

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертацию Демидова Николая Александровича «Разработка и исследование моделей трафика и метода оценки качества предоставления голографических услуг», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

### **Актуальность темы диссертации**

В последнее десятилетие конвергенция цифровых систем сохранения, распространения и обработки данных позволила создать новый класс сквозных информационных технологий, проникающих во все сферы человеческой деятельности. Одно из центральных мест в этом процессе принадлежит развитию технологий сетей связи, участвующих в дистанционном предоставлении принципиально иных телекоммуникационных услуг, таких как виртуальная и дополненная реальности, голографические копии реальных объектов, телеприсутствие, голографическая конференцсвязь и др.

Очевидно, что новые виды услуг требуют и построения сетей с невиданными ранее характеристиками передачи, иной структурой и принципами организации.

Для решения этих задач необходимо исследовать характеристики трафика, создаваемого вновь внедряемыми услугами, разработать модели для их описания, оценить влияние каждой услуги на существующие виды трафика. Как всегда, важной научной задачей остается оценка качества работы сетей при передаче данных и предоставлении услуг реального времени. Необходимо понимать какие параметры и в каком объеме влияют на степень удовлетворенности пользователя услугой.

По эти причинам тема диссертационной работы, посвященная разработке и исследованию моделей трафика голографических услуг, а также метода субъективной оценки качества восприятия данных услуг в сетях связи, является весьма актуальной.

### **Содержание работы**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка используемых источников и приложения. Полный объем диссертации составляет 169 страниц. Работа содержит 57 рисунков, 24 таблицы, список источников из 181 наименования.

Во введении обосновывается актуальность темы исследования, сформулированы цель, задачи, научная новизна и практическая значимость работы.

В главе 1 проведен анализ основных особенностей голографического типа коммуникаций, освещены основные этапы развития голографических технологий, проанализированы проблемы внедрения голографического типа



коммуникаций, а именно проблемы сжатия данных, передачи, обработки и т.д. Также проведен анализ существующего оборудования для голографической коммуникации, в том числе записывающих устройств, таких как камеры Kinect, Intel Real Sense и других, и воспроизводящих устройств, таких как голографические проекторы, вентиляторы, 3D кубы, пирамиды и т.д.

В главе 2 представлена модельная сеть для предоставления голографических услуг и проведено экспериментальное исследование трафика мультимедиа, Интернета вещей и голографических услуг на этой модельной сети СПбГУТ в разных средах передачи. На основе полученных данных разработаны модели трафика для данных видов услуг, также проведена оценка степени самоподобия для 3D видеопотока.

В главе 3 проведено имитационное моделирование процессов обслуживания голографического трафика в сетях связи. Проведено исследование характеристик голографического потока от различного числа источников и установлено, что разница между данными, полученными на аналитической модели и на имитационной не превышает 10%.

Глава 4 посвящена разработке метода субъективной оценки качества предоставления услуг голографической конференцсвязи. Для этого разработана модельная сеть, состоящая из сетевого сегмента и сегментов записи и воспроизведения голографического изображения в реальном масштабе времени. И предложенным методом произведена оценка качества группой экспертов, параллельно с объективной оценкой ряда параметров голографического потока.

В заключении приводятся наиболее важные результаты работы.

Внедрение результатов диссертационной работы подтверждено актами трех организаций.

### **Новизна научных положений, выводов и рекомендаций.**

#### **Теоретическая и практическая ценность диссертационной работы**

Научная новизна диссертации Демидова Николая Александровича во многом определяется самой тематикой работы, а именно исследованием голографического типа коммуникаций, характеристик трафика и качества обслуживания голографического типа коммуникаций.

