

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 55.2.004.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»  
МИНИСТЕРСТВА ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ  
КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 25 декабря 2024 г. № 17

О присуждении Демидову Николаю Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и исследование моделей трафика и метода оценки качества предоставления голографических услуг» по специальности 2.2.15 Системы, сети и устройства телекоммуникации принята к защите 23 октября 2024 года, протокол № 12 диссертационным советом 55.2.004.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, 191186, Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 61, приказ № 258/нк от 27 марта 2019 года.

Соискатель Демидов Николай Александрович, 11.03.1996 года рождения, работает преподавателем в Санкт-Петербургском колледже телекоммуникаций им. Э.Т. Кренкеля федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации.

В 2020 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» с присуждением квалификации магистра по направлению подготовки

«Инфокоммуникационные технологии и системы связи». В 2024 году окончил освоение программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича».

Диссертация выполнена на кафедре инфокоммуникационных систем федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент, Маколкина Мария Александровна, основное место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», кафедра инфокоммуникационных систем, заведующий кафедрой.

Оппоненты: 1. Колбанев Михаил Олегович, доктор технических наук, профессор, основное место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», кафедра информационных систем и технологий, профессор кафедры; 2. Маркелов Олег Александрович, кандидат технических наук, доцент, основное место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», кафедра радиотехнических систем, доцент, и.о. заведующего кафедрой, дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Самуйловым Константином

Евгеньевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой теории вероятностей и кибербезопасности, Кочетковой Ириной Андреевной, кандидатом физико-математических наук, доцентом, доцентом кафедры теории вероятностей и кибербезопасности, утвержденном Костиным Андреем Александровичем, доктором медицинских наук, профессором, первым проректором – проректором по научной работе, указала, что диссертация «Разработка и исследование моделей трафика и метода оценки качества предоставления голографических услуг» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по разработке моделей трафика для голографического типа коммуникаций, повышающих эффективность оценки качества восприятия данных услуг в сетях связи пятого и последующих поколений, 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, 3, 7, 8 паспорта 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 Демидова Николая Александровича «Разработка и исследование моделей трафика и метода оценки качества предоставления голографических услуг» соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, предъявляемым в отношении диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Демидов Николай Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 12, из них в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных

ВАК, – 3, в том числе 3 в изданиях, соответствующих искомой специальности, а также: 9 статей в других научных журналах, сборниках научных статей, трудов и материалах конференций. Из них 9 работ опубликованы соискателем без соавторства. Общий объем авторского вклада в работы (без результатов интеллектуальной собственности) составляет 3,53 печ.л. из общего количества 4,13 печ.л. Диссертация не содержит недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации.

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Демидов Н.А. Исследование трафика 3D-видеопотока на имитационной модели // Электросвязь. 2024. №3. С.44-48. DOI: 10.34832/ELSV.2024.52.3.008.

2. Демидов Н.А. Моделирование процессов обслуживания голографического трафика в сети общего пользования // Электросвязь. – 2024. – № 8. – С. 32-37. – DOI 10.34832/ELSV.2024.57.8.005. – EDN QNDMWG.

3. Демидов Н.А. Маколкина М.А. Голографическая коммуникация: исследование качества восприятия голографических копий // ТУЗС. – 2024. – Т. 10, № 5. – С. 15-22.

Публикации в других изданиях:

4. Демидов, Н.А. Анализ особенностей голографических сетевых приложений / Н.А. Демидов // Сборник научных статей X Международной научно-технической и научно-методической конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании». – 2021. – Т. 4. – С. 688-692.

5. Демидов, Н.А. Исследование трафика приложений виртуальных аватаров / Н.А. Демидов // Сборник «Технические науки: проблемы и решения» по материалам LXVII международной научно-практической конференции. – 2022. – С. 30-36.

6. Демидов, Н.А. Исследование передачи трафика 3D видеопотока с использованием технологии DWDM / Н.А. Демидов // В сборнике научно-

технической конференции Санкт-Петербургского НТОРЭС им. А.С. Попова, посвященной Дню радио. – 2023. – № 1 (78). – С. 178-181.

7. Демидов, Н.А. Воспроизведение голографических изображений – анализ основных тенденций и характеристика оборудования / Н.А. Демидов // Электронный научный журнал E-Scio. – 2023. - № 4. – С. 285-293. – URL: <http://e-scio.ru/wp-content/uploads/2023/04/Демидов-Н.А.pdf>.

