

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Маслова Александра Руслановича
«Метод анализа ресурсной модели с сигналами и его применение к расчету
показателей эффективности высокочастотной мобильной сети»,
представленную к защите в ПДС 0200.006 на базе Российского университета
дружбы народов имени Патриса Лумумбы на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3
«Теоретическая информатика, кибернетика»

Актуальность темы диссертационной работы

Актуальность темы обусловлена необходимостью эффективного анализа качества связи высокочастотных беспроводных сетей в условиях крупного мегаполиса с большим количеством объектов, блокирующих распространение сигнала. Расчёт показателей эффективностей подобных сетей, в которых пользователи иногда пытаются восстановить свою сессию после того, как она была прервана, представляет собой сложную техническую задачу, без решения которой не получится масштабировать развитие телекоммуникаций в современных условиях.

Диссертационная работа Маслова А.Р. направлена на разработку моделей и методов, которые позволяют более эффективно распределять нагрузку на базовые станции сетей передачи данных и учитывать не только неоднородность требований к ресурсам, но и настойчивое поведение пользователей.

Считаю, что тема диссертационной работы Маслова Александра Руслановича «Метод анализа ресурсной модели с сигналами и его применение к расчету показателей эффективности высокочастотной мобильной сети» является актуальной и полностью соответствует специальности 1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика».

Характеристика содержания диссертационной работы

Диссертационная работа Маслова А.Р. содержит введение, три главы, заключение, список основных обозначений и список использованной литературы.

Во введении формулируется тема исследования, связанная с развитием сотовых систем, использующих миллиметровые и терагерцовые диапазоны частот. Описываются применение ресурсных систем при анализе сотовых систем 5G и 6G и возникающая при этом проблема вычислительной сложности из-за отсутствия аналитических результатов исследования ресурсных систем массового обслуживания с сигналами. Формулируется цель диссертационной работы – разработка и анализ ресурсной модели с сигналами и повторными вызовами для расчёта вероятностных характеристик высокочастотной мобильной сети.

Первая глава содержит описывает причины возникновения неоднородности требований сессий к радиоресурсам в сетях пятого поколения. В главе также рассмотрены существующие методы расчёта вероятностных характеристик ресурсных систем с сигналами. Построена и проанализирована ресурсная модель с повторными вызовами. Сформулированы задачи для достижения цели диссертационной работы.

Вторая глава посвящена разработке приближённого метода для анализа ресурсной системы массового обслуживания с сигналами. Доказана Теорема 2.1 об аналитическом решении системы уравнений равновесия цепи Маркова, вложенной по моментам окончания обслуживания заявок. Разработан итерационный алгоритм для расчёта вероятностных характеристик ресурсной модели с сигналами.

Третья глава посвящена модели обслуживания сессий высокочастотной беспроводной сети с повторными вызовами. Модель представлена ресурсной системой массового обслуживания с сигналами и орбитой. Проводится численный анализ показателей эффективности, используя полученное аналитически стационарное распределение.

В заключении суммируются основные результаты исследования.

Достоверность и новизна результатов диссертации

Достоверность основных результатов диссертационной работы подтверждается корректным применением методов теории массового обслуживания и учетом особенностей современных стандартов, в частности 3GPP TR 38.901, в рассмотренных моделях, что делает данное исследование важным с практической точки зрения.

В диссертационном исследовании разработаны ресурсные модели с повторными вызовами: без сигналов, в которой заявки гарантировано обслуживаются за конечное время после выделения им необходимого объема ресурса, и с сигналами, в которой возможно прерывание обслуживания любой заявки с последующим возобновлением обслуживания с новым объемом ресурса. Также разработан метод приближённого анализа ресурсной модели с сигналами, с помощью которого получено аналитическое решение системы уравнений равновесия цепи Маркова, вложенной по моментам ухода заявок из системы.

Таким образом, результаты диссертации отличаются достаточной степенью достоверности и научной новизны, что позволяет им внести существенный вклад в разработку приложений высокочастотных мобильных сетей.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Сформулированные в диссертационной работе научные положения, выносимые на защиту, и выводы в достаточной степени обоснованы, что повышает их достоверность и значимость для дальнейших исследований и практического применения.