Конкретные результаты, обладающие научной новизной, состоят в следующем:

- установлено, что модель трафика мультимедиа услуг представляет собой смесь гамма-распределений. В частности, предложена модель трафика голографического типа коммуникации в виде смеси экспоненциального и гамма-распределений, а модель трафика Интернета вещей описана смесью распределения Вейбулла, нормального распределения и 4-х гамма-распределений;

- в области оценки качества восприятия голографического типа коммуникаций при предоставлении услуг голографической конференцсвязи экспериментальным путем было установлено, что субъективная оценка



качества восприятия в соответствии с рекомендациями ITU-T P.800 начинает ухудшаться при наличии тридцати двух голографических потоков и становится неудовлетворительной при 48 голографических потоках.

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в разработке новых моделей трафика для голографических услуг, которые также появились совсем недавно, определены количество и тип распределений для данных моделей трафика, что позволит обоснованно планировать сети связи, предоставляющие голографические услуги. Также необходимо отметить, что значимым результатом является оценка качества предоставления услуг голографической связи с помощью разработанного субъективного метода оценки, что в свою очередь сделает возможным дальнейшую разработку концепции оценки качества обслуживания голографических услуг.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что они могут стать основой при разработке научно-обоснованных рекомендаций по планированию, проектированию и последующей организации сетей связи пятого и последующих поколений, в том числе учитывающих особенности новых голографических услуг.

Полученные в диссертационной работе результаты использованы в ООО «НТЦ АРГУС» при проектировании систем принятия решений (DSS, Decision Support System), 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 СЧ ПНИ 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.

### **Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и результатов, сформулированных в диссертационной работе**

Достоверность и степень обоснованности научных положений, выводов и результатов диссертационной работы подтверждается корректным применением математического аппарата, результатами имитационного моделирования, а также обсуждением результатов диссертационной работы на конференциях и семинарах и публикацией основных результатов в ведущих российских изданиях.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных научно-технических конференциях



«Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» АПИНО (Санкт-Петербург, 2021, 2023, 2024), International Conference on Advanced Computing & Next-Generation Communication (ICACNGC, 2023), Санкт-Петербургского НТОРЭС им. А.С. Попова, посвященной Дню радио (2023, 2024).

Всего по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них 3 статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендуемых ВАК Министерства высшего, образования и науки Российской Федерации, 9 статей в других изданиях и материалах конференций.

### **Замечания по диссертационной работе**

По диссертации имеются следующие замечания:

1. 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.
2. На рисунке 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.
3. В таблице 2.2 представлены длины пакетов трафика передачи данных. Однако, не у всех параметров указаны единицы измерения. В чем, например, измеряются скорость и начало всплеска?
4. При разработке субъективного метода оценки качества была выбрана пятибалльная шкала оценки, почему?
5. При проведении оценки качества предоставления услуги голографической конференцсвязи не описан процесс формирования голографического потока. Какие параметры его характеризуют?
6. В целом работа написана хорошо, но есть отдельные опечатки и редакционные неточности.

### **Выводы**

Отмеченные недостатки не снижают ценности результатов диссертации для теории и практики. Диссертационная работа Демидова Николая Александровича «Разработка и исследование моделей трафика и метода оценки качества предоставления голографических услуг» является законченной научно-квалификационной работой. Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций: 1, 3, 7, 8.

В диссертации решена научная задача 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. Диссертация отвечает критериям, изложенным в п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 в редакции от 18.03.2023. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертационной работы.

Диссертационная работа «Разработка и исследование моделей трафика и метода оценки качества предоставления голографических услуг» заслуживает положительной оценки, а ее автор – Демидов Николай Александрович – присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

09 декабря 2024 г.

Официальный оппонент,

профессор кафедры «Информационных систем и технологий» ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет»,

д.т.н., профессор

М.О. Колбанёв



Организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный экономический университет" (СПбГЭУ). Сайт: <https://unecon.ru/>

Адрес: Россия, 191023, г. Санкт-Петербург, наб. кан. Грибоедова, д. 30-32, лит. А.

Тел. +7 (812) 310-46-32. E-mail: dept.ud@unecon.ru