

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор -
проректор по научной работе РУДН
доктор медицинских наук, профессор, член-корр. РАН

А.А. Костин

19.09.2024



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН) на основании решения, принятого на заседании кафедры теории вероятностей и кибербезопасности факультета физико-математических и естественных наук РУДН.

Диссертация «Анализ приоритетной системы обслуживания трафика с зависимым занятием радиоресурсов» выполнена на кафедре теории вероятностей и кибербезопасности факультета физико-математических и естественных наук РУДН.

Макеева Елена Дмитриевна, 1996 года рождения, гражданка России, в 2020 году окончила с отличием федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов» по направлению 01.04.02 «Прикладная математика и информатика».

С 22.09.2020 по 21.09.2024 гг. обучалась в аспирантуре РУДН по программе подготовки научно-педагогических кадров по направлению 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, 05.13.17 Теоретические основы информатики.

В период подготовки диссертации Макеева Е.Д. являлась участником в исследованиях по теме № 025319-2-000 «Разработка моделей и алгоритмов нарезки радиоресурсов и приоритетного доступа в беспроводной сети 6G».

Документ о сдаче кандидатских экзаменов, соответствующих специальности 05.13.17 Теоретические основы информатики, выдан в 2024 году в РУДН.

Научный руководитель – Кочеткова Ирина Андреевна, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры теории вероятностей и кибербезопасности федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН).

Название темы диссертационного исследования в окончательной редакции было утверждено на заседании Ученого совета факультета физико-математических и естественных наук РУДН 25.06.2024 г., протокол № 0201-08/11.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы.

В своей диссертационной работе Макеева Елена Дмитриевна построила модели приоритетного доступа узкополосного трафика со снижением мощности сигнала, скорости передачи и прерыванием обслуживания широкополосного трафика при зависимом занятии двух типов ресурса – мощности сигнала и длительности кадра. На их основе представила алгоритмы для анализа и расчета показателей эффективности обслуживания широкополосного трафика при приоритетном доступе узкополосного трафика в беспроводной сети. Провела анализ влияния на показатели моделей мощности затухания сигнала.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации, состоит в:

- разработке модели приоритетного доступа узкополосного трафика с возобновлением и ожиданием начала обслуживания широкополосного трафика в виде системы массового обслуживания с двумя орбитами;
- формулировании и численном решении задачи выбора параметра потока попыток возобновления обслуживания широкополосного трафика;
- разработке модели приоритетного доступа узкополосного трафика с прерыванием обслуживания широкополосного трафика в виде ресурсной системы массового обслуживания с зависимым занятием ресурса, состоящим из двух компонент – первый тип ресурса моделирует длительность кадра, а второй тип ресурса описывает мощность сигнала;
- построении модели мощности затухания сигнала с использованием кусочно-заданного вида функции для прямой видимости и максимума нескольких функций для не прямой видимости;
- разработке модели приоритетного доступа со снижением скорости передачи и прерыванием обслуживания широкополосного трафика в виде ресурсной системы массового обслуживания с зависимым занятием ресурса, где длительность кадра разделяется дискриминаторно пропорционально требованиям к скорости обслуживания трафика;
- формулировании и решении задачи максимизации средней скорости широкополосного трафика по значениям уровней скорости и при ограничениях на вероятности прерывания обслуживания и блокировки.

Разработанные модели применены для анализа и расчета показателей эффективности обслуживания широкополосного трафика при приоритетном доступе узкополосного трафика в беспроводной сети.

Степень достоверности результатов проведенных исследований.

Достоверность полученных результатов подтверждается строгими математическими выводами, которые были сделаны при разработке алгоритмов на основе теории массового обслуживания, математической теории телетрафика, теории вероятности и стохастической геометрии. Кроме того, были проведены численные эксперименты для анализа показателей эффективности построенных моделей. Результаты диссертационной работы

представлялись на всероссийских и международных научных конференциях и семинарах.

Новизна результатов проведенных исследований.