Ценность для науки и практики результатов работы

Результаты работы имеют высокую научную и практическую ценность для развития высокочастотных беспроводных сетей, дополняют соответствующую область знаний и имеют практическую ценность для эксплуатации сетей в реальных условиях.

Предлагаемые в диссертационном исследовании разработанные модели и алгоритмы расширяют существующие знания в области теории массового обслуживания и математической теории телетрафика, а также могут служить основой для дальнейшего анализа в области разработки методов анализа ресурсных систем.

Результаты исследования могут быть использованы операторами сотовой связи для оптимизации работы беспроводных сетей. Разработанный метод приближенного анализа ресурсных систем с сигналами позволяет

снизить вычислительную нагрузку необходимую для расчета показателей эффективности сетей.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Результаты диссертационной работы представлены в 4 научных статьях из журналов, индексируемых в международных базах цитирования Web of Science/Scopus, а также в 2 свидетельствах программ для ЭВМ.

Материалы исследования представлены в виде докладов на всероссийских и международных конференциях и семинарах, отражены в отчетах по совместным исследовательским мероприятиям в рамках сотрудничества РУДН, по грантам РФФИ и по системе грантовой поддержки научных проектов РУДН.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат диссертации точно передает ключевые положения исследования и соответствует всем предъявленным требованиям.

Замечания по диссертационной работе

1. Разделы 1.1 и 1.2 первой главы следовало бы предварить кратким обзором литературы по рассматриваемой тематике, а также расширить описание перехода от параметров работы реальной базовой станции мобильной сети и описания требований к предоставляемому ею ресурсу к математической модели ресурсной системы с сигналами. То же замечание относится и к разделу 3.1.
2. В разделе 1.2 указывается, что подход Байеса для оценки вероятности объёма, освобождаемого в момент поступления сигнала, применяемый далее для расчета стационарного распределения вероятностей состояний системы с суммарно учитываемым объемом занятого ресурса, дает довольно хорошую аппроксимацию стационарного распределения вероятностей состояний исходной системы с учетом объема ресурса для каждой отдельной заявки на обслуживании. Здесь следовало бы более детально обсудить данный вопрос и, возможно, привести численные примеры.

3. Доказательство теоремы 2.1 во второй главе следовало бы сократить.
4. Функция $G(n,r)$ в разделе 2.1 вычисляется с помощью рекурсии (2.5), которая включает в себя операцию вычитания. Для данной рекурсии необходимо было бы указать, является ли она численно устойчивой и не дает ли недопустимых значений $G(n,r)$, например, отрицательных.

Указанные замечания большей частью являются рекомендательными и не снижают общей положительной оценки исследования, выполненного в диссертационной работе. Автор в достаточной степени продемонстрировал владение методами исследования случайных процессов и умение применять данные методы для решения поставленных задач.

Заключение

Диссертационная работа Маслова Александра Руслановича на тему «Метод анализа ресурсной модели с сигналами и его применение к расчету показателей эффективности высокочастотной мобильной сети» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится новое решение научной задачи по вычислению вероятностных характеристик высокочастотных мобильных сетей с повторными вызовами. Эти результаты представляют собой значительный вклад в развитие теории и практики беспроводных сетей пятого и последующих поколений. Важным достижением работы является проведение подробного анализа влияния настойчивого поведения пользователей на показатели эффективности. Это позволяет операторам сотовой связи более точно оценивать нагрузку на базовые станции в пределах населённых мегаполисов и предпринимать соответствующие меры для корректирования работы сети.

Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, согласно п.2.2 раздела II Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», утвержденного ученым советом РУДН 22.01.2024 г., протокол № УС-1, а её автор, Маслов Александр Русланович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3 «Теоретическая информатика, кибернетика».

Официальный оппонент, Семёнова Ольга Валерьевна, доктор физико-математических наук (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления» им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН)

«30» сентября 2025 г.



Семёнова Ольга Валерьевна

тел. +7 (926) 210-95-13; email: olga.semenova@ipu.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем управления» им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН)

Адрес: 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 65

Тел.: +7 (495) 334-89-10

E-mail: dan@ipu.ru

Страница в интернете: <http://www.ipu.ru>

