

АННОТАЦИЯ

диссертации, представленной на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

МУХАМЕДЖАНОВОЙ АЛЬМИРЫ ДАЛЕЛХАНКЫЗЫ
Моделирование и анализ трафика технологий межмашинного взаимодействия и Интернета Вещей (M2M/IoT)

Актуальность темы диссертационного исследования.

Сети связи XXI века являются не только результатом развития существовавших до них, но представляют собой принципиально новые сети связи. Новые требования к коммуникационным сетям возникают в связи с появлением концепции Интернета вещей.

Концепция Интернета вещей (Internet of Things, IoT) основана на основных принципах технологии межмашинного взаимодействия M2M (Machine to Machine). Устройства IoT и M2M в настоящее время охватывают множество вариантов использования. Приложения M2M/IoT включают интеллектуальные транспортные системы, логистику и управление цепочками поставок, интеллектуальные измерения, электронное здравоохранение, видеонаблюдение и безопасность, умные города и домашнюю автоматизацию. В частности, ожидается, что многие интеллектуальные устройства будут широко использоваться в области автомобилестроения, безопасности, электронного здравоохранения и логистики.

При проектировании и эксплуатации телекоммуникационных сетей одной из основных проблем является задача обеспечения качества передачи данных. Решение данной задачи для таких систем распределения информации, как телефонные сети, построенные по принципу коммутации каналов обеспечивали положения теории телетрафика, в которой моделью потока вызовов является пуассоновский поток. Настоящий период бурного развития высоких технологий привел к появлению и повсеместному распространению сетей с пакетной передачей данных, в которых модель потока данных не является пуассоновской и положения классической теории телетрафика не обеспечивают решения поставленной задачи.

Появление концепции Интернета вещей (Internet of Things, IoT), основанной на принципах, заложенных в технологии межмашинного взаимодействия M2M (Machine to Machine), предъявило новые требования к сетям связи. Приложения, используемые в сети M2M/IoT, требуют более высокого качества передачи данных, в частности сокращения временных задержек и снижения вероятности потерь пакетов.

Для решения данных задач необходимо математическое моделирование сетевого трафика. Поскольку сеть M2M/IoT является сетью с пакетной передачей данных, то при моделировании сетевого трафика необходимо

учитывать, что он не является пуассоновским.

В связи с изложенным тема работы, направленная на решение задач моделирования, анализа и прогнозирования пакетного трафика технологий межмашинного взаимодействия и Интернета Вещей (M2M/LoT), является актуальной.

Цель работы. Разработка и исследование моделей пакетного трафика межмашинного взаимодействия и Интернета Вещей (M2M/LoT)

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели и в соответствии с предметом исследования в рамках диссертационной работы решаются следующие задачи:

- разработка компьютерной модели пакетного трафика, поступающего на сетевой сервер сети LoRaWAN, на основе статистической обработки и анализа реального трафика и установления степени его самоподобия

- разработка модели прогнозирования сетевого пакетного трафика, поступающего на сервер сети LoRaWAN;

- оценка показателей качества обслуживания пакетного трафика M2M/LoT сетевым сервером с использованием разработанной компьютерной модели;

- определение зависимости размера буфера сетевого сервера от объема поступающего пакетного трафика и степени его самоподобия с использованием разработанной компьютерной модели.

Объектом исследования: являются сети межмашинного взаимодействия и Интернета Вещей (M2M/LoT), использующие пакетную передачу данных.

Предметом исследования: являются пакетный трафик межмашинного взаимодействия и Интернета Вещей (M2M/LoT)

Методы исследования. В качестве методов исследования использованы методы теории системы массового обслуживания, теории вероятностей и математической статистики, теории телетрафика. В качестве инструментов имитационного моделирования использован программный пакет Statistica, Simulink (пакет в среде Matlab), а также для обработки результатов моделирования использовалось программирование в Matlab.

Научная новизна:

1. Разработана имитационная модель самоподобного пакетного трафика с заданной степенью самоподобия, поступающего на сервер сети LoRaWAN с ограниченной емкостью буфера, в среде MATLAB.

2. Предложена модель, обеспечивающая удовлетворительную точность прогноза прогнозирования сетевого трафика, при построении которой использован метод Брауна.

3. Выполнена оценка показателей качества обслуживания трафика в сети LoRaWAN, с учетом временной задержки пакета и вероятность потери пакета.

4. Получена результирующая 3D-модель для определения объема буферной памяти и вероятности потерь в зависимости от объема и степени самоподобия поступающего трафика.

Теоретическая ценность результатов исследований состоит в том, что они могут быть использованы для:

- разработки моделей и алгоритмов определения качества обслуживания сетевого трафика M2M/IoT в сетях связи нового поколения 4G и 5G;

- анализа и проектирования сетевых технологий, призванных повысить уровень качества обслуживания;

- оценки влияния стремительного роста сетевого трафика M2M/IoT на качество обслуживания других потоков трафика в сетях связи.

Практическая значимость работы.

1. Разработанная имитационная модель сетевого трафика M2M/IoT может быть применена на стадии проектирования сетей межмашинного взаимодействия и Интернета Вещей.

2. Предсказание значений трафика на предстоящие периоды времени даст возможность операторам телекоммуникаций своевременно принимать управленческие решения по выделению ресурсов, необходимых для обслуживания поступающего трафика.

3. Результаты экспериментальных исследований сетевого трафика могут быть использованы для:

- а) оценки показателей качества обслуживания трафика;

- б) оценки необходимой пропускной способности и размеров буферов сетевых устройств, обслуживающих трафик.

