

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Горбачевой Любови Сергеевны «Исследование характеристик трафика и качества обслуживания для роботов-манипуляторов в сетях связи с ультрамалыми задержками», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Актуальность темы диссертации

В настоящее время становится все более понятно, что переход от сетей связи пятого поколения к сетям связи шестого поколения уже ближе, чем это казалось ранее. Одна из причин этого связана с невозможностью сетей связи пятого в полной мере удовлетворить требование к обеспечению ультрамалых задержек, необходимых для широкомасштабного внедрения услуг телеприсутствия.

В тоже время, услуги телеприсутствия, с одной стороны, ожидаемы пользователями, с другой стороны, во многом определяют возможности сетей будущего для массового внедрения робототехники. А такая возможность подразумевает, кроме многого другого, и рациональное использование ресурсов сети для обслуживания нового типа прикладных процессов (роботов) с требуемым качеством обслуживания. Планирование таких сетей предполагает знание трафика, который будут генерировать эти новые пользователи.

Знания в области трафика и характеристик качества обслуживания для роботов при их взаимодействии с сетями связи практически отсутствуют. Естественно, что тема диссертационной работы, направленная на исследование характеристик трафика и качества обслуживания для роботов-манипуляторов в сетях связи с ультрамалыми задержками, безусловно, актуальна.

Содержание работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка используемых переменных, списка использованных источников и двух приложений. Полный объем диссертации

составляет 144 страницы. Работа содержит 58 рисунков, 13 таблиц. Список литературы содержит 83 источника.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций. Теоретическая и практическая ценность диссертационной работы

Научная новизна диссертации Любови Сергеевны Горбачевой определяется уже самой тематикой работы – исследованием характеристик трафика и качества обслуживания для роботов-манипуляторов в сетях связи с ультрамалыми задержками.

Конкретные результаты, обладающие научной новизной, состоят в следующем:

– Предложена модельная сеть для исследования услуг телеприсутствия, которая отличается от типовых модельных сетей модульным построением, что позволяет дополнять и изменять ее, основываясь на дальнейших результатах исследований сети и услуг 2030.

– В отличие от известных требований стандартов международных организаций экспериментальным путем на модельной сети определено предельное значение расстояния в 115 км, на котором наблюдается устойчивое функционирование робота-манипулятора для приложений вакуумного захвата, механического захвата и черчения в сети связи общего пользования.

– В отличие от известных результатов определены 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.

– Разработан метод управления параметрами обмена и протокол прикладного уровня для роботов-манипуляторов, который в отличие от существующих методов и протоколов для управления роботами по сети связи общего пользования использует передачу серии команд, число которых

оптимизировано по эффективности использования канала связи, что позволяет повысить эффективность использования сетевых ресурсов (канала), например, при вероятности ошибки выполнения команды роботом 0,001 на величину более чем 74%. Величина выигрыша повышается с ростом ошибки выполнения команд.

Теоретическая значимость 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, 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 Сектора стандартизации телекоммуникаций Международного союза Электросвязи (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) и соответствующей методики тестирования.

Полученные в диссертационной работе результаты внедрены в ПАО «ГИПРОСВЯЗЬ» при разработке «Методики планирования сетей связи при внедрении роботов-манипуляторов», ФГБУ НИИР в рамках выполнения государственных контрактов по научно-техническому и методическому

обеспечению выполнения Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций функций администрации связи Российской Федерации в части, касающейся международно-правовой защиты интересов Российской Федерации в области электросвязи и радиосвязи в виде предложений по вкладам от имени администрации связи Российской Федерации (Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации) в Сектор стандартизации электросвязи Международного союза электросвязи (МСЭ-Т), в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» (СПбГУТ) при чтении лекций и проведении практических занятий по курсам «Тактильный Интернет и интернет навыков», «Сети связи с ультра малыми 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 Российской Федерации от «06» июля 2022 г. № 075-15-2022- 1137 по приоритетному направлению научно-технологического развития Российской Федерации 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.

