

ОТЗЫВ

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

Важное место в концепции интернета вещей (Internet of Things, IoT) занимает промышленный интернет вещей (Industrial Internet of Things, IIoT), представляющий собою интеграцию машин с датчиками, программным обеспечением и системами связи. Это один из наиболее крупных и быстро развивающихся сегментов интернета вещей как с точки зрения количества подключенных устройств, так и по степени полезности предоставляемых сервисов и услуг для автоматизации предприятий. Более того, промышленный интернет вещей должен стать основой четвертой индустриальной революции (т.н. Индустрии 4.0), заключающейся в переходе на полностью автоматизированное производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени при постоянном взаимодействии с внешней средой, выходящем за границы одного предприятия. Управление движением роботов является ключевым компонентом процесса автоматизации. В процессе управления контроллер посылает команды одному или нескольким исполнительным механизмам, которые затем выполняют соответствующие действия. При этом датчики определяют текущее положение и/или угол поворота одного или нескольких механизмов и отправляют фактические значения обратно контроллеру. Соответственно, для эффективного управления движением роботов и осуществления обратной связи требуется обеспечить высоконадежный канал с задержками на уровне миллисекунд. Таким образом, диссертационная работа Горбачевой Любови Сергеевны, посвященная исследованию характеристик трафика и качества обслуживания для роботов-манипуляторов в сетях связи с ультрамалыми задержками, безусловно, является актуальной, а также обладает как теоретической, так и практической значимостью. Основные результаты исследования были представлены и обсуждались на российских и международных семинарах и конференциях, а также изложены в 9 научных работах, из которых 5 опубликованы в рецензируемых журналах из перечня ВАК, 1 – в сборник трудов конференции, проиндексированном в международных базах данных Scopus и WoS, 2 – в других изданиях, а 1 – в виде отчета о НИР.

К основным результатам, полученным в диссертационной работе, можно отнести следующие:

- Проведен анализ перспектив развития сетей связи пятого и последующих поколений. Определен первоочередной набор услуг телеприсутствия с требованиями по задержке и надежности. Также приведены требования к качеству обслуживания в сетях связи с ультрамалыми задержками.
- Определена структура модельной сети для исследований в области услуг телеприсутствия и описаны необходимые компоненты для ее реализации. Разработана программа и методика испытаний услуг телеприсутствия,

предоставляемых на базе роботов-манипуляторов и/или их групп для реализации возможности дистанционного управления при выполнении различных задач.

- С использованием разработанной модельной сети проведено исследование влияния затухания в канале связи на управление движением робота-манипулятора. Определено предельное расстояние, на котором наблюдается устойчивое функционирование робота-манипулятора.
- Собран и проанализирован трафик, передаваемый по сети связи общего пользования при управлении роботом-манипулятором в приложениях вакуумного захвата, механического захвата и черчения с накоплением команд в буфере.
- Предложен новый метод организации обмена данными, где для управления роботом-манипулятором используется передача серии команд, число которых варьируется с целью повышения эффективности использования канала связи.
- Разработан и протестирован протокол прикладного уровня для управления роботом-манипулятором, в котором реализуется предложенный метод.

Судя по автореферату, автор хорошо ориентируется в рассматриваемых вопросах, последовательно и корректно формулирует задачи исследования, которые затем эффективно решает с использованием методов теории оптимизации, теории вероятностей и натурального моделирования. Объем проведенных исследований и их результаты свидетельствуют о научно-обоснованном решении поставленных задач. Таким образом, результаты, полученные соискателем в диссертационной работе, имеют важное теоретическое и практическое значение, а также обладают научной новизной.


По автореферату имеются следующие замечания:

- Говоря о требуемой величине задержки от 1 до 10 мс, следовало уточнить, имеется в виду задержка в одну сторону или круговая.
- На стр. 15 вместо «с условием серийной передачи команд» лучше было написать «с условием передачи команд в виде серий», поскольку термин «серийный» может быть неверно интерпретирован как «последовательный».
- Из формулы 1 неясно, как соотносится количество данных в служебных сообщениях (L) с количеством команд в серии (b). Является ли L константой, не зависящей от размера серии команд?
- Название диссертации не отражает полностью представленную научную работу. В названии указано только исследование, хотя в самой работе помимо исследований была выполнена также и разработка, например, указанные в основных результатах метод организации обмена данными и протокол прикладного уровня для робота манипулятора.

Тем не менее, указанные недостатки носят частный характер и не снижают ценности проделанной работы и полученных результатов. С учетом вышеизложенного можно утверждать, что диссертация «Исследование характеристик трафика и качества обслуживания для роботов-манипуляторов в сетях связи с ультрамалыми задержками» является законченной научно-исследовательской работой, в которой присутствуют научная новизна и практическая ценность. Также в ней решены научные проблемы, имеющие важное хозяйственное значение. Считаю, что работа соответствует всем требованиям ВАК,

предъявляемым к диссертационным работам, а ее автор Горбачева Любовь Сергеевна заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Главный научный сотрудник,
доктор технических наук,
профессор, руководитель отдела 55
Управление робототехническими
устройствами Федерального
исследовательского центра
Информатика и управление РАН,
ФИЦ ИУ РАН

 А.И. Дивеев

Подпись *А.И. Дивеева* заверяю
 секретарь ФИЦ ИУ РАН
д.т.н. В.Н. Захаров
7 16 2023 г.



Адрес: 119333, Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2
Телефон: +7 (499) 135-62-60
Эл. почта: frccsc@frccsc.ru