8. Демидов, Н.А. Применение многоуровневой облачной архитектуры мес и cloudlet для хранения собранных данных / Н.А. Демидов, В.Н. Коваленко, А.С.А. Мутханна // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2023). Всероссийская научно-техническая и научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей. – 2023. – С. 193-198.

9. Демидов, Н.А. Анализ алгоритма выбора облачного хранилища данных с использованием аналитической модели / Н.А. Демидов, В.Н. Коваленко // В сборнике научно-технической конференции Санкт-Петербургского НТОРЭС им. А.С. Попова, посвященной Дню радио. – 2024. – № 1 (79). – С. 143-147.

10. Демидов, Н.А. Исследование характеристик голографического трафика в рамках прогнозирования нагрузки на вычислительную инфраструктуру / Н.А. Демидов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XIII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4-х т., СПб.: СПбГУТ, 2024. – Т. 4. – С. 647-651.

11. Демидов Н.А. Некоторые аспекты исследования передачи трафика 3D-видеоизображений // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция; сб. науч. ст. в 4 т. СПб.: СПбГУТ, 2023. – Т. 1. – С.389-394.

12. Демидов Н.А. Некоторые аспекты исследования трафика голографических аватаров в режиме реального времени // SCIENCE AND TECHNOLOGY RESEARCH – 2022. V Международная научно-практическая конференция. Петрозаводск, 2022. – С. 33-39.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: официального оппонента Колбанёва М.О.; официального оппонента Маркелова О.А., ведущей организации РУДН, Степанова М.С., к.т.н., доц., доцента кафедры сетей связи и систем коммутации Московского технического университета связи и информатики; Тонких Е.В., к.т.н., заместителя начальника отдела Ордена Трудового Красного Знамени Российского научно-исследовательского института радио имени М.И. Кривошеева; Самойлова А.Г., д.т.н., проф., профессора кафедры радиотехники и радиосистем Владимирского государственного университета им. А.Г. и Н.Г. Столетовых; Сергеевой М.Ю., технического директора, и Потишного Р.В., генерального директора ООО «Сигурд-Айти», Татарниковой Т.М., д.т.н., проф., директора института информационных технологий и программирования Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения; Бурдина А.В., д.т.н., доц., советника генерального директора по инновациям АО «Научно-производственное объединение Государственный оптический институт им. С. И. Вавилова», Канаева А.К., д.т.н., проф., профессора кафедры «Электрическая связь» и Логин Э.В., к.т.н., доцента кафедры «Электрическая связь» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.

Все отзывы положительные, но есть критические замечания. При анализе оборудования для осуществления голографической коммуникации приведены технические характеристики и подробное описание рассматриваемого оборудования, было бы полезно выработать рекомендации для каких типов услуг подходит то или иное оборудование. В первой главе автор говорит про голографическое телеприсутствие и голографические аватары, во второй и третьей про голографические услуги и голографический тип коммуникаций, в четвертой про голографическую конференцсвязь, было бы полезно, если бы автор разработал первый набор голографических услуг. В главе 2 приведены результаты мониторинга трафика 3D видеопотока, однако, не указано с помощью какого инструментария осуществлялся мониторинг. При описании схемы лабораторного стенда в разделе 2.2.2, рис. 2.20 автор не указывает протоколы и характеристики

оборудования, которые используются в данном исследовании. При оценке качества восприятия услуги голографической конференцсвязи проведено сравнение разработанного метода с объективными оценками, однако, было бы полезно сравнить и с другими субъективными методами. В первой главе при сравнении различных типов оборудования стоило визуализировать рост численности голографических вентиляторов, проекторов, кубов, 3D пирамид или рост дохода от продаж данного оборудования. На рис. 2.23 представлена структура модельной сети, на базе которой проводилось экспериментальное исследование трафика мультимедиа, Интернета вещей и голографических услуг. Однако, стоило бы подробнее описать сегмент сети, какое оборудование и какие функции выполняло во время проведения экспериментов. При разработке субъективного метода оценки качества была выбрана пятибалльная шкала оценки, почему? При проведении оценки качества предоставления услуги голографической конференцсвязи не описан процесс формирования голографического потока. Какие параметры его характеризуют? В работе в недостаточной степени отражена классификация голографических услуг. Описаны голографические копии, голографический тип коммуникаций, голографическая конференцсвязь, виртуальные аватары, однако, не представлены их основные отличия и особенности. Не освещены в достаточной мере протоколы передачи голографического трафика лабораторного стенда. В разделе 2.3 представлена оценка параметра Хёрста для 3D-видеопотока, передаваемого по сети с помощью технологии Ethernet. Неясно, почему оценка параметра Хёрста проводилась только для этого типа трафика и для данной технологии. В тексте раздела 2 не приведено обоснование применимости модели долговременной зависимости на основе показателя Херста к такому типу трафика. Отсутствуют пояснения выбранных значений скорости передачи голографического трафика (64,3 Мбит/с) и длин пакетов (40-80 байт, 1280-2560 байт)? На стр. 19 не представлено обоснование применения критерия Пирсона при анализе результатов моделирования процессов обслуживания голографического трафика в полной мере. В четвертой главе автореферата, посвященной оценке качества

