



**«Российский университет дружбы народов  
имени Патриса Лумумбы» (РУДН)**

ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, Россия, 117198  
ОГРН 1027739189323; ОКПО 02066463; ИНН 7728073720

Телефон: +7495 434 53 00, факс: +7495 433 15 11  
www.rudn.ru; rudn@rudn.ru

09 ноября 20 23  
№ 05-07/9278

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор  
проректор по научной работе,  
доктор медицинских наук, профессор,  
чл

  
Костин Андрей Александрович

« 09 » 11 2023 г.

**ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ  
федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Российский университет дружбы народов  
имени Патриса Лумумбы» (РУДН)**

на диссертацию Горбачевой Любови Сергеевны на тему  
«Исследование характеристик трафика и качества обслуживания для  
роботов-манипуляторов в сетях связи с ультрамалыми задержками»,  
представленную к защите в диссертационном совете Д 55.2.004.01 на базе  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет  
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» (СПбГУТ)  
на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

**Актуальность темы исследования**

Основное направление развития сетей связи в настоящее время, на  
среднесрочную и долгосрочную перспективу связано с созданием сетей связи

пятого и последующих поколений. Все эти сети базируются на двух сетевых структурах: сверхплотных сетях и сетях связи с ультрамалыми задержками.

Одними из основных терминальных устройств в сетях связи пятого и последующих поколений, формирующих требования по ультрамалым задержкам, будут различные роботы. Автор в своей работе вносит весомый вклад в развитие теории и практики сетей связи с ультрамалыми задержками путем исследования характеристик трафика и качества обслуживания для роботов-манипуляторов, что позволяет получить неизвестные ранее характеристики трафика для таких сетей и даже разработать новый протокол, который проходит в настоящее время стадию международной стандартизации. Исходя из сказанного, тема представленной на отзыв диссертационной работы «Исследование характеристик трафика и качества обслуживания для роботов-манипуляторов в сетях связи с ультрамалыми задержками» является, несомненно, актуальной.

#### **Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 81 наименования и двух приложений.

Научная новизна диссертационной работы проявляется уже непосредственно в самом названии. Исследования в области характеристик трафика и качества обслуживания для роботов в сетях связи пятого и последующих поколений востребованы в настоящее время мировым сообществом для создания научно-обоснованной среды при внедрении этих сложнейших сетей.

Автор концентрирует внимание на проблемах исследования характеристик трафика и качества обслуживания для роботов-манипуляторов в сетях связи с ультрамалыми задержками. Именно такие будут определять основные приложения сетей связи в обозримом будущем, а роботы-манипуляторы займут уже в ближайшем будущем важное место среди новых терминалов сетей связи. Анализ появления и развития таких сетей, а также робототехнике как новому направлению в развитии терминалов сети и формулировке цели и задач диссертационной работы, посвящена первая глава диссертации.

Вторая глава посвящена проблемам создания модельной сети для исследования услуг телеприсутствия, для которой автор диссертации отвечала за создание фрагмента сети для исследования, тестирования и обучения по взаимодействию роботов-манипуляторов и современных сетей связи. Создание такой современной модельной сети позволило уже в настоящее время проводить широкий спектр исследований в области взаимодействия роботов-манипуляторов с сетью связи, моделируя как собственно процессы взаимодействия, так и проводить оценку качества обслуживания при различных характеристиках самой сети, задавая их на натурной модели.

В третьей главе автор исследует проблемы удаленного управления роботами-манипуляторами по сети связи с учетом различных расстояний и устанавливает, что устойчивое управление роботами-манипуляторами возможно при расстоянии между пунктом управления и роботом-манипулятором не более 115 км при выполнении задач по перемещению грузов и черчению. Полученные результаты уточняют существующие рекомендации Сектора стандартизации телекоммуникаций Международного союза электросвязи (МСЭ-Т) и могут быть использованы непосредственно при планировании и проектировании сетей связи. Кроме того, экспериментальным путем определены характеристики создаваемого на сеть связи трафика при взаимодействии роботов-манипуляторов и современных сетей связи и установлены недостатки традиционного протокола взаимодействия между роботами-манипуляторами и сетью связи, не позволяющие добиться эффективного использования каналов связи.

