

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

*на диссертационную работу Ивановой Дарьи Вадимовны
«Модели совместного обслуживания трафика с приоритизацией и разделением ресурсов в
промышленном развертывании мобильных сетей»,
представленную к защите в диссертационном совете ПДС 0200.006 при федеральном
государственном автономном образовательном учреждении высшего образования
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.2.3 – «Теоретическая информатика, кибернетика»*

Актуальность темы

Использование сетей связи пятого поколения (5G) открывает новые возможности, в том числе для промышленных решений, например, в области развертывания систем автоматизации, характеризующихся высокими требованиями к качеству обслуживания. В работе рассматриваются два ключевых типа услуг для таких систем – сверхнадежная передача данных с низкими задержками (URLLC), востребованная для удаленного управления элементами производственного оборудования, а также усовершенствованная мобильная широкополосная связь (eMBB), характеризующаяся высокой пропускной способностью (например, для систем видеонаблюдения).

Эффективное внедрение технологий в данной области требует одновременной поддержки указанных типов услуг, однако для них существенно различаются требования к качеству обслуживания. Актуальность данного диссертационного исследования заключается в развитии новых алгоритмов и моделей одновременного обслуживания различных типов трафика на беспроводном интерфейсе 5G NR.

Достоверность и новизна результатов диссертации

Достоверность полученных результатов диссертации подтверждается, в том числе публикациями в международных рецензируемых изданиях, приведенными аналитическими соотношениями и результатами их анализа.

Научная новизна результатов диссертации состоит в следующем:

1. Предложена модель совместного обслуживания с приоритизацией, которая позволяет учитывать влияние условий развертывания беспроводных сетей, поддерживающих принципиально разные типы трафика, в промышленной среде, включая возможную интерференцию и динамическую блокировку передачи данных между устройствами.

2. Для модели с резервированием индивидуальных зон без прерывания обслуживания предложено аналитическое (традиционно используется только численное) решение с рекуррентным алгоритмом расчета стационарного распределения вероятностей.

3. Модель мультисервисной мобильной сети позволяет провести сравнение различных вариантов стратегий обслуживания, основанных на приоритетах и резервировании, по производительности, причем как с точки зрения пользователя, так и оператора. В рамках сравнительного анализа моделей проведена численная оптимизация параметров для обеспечения гарантий качества обслуживания.

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

Обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, подтверждается приведенными доказательствами на основе аппарата теории вероятностей и математической теории телетрафика, а также результатами численного анализа характеристик моделей.

Ценность для науки и практики результатов работы

В диссертационной работе построены модели мультисервисных мобильных сетей с различными механизмами обслуживания нескольких типов трафика, которые не встречались в предшествующих работах. При этом они представляют определенный интерес для дальнейших исследований с перспективой прикладного внедрения разработанных математических и программных решений для управления доступом к ресурсам сети, расчета показателей эффективности и оценки производительности развертывания сетей 5G, в том числе в промышленной среде. Результаты работы могут оказаться полезными в рамках развертывания промышленных сетей для обеспечения гарантированного уровня качества обслуживания трафика. Результаты соискателя использованы в отчетных материалах проектов, поддержанных Российским фондом фундаментальных исследований и Российским научным фондом, в рамках тематик, к которым относится данное диссертационное исследование.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 7 статьях, в том числе в изданиях первого и второго квартилей баз Web of Science и Scopus («IEEE Access», «Mathematics», «Future Internet», «Lecture Notes in Computer Science»), и представлены в виде докладов на международных конференциях. В 4 из 7 публикаций соискатель является

первым автором. Кроме того, получены 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, в обоих является первым автором.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

Автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертационной работы, содержит как теоретические результаты, так и графики численного анализа моделей.

Замечания по работе

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Описанию ряду вопросов в диссертации не хватает необходимой математической строгости. Например, модели трафика основаны на случайных процессах, однако ничего не говорится о вероятностных пространствах, на которых они заданы.

2. На стр. 19 диссертации в модели обслуживания широкополосного трафика и трафика с малыми задержками предполагается, что запросы на предоставление услуг представляют собой пуассоновский поток с некоторыми интенсивностями. В диссертации отсутствует подтверждение соответствия подобной модели реальным данным в сетях связи. Уместно было бы рассмотреть другие распределения для потоков, а также нестационарные и случайные интенсивности.

3. Аналогичное замечание касается и марковости рассматриваемых в диссертации случайных процессов (см., например, стр. 21): не приведены обоснования и не обсуждается возможность невыполнения марковского свойства.

4. Исследованию приведенных в диссертации моделей не хватает более детальной проработки. Например, помимо результатов численных экспериментов в условиях отсутствия реальных данных сетей связи исследование стоило бы расширить результатами имитационного моделирования. Также изучены не все возможные зависимости от параметров: так, материал главы 2 мог быть расширен в части исследования вероятностей прерывания обслуживания и коэффициента использования ресурсов.

5. В диссертации в главах 1-3 ряд формул представлен в виде утверждений без доказательств или хотя бы комментариев о способе их получения соискателем, что представляется весьма спорным. Всего пять утверждений из двадцати четырех, приведенных в диссертации, снабжены доказательствами.

Сделанные замечания не снижают общую положительную оценку уровня полученных научных результатов, как и хорошее впечатление от диссертационной работы Д.В. Ивановой в целом.

Заключение

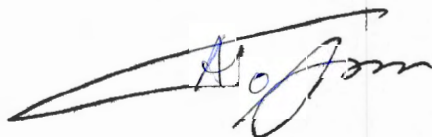
Диссертационное исследование Ивановой Дарьи Вадимовны является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи построения и анализа моделей одновременной передачи нескольких типов трафика в промышленных развертываниях мобильных сетей, являющейся важной для области современных систем связи.

Работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук (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 протокол № УС-1 от 22.01.2024 г.), а ее автор, Иванова Дарья Вадимовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3 – «Теоретическая информатика, кибернетика».

Официальный оппонент:

главный научный сотрудник, руководитель отдела, Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук,
доктор физико-математических наук, доцент (05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ)

24.02.2025



Горшенин Андрей Константинович

Подпись Горшенина А.К. заверяю:

Ученый секретарь ФИЦ ИУ РАН,
д.т.н.



Захаров В.Н.

Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук»

Телефон: +7 (499) 135-62-60

Факс: +7 (495) 930-45-05

Адрес: 119333, Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2

Адрес электронной почты: frccsc@frccsc.ru