восприятия услуги голографической конференцсвязи, используется сокращение MOS, но оно не раскрывается ни как аббревиатура, ни как понятие. Более того, в этой главе, в контексте делаемых выводов оно используется в сочетании «шкала MOS», а в заключении – «модели MOS», что вносит определенную терминологическую путаницу. Кроме того, в контексте качества восприятия услуги голографической конференцсвязи, в автореферате не дается подробного описания метода субъективной оценки качества восприятия голографической конференцсвязи, который был разработан автором, что также представлялось бы целесообразным для более четкого представления работы, проделанной автором. В формулировке научной новизны (стр. 5 автореферата) не совсем корректно сказано, что «модель трафика Интернета вещей представляет собой смесь распределения Вейбулла, нормального распределения и 4-х Гамма распределений». В соответствии с Центральной предельной теоремой такая смесь стремится к нормальному распределению, возможно автор хотел сказать, что могут наблюдаться такие распределения, а не их смесь. Из автореферата непонятно какие характеристики модельной сети были установлены при проведении эксперимента по передаче голографического трафика, трафика мультимедиа и Интернета вещей? Пропускная способность сети, процент потерь, задержка из конца в конец и менялись ли они в ходе проведения экспериментов? На стр. 12 на рис. 5 приведена АКФ голографического потока для интервала времени от 0 до 30 с, ранее на стр. 9 указано время фиксации трафика 350 с, из автореферата непонятно из каких соображений выбрано время, влияет ли оно на результаты исследования, проводились ли исследования для других интервалов времени? В автореферате на стр. 11-12 представлена оценка параметра Херста методом нормированного размаха для 3D видеопотока. Почему оценка представлена только для этого типа трафика и почему выбран именно этот метод? На рис. 7 представлена гистограмма распределения интервалов времени между пакетами и их функция плотности вероятности, чем можно объяснить пик на значении 0,13 мс? На стр. 9 в описании к рис. 2 указано, что общее время фиксации трафика составило 350 с, почему именно это время было выбрано?

Влияет ли длительность фиксации на полученные результаты? На рис. 3 представлена гистограмма длин пакетов для голографического потока, почему больше всего пакетов самого большого и самого маленького размеров, а других значительно меньше? В автореферате недостаточно полно описан процесс формирования голографического потока. В связи с чем не ясно как влияют характеристики сети и параметры потока на оценку качества восприятия голографической конференцсвязи. При проведении эксперимента исследовался голографический трафик, трафик мультимедиа и Интернета вещей. Из текста автореферата непонятно какой именно трафик из указанных использовался в разработанной имитационной модели.

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что оппоненты являются известными учеными в области сетей и систем связи, а ведущая организация – несомненным лидером по системам массового обслуживания для сетей связи. Д.т.н., профессор М.О. Колбанёв – один из ведущих ученых в области развития сетей и систем телекоммуникаций, имеющий большой опыт и существенные публикации как в целом по проблемам построения сетей и предоставляемых ими услуг, так и в области новых технологий телекоммуникаций. К.т.н., Маркелов О.А. работает в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете «ЛЭТИ» и является специалистом в области сетевого трафика, прогнозирования трафика в сетях связи, анализа телекоммуникационных сетей, обработки изображений. Ведущая организация – Российский университет дружбы народов за последние годы зарекомендовала себя крупными достижениями в области сетей и систем связи пятого и последующих поколений. Отзыв сформирован на кафедре теории вероятностей и кибербезопасности, заведующим которой является известный специалист в области сетей связи и теории телетрафика д.т.н. профессор К.Е. Самуйлов, подписан им и доцентом кафедры, к.ф.-м.н., доцентом И.А. Кочетковой.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: разработаны модели трафика мультимедиа,**