Исходя из сказанного, в четвертой главе диссертационной работы разработан метод управления параметрами обмена и протокол прикладного уровня для роботов-манипуляторов, которые для управления роботами по сети связи общего пользования используют передачу серии команд, число которых оптимизировано по эффективности использования канала связи, что позволяет повысить эффективность использования сетевых ресурсов, например, при вероятности ошибки выполнения команды роботом 0,001 на величину более чем 74%. Разработанный протокол предложен в виде вклада по разработке соответствующей рекомендации в МСЭ-Т.

**Обоснованность и достоверность научных положений и выводов** подтверждается корректным применением математического аппарата, результатами натурного моделирования на модельной сети, обсуждением результатов диссертационной работы на международных конференциях и семинарах, публикацией основных результатов диссертации в ведущих рецензируемых журналах.

## **Значимость для науки и практики результатов, полученных автором диссертации**

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит, прежде всего, в самом предмете исследования – характеристиках трафика и качества обслуживания для роботов-манипуляторов в сетях связи с ультрамалыми задержками. Полученные характеристики трафика (количество пакетов/с, средний размер пакета в байтах и скорость передачи данных в бит/с), поступающего на сеть связи общего пользования от роботов-манипуляторов для приложений вакуумного захвата, механического захвата и черчения при использовании существующего протокола с накоплением команд в буфере клиента и вновь разработанного метода с использованием передачи серии команд, расширяют существующие знания в области теории телетрафика. Самостоятельную теоретическую значимость имеют результаты, полученные экспериментальным путем на модельной сети, в отношении предельного расстояния для устойчивого функционирования роботов-манипуляторов при взаимодействии с сетью связи общего пользования.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в возможности использования результатов работы для планирования сетей связи, разработки рекомендаций МСЭ-Т, а также в процессе обучения студентов и аспирантов по профильным специальностям. Весомую практическую ценность имеет создание сегмента модельной сети для исследований, тестирования и обучения в лаборатории «Исследование сетевых технологий с ультрамалой задержкой и сверхвысокой плотностью на основе широкого применения искусственного интеллекта для сетей 6G» (MEGANETLAB 6G) СПбГУТ и соответствующей методики тестирования.

Полученные в диссертационной работе результаты внедрены в ПАО «ГИПРОСВЯЗЬ» при разработке методики планирования сетей связи при предоставлении услуг телеприсутствия робота-манипулятором, ФГУП НИИР в рамках выполнения государственных контрактов по научно-техническому и методическому обеспечению выполнения Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ функций Администрации связи РФ в части, касающейся международно-правовой защиты интересов РФ в области электросвязи и радиосвязи в виде предложений по вкладам от имени Администрации связи РФ (Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ) в МСЭ-Т, в СПбГУТ при чтении лекций и проведении практических занятий по курсам «Тактильный Интернет и интернет навыков», «Сети связи с ультрамалыми задержками» и «Системы, сети и устройства телекоммуникаций», а также при выполнении Соглашения о предоставлении из федерального бюджета гранта в форме субсидий,

выделяемого для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных организациях высшего образования, научных учреждениях и государственных научных центрах РФ от 06.07.2022 № 075-15-2022-1137 по приоритетному направлению научно-технологического развития РФ 20а - Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта.

#### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Основные результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию при проведении научно-исследовательских работ в области современных телекоммуникационных сетей и систем и при выполнении государственных контрактов по научно-техническому и методическому обеспечению выполнения Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций функций Администрации связи РФ в МСЭ-Т в работах по разработке стандартов (вкладов), в отраслевом научно-исследовательском институте ФГУП НИИР, при проектировании и планировании современных сетей связи ПАО «ГИПРОСВЯЗЬ», операторскими компаниями ПАО «Ростелеком», ПАО «Мегафон», ПАО «ВымпелКом», ПАО «МТС», а также при подготовке специалистов по современным сетям и системам связи в университетах НИУ ВШЭ, РУДН, СПб НИУ ИТМО, СПбПУ Петра Великого, ПГУПС Императора Александра I, СПбГУТ, ПГУТИ, МТУСИ, СибГУТИ и др.

