресурсов.

Так же автору удалось уменьшить высоту расположения ABS и одновременно увеличить скорость передачи данных, что вносит весомый вклад в развитие области распределения мощности между пользователями в сетях 6G.

Исходя из сказанного, тема, представленной на отзыв диссертационной работы “Исследование и разработка методов распределения ресурсов воздушных и наземных базовых станций в сетях связи на основе искусственного интеллекта” является актуальной.

Содержание работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и двух приложений. Полный объем диссертации составляет 122 страницы. Работа содержит 13 рисунков, 8 таблиц и список из 131 литературного источника.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и результатов, сформулированных в диссертационной работе

Достоверность и степень обоснованности научных положений, выводов и результатов диссертационной работы подтверждается корректным применением математического аппарата, обсуждением результатов диссертационной работы на международных конференциях и семинарах, публикацией основных результатов диссертации в ведущих рецензируемых журналах.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на The International Conference on Advanced Computing & Next-Generation Communication (ICACNC) – Санкт Петербург – 12.10.2023 - 13.10.2023, 24th

International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networks and Systems (NEW2AN) – Марракеш (Марокко) – 12.12.2024 - 13.12.2024, 8th International Conference on Future Networks & Distributed Systems (ICFNDS) – Марракеш (Марокко) – 1.12.2024 - 11.12.2024, 80-я научно-техническая конференция СанктПетербургского НТОРЭС им.А.С.Попова, посвященная Дню Радио. 21-25 апреля 2025 года, Научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, научных работников и аспирантов СПбГУТ, 17-21 февраля 2025, семинары кафедры сетей связи и передачи данных СПбГУТ.

Всего по теме диссертации опубликовано 9 работ, из них 3 статьи, опубликованных в журналах из перечня ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации; 1 работа в базе данных SCOPUS, 5 работ в других научных изданиях и материалах конференций.

Количество публикаций в рецензируемых научных изданиях, в которых излагаются результаты научных работ – 3, что соответствует требованиям п. 13 «Положения о присуждении ученых степеней» (утв. Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842).

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Научная новизна диссертационной работы состоит в разработанных методах распределения ресурсов в гибридных воздушно-наземных сетях. В первой главе автор проанализировал развитие телекоммуникационных сетей, исследовал характеристики каналов "воздух–земля" и "воздух–воздух", рассмотрел существующие подходы к оптимизации размещения ABS и планированию траекторий их перемещений с целью улучшения покрытия, повышения качества связи и снижения энергозатрат, а также сформулировал цели и задачи диссертационной работы.

Во второй главе представлена модель и методика размещения ABS в городских условиях для поддержки GBS в случае перегрузки, возникающей при разной плотности пользователей в отдельных районах. Подобные ситуации нередко

происходят в реальной жизни, особенно в густонаселённых зонах, а также во время фестивалей и спортивных мероприятий.

В третьей главе автор рассматривает задачу совместной оптимизации размещения ABS и распределения мощности между пользователями с целью максимизации скорости передачи данных в системе. Для её решения предложен подход, основанный на методах обучения с подкреплением, в частности, применении алгоритма Q-learning и стратегии ϵ -greedy.

В четвёртой главе диссертационной работы представлены модель и метод, направленные на изучение задач ассоциации пользователей, распределения энергии и оптимизации размещения ABS в гибридных сетях. При этом радиус покрытия GBS рассматривается как динамический параметр, что позволяет определять количество и местоположение пользователей, подключённых к GBS или ABS, в зависимости от конкретного значения радиуса.

Основные результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию для планирования гибридной воздушно-наземной сети связи, а также в учебном процессе в рамках основных курсов бакалавриата и магистратуры.

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.

Замечания по диссертационной работе

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Функция вознаграждения в DDPG исключает компонент GBS, считая, что его вклад остаётся постоянным. Но в реальной многопользовательской системе

даже небольшие изменения в распределении ресурсов между ABS и GBS могут повлиять на общую производительность. Это упрощение может вызвать существенное отличие модели от реальной системы и необходимо его формализовать.

2. Автором в работе использовано равномерное распределение мощности между пользователями, которые подключаются к GBS. В реальных условиях QoS варьируется, и это может быть источником ошибок или снижения производительности. Данное упрощение модели также требует формализованного описания.

3. В тексте диссертации отсутствуют расшифровки некоторых отдельных аббревиатур, которые введены без описания.

4. В содержании присутствует дублирование (например, «РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ...» — дважды в разных главах); встречаются орфографические неточности («ЗАКЛЛЮЧЕНИЕ» вместо «ЗАКЛЮЧЕНИЕ»).

5. В работе имеются опечатки и стилистические неточности.

Заключение

Отмеченные недостатки не снижают ценности результатов диссертации для теории и практики. Диссертационная работа Чан Тунг Зыонга «Исследование и разработка методов распределения ресурсов воздушных и наземных базовых станций в сетях связи на основе искусственного интеллекта» является законченной научно-квалификационной работой. Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций: 1,8 и 18.

В диссертации решена научная задача, которая заключается в распределении ресурсов в условиях перегрузки сетей связи для неоднородной наземной сети с различной плотностью пользователей в различных районах покрытия сети связи, имеющая значение для отрасли цифрового развития и связи. Диссертация отвечает критериям, изложенным в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней»,

утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями). Автореферат полностью отражает основное содержание диссертационной работы.

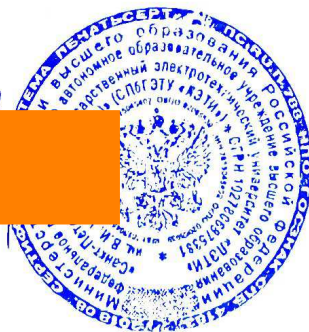
Диссертационная работа «Исследование и разработка методов распределения ресурсов воздушных и наземных базовых станций в сетях связи на основе искусственного интеллекта» заслуживает положительной оценки, а её автор — Чан Тунг Зыонга – присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15. – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

03.06.2025

И.о. заведующего кафедрой
радиотехнических систем
кандидат технических наук

Маркелов Олег Александрович

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
НАЧАЛЬНИК ОДС
Т.Л. РУСЯЕВА



Организация: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)
Почтовый адрес: улица Профессора Попова, дом 5, литера Ф, Санкт-Петербург, 197022.
Тел. (812) 234-46-51. Сайт: www.etu.ru. Email: info@etu.ru