Основные положения, выносимые на защиту:

- имитационная модель агрегированного M2M/IoT трафика, поступающего на сетевой сервер, представленный как самоподобный с использованием распределения Парето, разработанная в системе Matlab;

- модель прогнозирования M2M/IoT трафика, при использовании которой был получен наиболее точный прогноз;

- методика расчета характеристик обслуживания M2M/IoT трафика в сетевом сервере, представленном как система массового обслуживания с ограниченной длиной очереди, с использованием компьютерной модели;

- методика определения размера буфера сетевого сервера, на который поступает трафик M2M/IoT, в зависимости от объема и степени самоподобия поступающего трафика, с использованием компьютерной модели.

Личный вклад автора. Основные экспериментальные и теоретические результаты, полученные в ходе проведения диссертационного исследования, получены автором самостоятельно.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на: V Международной научной конференции: «Цифровые технологии в науке и индустрии – 2019», (Алматы, 2019); IV международная научно-практическая конференции «Информатика и прикладная математика» (Алматы, 2019); Международная научная интернет-конференция «Тенденции и перспективы развития науки и образования в условиях глобализации» (Украина, 2020); V Международная научно-практическая конференции «Европа и тюркский

мир: наука, техника и технологии», (Турция, 2020); XI Международная научно-техническая конференция «Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование» (Алматы, 2020), XII Международная научно-техническая конференция «Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование» (Алматы, Казань, 2022).

Внедрение результатов. Результаты исследования диссертационной работы: получено свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом, «Определение оптимального объема буферной памяти для сервера сети». №31349 от 22.12.2022г., проведены в Алматинском университете энергетики и связи им. Г.Даукеева, в ТОО «Uni Grand Engineering».

Практическая значимость диссертационной работы заключается в использовании в учебном процессе и результатов внедрения в производство.

Предложенная в диссертации математическая модель была использована в расчетах строительно-монтажных проектных работ, для оценки параметров качества обслуживания, что позволило повысить достоверность полученных результатов и внедрена в производство (ТОО «Uni Grand Engineering»). Внедрена в учебный процесс при проведении лекционных, практических, лабораторных занятий для магистрантов образовательной программы «Радиотехника, электроника и телекоммуникации» по дисциплине: «Сети и услуги Интернет вещей и M2M» в Алматинском университете энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева.

Публикации. Основные результаты диссертационного исследования были отражены в 16 научных работах, в базу в том числе 7 публикации в журналах Комитет по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в 3-и работах, отраженных в трудах зарубежных (проиндексирована в базе данных Scopus), 6 публикаций в материалах международных конференций. Получено авторское свидетельство РК «Определение оптимального объема буферной памяти для сервера сети» №31349 от 22.12.2022г.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, определений, обозначений и сокращений, 4 разделов, заключения, приложений. Работа изложена на 119 страницах, содержит 51 рисунка, 14 таблиц и 113 наименований библиографических источников.

Во введении раскрыта актуальность научной работы и излагается исследуемая проблема. Приведены основная идея, научная новизна, личный вклад автора, также результаты исследований и апробация публикации.

В первом разделе представлен анализ современного состояния развития технологий Интернета вещей (IoT) и межмашинного взаимодействия (M2M). Было отмечено, что эти технологии значительно расширяют сферу применения, что приведет к значительному увеличению трафика M2M/IoT.

Для определения эффективных характеристик сети связи, оценки параметров качества обслуживания (QoS) в сети сотовой связи и оценки

использования ресурсов сети необходимо использовать математическое моделирование. При этом важную роль играет разработка математической модели трафика M2M. В ходе работы был проведен сравнительный анализ многих типов разработанных моделей трафика.

В диссертации рассматривается исследование входящего трафика, поступающего на сетевой сервер сети LoRaWAN. Свойства и характеристики входящего трафика изучаются на основе фактических данных, а математические модели были разработаны для оценки показателей качества обслуживания, таких как задержка пакетов и вероятность потерь.

Во втором разделе проведен анализ методов математического моделирования трафика M2M. В нем возрастающая сложность телекоммуникационных систем и сетей требует разработки соответствующих вычислительных методов для получения достоверной оценки их характеристик. Эффективным инструментом при решении этих задач является математическое моделирование.

Обоснован выбор модели распределения Парето для моделирования самоподобного трафика, рассмотрены другие виды распределения для самоподобного трафика и проведен анализ современных моделей трафика в мобильных сетях (M2M/IoT).

В третьем разделе были проведены исследования, необходимые при моделировании, сетевом планировании, анализе влияния трафика M2M/IoT на качество обслуживания сети мобильной связи (QoS). В данном разделе проводится анализ методов статистического анализа сетевого трафика.

Был проведен анализ реального трафика в сети LoraWAN. Рассматривался входящий агрегированный трафик, поступающий со всех устройств на сетевой сервер. Помимо определения статистических характеристик для моделирования пакетного трафика M2M/IoT, была оценена его самоподобности. Для определения самоподобного свойства трафика рассчитывались параметры Херста. На основе пакета программ Statistica был проведен статистический анализ и выполнено краткосрочное прогнозирование реального трафика M2M/IoT методом экспоненциального сглаживания.

В четвертом разделе предлагается использовать среду Simulink с блокировкой SimEvents из программного пакета MatLab для моделирования сетевого трафика в сети LoRaWAN. В качестве объекта моделирования рассматривается сетевой трафик, поступающий на сетевой сервер, который является самоподобным. В среде Simulink были разработаны подсистемы, генерирующие самоподобный трафик с заданным параметром Херста. Модель сетевого сервера представлена в Simulink в виде СМО типа P/M/1/K.

Была получена 3D-модель для определения объема буферной памяти и вероятности потерь в зависимости от объема полученного трафика и степени самоподобности.

В заключении отражены основные результаты и выводы по диссертационной работе.