#### **Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации**

Все основные результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно. Экспериментальные исследования проведены под научным руководством автора при его непосредственном участии.

### **Полнота опубликования и апробация результатов исследования**

Основные результаты диссертации опубликованы в 9 работах, в том числе в 5 работах в журналах из перечня ВАК Министерства образования и науки РФ; 1 работе в изданиях, включенных в международные базы цитирования; 1 отчете о НИР; 2 работах в других научных изданиях.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на конференции DCCN (International Conference on Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications) в 2022 году, онлайн-семинаре по теме «Мобильные робототехнические системы в сельском хозяйстве» в 2022 году, на заседании Исследовательской комиссии 11 «Требования к сигнализации, протоколы, спецификации испытаний и борьба с контрафактными устройствами электросвязи/ИКТ» МСЭ-Т (10-20.05.2023), СПБНТОРЭС (78-я научно-техническая конференция Санкт-Петербургского НТО РЭС им. А.С. Попова, посвященная Дню радио) в 2023 году.

### **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.

### **Недостатки диссертационной работы:**

1. Стр. 26, стр. 33. Требуются пояснения по обоснованию состава первого набора услуг телеприсутствия.
2. Точно также было бы полезно указать, по какой причине для исследований выбран многофункциональный робот-манипулятор Dobot Magican (стр. 36).
3. Неясно, к какому классу потоков в соответствии с классификацией Башарина-Кендалла относится поток трафика, поступающий от сервера к клиенту (стр.66).
4. По тексту диссертации имеются опечатки, хотя и в небольшом количестве.

## **Заключение**

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Горбачевой Любови Сергеевны. Диссертация «Исследование характеристик трафика и качества обслуживания для роботов-манипуляторов в сетях связи с ультрамалыми задержками» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи исследования характеристик трафика и качества обслуживания для роботов манипуляторов и оптимизации использования канала связи для управления ими, имеющая значение для отрасли цифрового развития и связи, а также специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

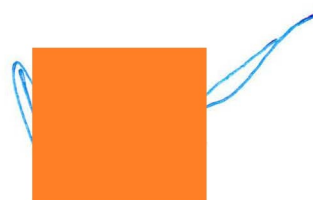
Полученные автором результаты отличаются научной новизной и практической значимостью. Результаты апробированы на значимых научных конференциях. Основные научные результаты диссертации достаточно полно опубликованы в ведущих российских и зарубежных изданиях. Название работы полностью отражает ее содержание, содержание диссертации соответствует пунктам 1, 7, 9 и 19 специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций. Автореферат адекватно отражает содержание диссертационной работы и ее основные результаты.

На основании изложенного считаем, что диссертация Горбачевой Любови Сергеевны «Исследование характеристик трафика и качества обслуживания для роботов-манипуляторов в сетях связи с ультрамалыми задержками» соответствует критериям, которые установлены пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, в редакции от 18.03.2023), предъявляемым в отношении диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций, а ее автор Горбачева Любовь Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

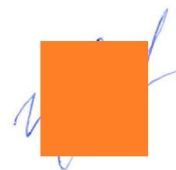
Диссертация и автореферат заслушаны и обсуждены на заседании кафедры теории вероятностей и кибербезопасности федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» 17.10.2023 (состав кафедры – 35, присутствовали – 27), протокол № 0200-54/01-04/02.

07.11.2023

Заведующий кафедрой теории вероятностей  
и кибербезопасности РУДН,  
доктор технических наук  
(специальность 05.13.17 – Теоретические  
основы информатики), профессор  
Самуйлов Константин Евгеньевич



Доцент кафедры теории вероятностей  
и кибербезопасности РУДН,  
кандидат физико-математических наук  
(специальность 05.13.17 – Теоретические  
основы информатики), доцент  
Кочеткова Ирина Андреевна



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов имени  
Патриса Лумумбы» (ФГАОУ ВО РУДН)  
Адрес: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6  
<http://www.rudn.ru/>  
+7 (495) 434-70-27  
[rector@rudn.ru](mailto:rector@rudn.ru)