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 натурного моделирования, а также обсуждением результатов диссертационной работы на конференциях и семинарах

и публикацией основных результатов диссертации в ведущих российских и зарубежных журналах.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 25-ой международной конференции «International conference on Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications DCCN» (Москва, 2022), на онлайн-семинаре по теме «Мобильные робототехнические системы в сельском хозяйстве» (2022), на заседании Исследовательской комиссии 11 «Требования к сигнализации, протоколы, спецификации испытаний и борьба с контрафактными устройствами электросвязи/ИКТ» МСЭ-Т (2023), на 78-й научно-технической конференции Санкт-Петербургского НТО РЭС им. А.С. Попова, посвященной Дню радио СПбНТОРЭС (Санкт-Петербург, 2023), на семинарах кафедры сетей связи и передачи данных СПбГУТ.

Всего по теме диссертации опубликовано 9 работ, из них 5 статей в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендуемых ВАК Министерства высшего образования и науки Российской Федерации, 1 статья в рецензируемых изданиях, входящих в международные базы данных SCOPUS и WoS, 2 статьи в других изданиях, 1 отчет о НИР.

Замечания по диссертационной работе

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Трафик цифровых сетей связи, который формируется аналоговыми процессами, такими как захват предмета рукой манипулятора или черчение объектов, существенно зависит от процессов дискретизации, т.е. описания аналогового движения дискретными отсчетами во времени и пространстве. Больше отсчетов – больше трафик, меньше отсчетов – меньше точность описания движения. Не понятно, в каких пределах могут меняться заявленные характеристики трафика (количество пакетов/с, средний размер пакета в байтах и скорость передачи данных в бит/с) для выполнения требований по задержкам.

2. На стр.14 не совсем точно утверждение о том, требующих сверхнадежной межмашинной связи с низкими задержками (Ultra-Reliable Low Latency Communication, URLLC) требуется задержка в 1мс. На самом деле услуги URLLC достаточно разнообразны, и требуемая задержка может меняться в диапазоне от 1 мс до 10 мс. Например, для приложений дополненной реальности задержка составляет 5 мс.

3. Нельзя не указать на графики рис. 26 – 29. На них «перепутаны» плотность и функция распределения вероятностей.

4. На рис. 32 (стр.74) сложно оценить, а чем же отличаются круги, нарисованные роботом-манипулятором, при затуханиях 23,3дБ и 23,4дБ.

5. Одним из практических достижений диссертации является разработка вклада в Сектор стандартизации телекоммуникация Международного Союза Электросвязи (МСЭ-Т). Следовало бы привести его в приложении.

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 Горбачевой Любови Сергеевны «Исследование характеристик трафика и качества обслуживания для роботоманипуляторов в сетях связи с ультрамалыми задержками» является законченной научно-квалификационной работой. Диссертация соответствует следующим пунктам паспорта специальности 2.2.15 — Системы, сети и устройства телекоммуникаций: 1,7,9 и 19.

В диссертации решена научная задача исследования характеристик трафика и качества обслуживания для роботоманипуляторов и оптимизации использования канала связи для управления роботами, 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 «Исследование характеристик трафика и качества обслуживания для роботов-манипуляторов в сетях связи с ультрамалыми задержками» заслуживает положительной оценки, а ее автор – Горбачева Любовь Сергеевна - присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

«10» ноября 2023 г.

Официальный оппонент,

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

д.т.н., профессор



М.О. Колбанёв



Подпись руки заверяю
Начальник отдела кадров по работе
с персоналом [redacted] ления кадров
Е.С. Петрова
11 20 23 г.

Сведения об оппоненте:

Колбанёв Михаил Олегович, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук по специальностям 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации», 05.13.13 – Телекоммуникационные системы и компьютерные сети, профессор по специальности 05.13.00 «Информатика, вычислительная техника, управление» профессор кафедры «Информационных систем и технологий» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет». Адрес: ул. Садовая, д. 21, Санкт-Петербург, 191023. Тел: (812) 310-46-32, E-mail: dept.ud@unecon.ru

Телефон: (921) 433-33-50, E-mail: mokolbanev@mail.ru