учитывающие голографический трафик и трафик Интернета вещей, отличающиеся от известных тем, что определено количество и тип распределений; **предложен** метод субъективной оценки качества восприятия голографической конференцсвязи; **доказано**, что субъективная оценка качества восприятия по шкале MOS начинает ухудшаться при наличии 32 голографических потоков и становится неудовлетворительной при 48 голографических потоках; **введена** шкала оценки качества предоставления услуг голографической конференцсвязи.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: доказано**, что модель трафика мультимедиа услуг представляет собой комбинацию 4-х гамма-распределений, в том числе модель трафика голографического типа коммуникации представляет собой смесь экспоненциального и гамма-распределений, а модель трафика Интернета вещей представляет собой смесь распределения Вейбулла, нормального распределения и 4-х гамма-распределений, что в дальнейшем позволит научно-обоснованно планировать сети связи пятого и последующих поколений; **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе методы системного анализа, теории телетрафика, теории массового обслуживания, теории фракталов, математической статистики; **изложены** элементы теории сетей связи при предоставлении голографических услуг, характеристики основных голографических услуг, доказательства зависимости качества предоставления услуг голографической конференцсвязи от числа голографических потоков в соответствии со шкалой оценки MOS; **раскрыты** характеристики данных для голографического типа коммуникаций и данных передаваемых при предоставлении услуги голографической конференцсвязи; **изучены** варианты предоставления голографических услуг на типовой модельной сети при наличии в сети трафика мультимедиа и трафика Интернета вещей; **проведена модернизация** субъективных методов оценки качества предоставления голографической конференцсвязи.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что: разработаны и внедрены** модели трафика мультимедиа и метод субъективной оценки качества восприятия голографической конференцсвязи при проектировании систем принятия решений (DSS, Decision support system) в ООО «НТЦ АРГУС», что позволило расширить функциональные возможности системы при формировании оптимальной продуктовой линейки, отвечающей потребностям целевых клиентов, и при проведении многоуровневого автоматизированного анализа эффективности бизнеса оператора связи, в ООО «Связной альянс» при проектировании ЦОД с возможностью предоставления голографических услуг, а также в СПбГУТ при чтении лекций и проведении лабораторных занятий по курсам «Сервисы конвергентных сетей» и «Математические методы проектирования услуг мультисервисных систем», и при выполнении составной части прикладных научных исследований на тему «Разработка методов построения сетей связи на основе технологии сетей связи 2030-DD-FOG (распределенной динамической вычислительной системы туманных вычислений для микросервисных услуг), в условиях полного или частичного отсутствия инфраструктуры на территориях различного ландшафта», регистрационный номер 124040300004-8; **определены** требования к сетям связи с точки зрения качественных показателей и характеристик голографических данных для реализации голографического типа коммуникаций и перспективы развития голографических услуг в сетях связи пятого и последующих поколений; **создана** модельная сеть для предоставления голографических услуг, на базе которой можно проводить экспериментальные исследования различных видов трафика, в том числе голографического; **представлены** методические рекомендации по субъективной оценке качества восприятия голографической конференцсвязи.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:** для экспериментальных работ результаты получены на модельной сети, построенной в лаборатории MEGANET LAB 6G, и показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях; **теория** построена на известных, проверяемых данных, в т.ч. на открытых статистических данных и результатах

фундаментальных работ в области теории телетрафика отечественных и зарубежных ученых; **идея базируется** на обобщении передового опыта и использовании неизвестных ранее взаимосвязей; **использованы** сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике; **установлено** качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, в тех случаях, когда такое сравнение является обоснованным; **использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в том, что основные результаты диссертации получены автором самостоятельно.

В ходе защиты диссертации было высказано следующие критическое замечание о том, что не соблюдены все требования при субъективной оценке качества голографической конференцсвязи.

Соискатель Демидов Н.А. в ходе заседания ответил на задаваемые ему вопросы, и согласился с замечаниями и привел собственную аргументацию.

Диссертационный совет установил, что диссертация «Разработка и исследование моделей трафика и метода оценки качества предоставления голографических услуг» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а также пунктам 1, 3, 7, 8 паспорта научной специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

На заседании 25 декабря 2024 года диссертационный совет принял решение присудить Демидову Николаю Александровичу ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи по разработке моделей трафика для голографического типа коммуникаций, повышающих эффективность оценки качества восприятия данных услуг в сетях связи пятого и последующих поколений.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности рассматриваемой

диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – 1, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета,  
доктор технических наук, профессор



Гоголь Александр Александрович

Ученый секретарь диссертационного совета,  
кандидат технических наук, доцент



Владыко Андрей Геннадьевич

27 декабря 2024 года