1. Модель с возобновлением обслуживания учитывает время на попытки начать и возобновить передачу широкополосного трафика в виде системы с двумя орбитами. Ранее в моделях для анализа сверхнадежной передачи и широкополосной связи использовались системы с очередями.
2. В модели с прерыванием обслуживания используется модель мощности затухания сигнала с кусочно-заданной функцией для прямой видимости и максимумом нескольких функций для непрямой видимости. Ранее в ресурсных системах массового обслуживания применялись по одной формуле для задания затухания сигнала в зонах прямой и непрямой видимости. Модель содержит два типа ресурса – длительность кадра, разделяемого в равных долях между всем сессиями, и мощность сигнала, выбираемую с учетом доли кадра для достижения требуемой скорости. Ранее в ресурсных системах, применяемых для анализа беспроводных сетей, использовался один тип ресурса – отношение мощности сигнала к шуму и интерференции.
3. Модель со снижением скорости передачи использует дискриминаторное разделение длительности кадра между сессиями пропорционально требованиям к скорости обслуживания трафика и зависимым выбором уровня мощности сигнала. Ранее в ресурсных системах массового обслуживания применялось равное разделение кадра между сессиями.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Модель ресурса, разработанная для этих систем, учитывает взаимосвязь между двумя типами ресурса: мощностью сигнала и длительностью кадра. Это позволяет проводить более точный анализ и оптимизацию работы беспроводных сетей. Созданные модели с разными схемами доступа и приоритетной передачей узкополосного и широкополосного трафика могут быть полезны для сотовых операторов при развёртывании и эксплуатации сетей пятого поколения и последующих версий. Они помогают оптимизировать использование доступной пропускной способности и учесть требования к обслуживанию широкополосного трафика.

Часть представленных результатов были получены в рамках исследований по гранту РФФИ № 20-37-70079 «Исследование и разработка моделей и интеллектуальных алгоритмов совместного обслуживания трафика с малыми задержками и широкополосного доступа в беспроводных сетях пятого поколения», проектам РУДН: № 025319-2-000 «Разработка моделей и алгоритмов нарезки радиоресурсов и приоритетного доступа в беспроводной сети 6G» и № 021937-2-000 «Модели математической теории телетрафика для анализа приоритетного обслуживания потокового и эластичного трафика в сетях новых поколений».

- трафика с малыми задержками URLLC и широкополосного доступа eMBB в беспроводных сетях пятого поколения // Информатика и ее применения, 2020. – 14(4). – Р.17-24.
5. *Макеева Е.Д., Кочеткова И.А., Шоргин В.С.* Модель для выбора уровней скорости широкополосного трафика eMBB в условиях приоритетной передачи трафика URLLC в сети 5G // Системы и средства информатики. – 2023. – 33(4). – С.140-148.
 6. *Агеева А.С., Макеева Е.Д., Кочеткова И.А.* Расчет характеристик модели приоритетного доступа трафика URLLC с адаптивным изменением скорости трафика eMBB в условиях затухания сигнала сети 5G // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU2023663827/28.06.2023. Заявка № 2023662790 от 21.06.2023.
 7. *Макеева Е.Д.* Сравнительный анализ моделей обслуживания широкополосного трафика при приоритетной передаче данных с малой задержкой в беспроводной сети // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. – 2024. – С.138-141.
 8. *Макеева Е.Д., Аскеров А.Э., Кочеткова И.А.* Анализ вероятностной модели затухания мощности сигнала в сценариях 3GPP TR 38.901 сети 5G // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. – 2024. – С.142-146.
 9. *Леонтьева К.А., Макеева Е.Д.* Анализ показателей эффективности передачи широкополосного трафика при приоритетных сессиях с низкой задержкой в беспроводной сети // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2023): Материалы XXII Международной конференции имени А.Ф. Терпугова, Томск, 04–09 декабря 2023 года. – Томск: Томский государственный университет, 2023. – С.173-177.
 10. *Makeeva, E.* Approaches to the joint scheduling of URLLC and EMBB traffic transmission in wireless 5G networks // Цифровое общество: образование, наука, карьера. Москва, 2021. – Р. 410-420.
 11. *Макеева Е.Д., Куцазли А.И., Кочеткова И.А.* Модель стохастической геометрии для анализа затухания сигнала в сценариях 3GPP TR 38.901 развертывания беспроводной сети // Новые информационные технологии в исследовании сложных структур: Материалы пятнадцатой международной конференции, респ. Алтай, 16-20 сентября 2024. – Томск: Томский государственный университет, 2024. – С.74-75.

Диссертационная работа Макеевой Елены Дмитриевны рекомендуется к публичной защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика».

Заключение принято на заседании кафедры теории вероятностей и кибербезопасности факультета физико-математических и естественных наук Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН).

Присутствовало на заседании 25 чел.

Результаты голосования: «за» – 25 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.

17.09.2024, протокол № 0200-54/01-04/02.

Председательствующий на заседании:
Заведующий кафедрой теории вероятностей
и кибербезопасности,
доктор технических наук, профессор



К.Е. Самуйлов

Подпись удостоверяю.
Ученый секретарь Ученого совета
факультета физико-математических
и естественных наук РУДН,
кандидат физико-математических наук



И.С. Зарядов