

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Степанова Михаила Сергеевича на диссертационную работу Ларионова Андрея Алексеевича «Технология построения и методы исследования систем управления безопасностью дорожного движения на основе широкополосных беспроводных сетей и радиочастотной идентификации», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.15 – Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети

Актуальность темы диссертации

Системы идентификации автомобилей и регистрации нарушений правил дорожного движения играют важную роль в управлении безопасностью на дорогах, способствуют снижению смертности и большого материального ущерба при авариях. В настоящее время для этих целей используются решения, основанные на распознавании номеров транспортных средств по фотографиям. Такой подход не всегда оправдывает себя, особенно, в случае неблагоприятных погодных условий.

Данную проблему можно решить при помощи технологии радиочастотной идентификации. В этом случае автомобиль оснащается специальной RFID-меткой, на которую записывается идентификатор. Для его получения используются RFID-считыватели, устанавливаемые над дорогой. Эффективность такой системы не зависит от погоды и может существенно увеличить процент зарегистрированных автомобилей. К ее главным особенностям можно отнести значительное расстояние между меткой, расположенной на номерном знаке, и RFID-считывателем (порядка 15 метров), и необходимость регистрации при высокой скорости движения автомобиля. Эффективность подобных решений зависит от множества условий, среди которых выбор схемы кодирования сообщений, характеристики антенных систем, мощность излучаемого считывателем сигнала, наличие отражающих поверхностей и т.д.

Представленная диссертационная работа Ларионова Андрея Алексеевича посвящена исследованию систем управления безопасностью дорожного движения и методов анализа производительности систем радиочастотной идентификации транспортных средств. В рамках диссертационных работы получены методики для:

- расчёта вероятности успешного чтения меток в номерах автомобилей в зависимости от настроек RFID-считывателя, скорости движения автомобилей, высоты и углов наклона антенн.
- моделирования беспроводной сети, передающей данные от RFID-считывателей, с помощью сетей массового обслуживания с коррелированными потоками и быстрого вычисления характеристик таких сетей массового обслуживания.

Кроме того, Ларионовым Андреем Алексеевичем разработана архитектура и реализована новая распределенная система радиочастотной идентификации автомобилей. Таким образом, актуальность данной диссертационной работы не вызывает сомнений.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе

Достоверность полученных результатов диссертационной работы подтверждается результатами компьютерного моделирования с использованием предложенных математических моделей и результатами экспериментальных исследований.

Апробация результатов исследования и публикации по теме

По тематике диссертации опубликовано 20 работ. Из них 4 были опубликованы в журналах, входящих в перечень ВАК и рекомендованных для опубликования результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата и доктора наук. Опубликовано 15 статей в изданиях, индексируемых Web of Science и Scopus, из них 4 — в рецензируемых журналах (один из которых входит в квантиль Q1 Web of Science).

Научная новизна результатов диссертационной работы

Новизна диссертационной работы заключается в разработке и исследовании новых моделей системы радиочастотной идентификации автомобилей, позволяющих рассчитать вероятность успешной передачи идентификатора от метки считывателю; методе построения сети массового обслуживания с коррелированными потоками для моделирования беспроводной сети с ретрансляцией сообщений, методике быстрого вычисления характеристик таких сетей; разработке архитектуры и протоколов новой распределенной системы радиочастотной идентификации автомобилей.

К числу новых результатов диссертации следует отнести следующие:

1. Предложена и исследована аналитическая модель системы радиочастотной идентификации автомобилей, построенная на базе неоднородных марковских процессов, учитывающая скорость движения RFID-меток, расположенных на номерных знаках автомобилей, а также различные сценарии проведения циклического опроса и сбора данных с меток.
2. Разработан комплекс новых аналитических и имитационных моделей для анализа вероятности идентификации автомобилей, учитывающих особенности логического и физического уровней протокола стандарта EPC Class 1 Gen.2, и особенности распространения радиосигналов между RFID-меткой и считывателем.

3. Предложена новая методика моделирования многошаговых беспроводных сетей с помощью тандемных сетей массового обслуживания, учитывающая особенности трафика и интерференции в каналах связи, и разработан оригинальный метод вычисления оценок характеристик многофазных систем массового обслуживания большой размерности с коррелированными входными потоками и распределениями обслуживания фазового типа.
4. Разработаны архитектура, протоколы и алгоритмы новой распределенной компьютерной системы управления RFID-считывателями, предназначенной для организации сбора данных об идентифицированных транспортных средствах.
5. Проведена обработка экспериментальных данных, полученных при опытных внедрениях разработанной распределенной компьютерной системы радиочастотной идентификации на автодорогах в г. Казань и на ЦКАД в Московской области.

Теоретическая и практическая ценность работы

Построенные новые модели позволяют рассчитывать с высокой точностью вероятность успешного чтения движущейся RFID-метки в зависимости от множества параметров — настроек считывателя, расположения и диаграмм направленности антенн, многолучевого распространения сигнала и эффекта Доплера; быстро находить численные оценки производительности многошаговых беспроводных сетей. С использованием распределенной системы, архитектура, алгоритмы и протоколы которой представлены в диссертации, были проведены экспериментальные испытания, в которых автор принимал непосредственное участие. Все модели и методы, представленные в диссертационном исследовании, были реализованы на языках Python, C, C++ и Cython, и доступны под свободными лицензиями MIT и GPL. Таким образом, их можно использовать в дальнейших исследованиях по теме диссертации, а также в смежных исследованиях. Практическая значимость работы заключается в том, что модели систем RFID, позволяющие получить адекватные оценки точности идентификации, необходимы для проектирования систем радиочастотной идентификации автомобилей. Расчеты, проводимые с их помощью, должны предварять сложные и затратные практические испытания систем.

Результаты диссертационной работы использованы при проведении экспериментальных внедрений и испытаний системы радиочастотной идентификации автомобилей, проведенных совместно ИПУ РАН и ПАО «Микрон», в городе Казань и на ЦКАД в Московской области. Результаты также использовались в исследованиях, проведенных в рамках шести различных грантов Министерства образования и науки, Российского научного фонда и Российского фонда фундаментальных исследований.

Характеристика содержания диссертационной работы

Диссертация представлена в виде рукописи и состоит из содержания, введения, пяти глав, заключения, списка литературы и одного приложения. Общий объем работы – 200 страниц. Работа содержит 85 рисунков и 8 таблицы. Список литературы включает 210 источников. Все основные результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно.

Материал диссертации изложен в логической последовательности, отвечающей требованиям проведения научных исследований, имеет целостность и внутреннее единство содержания. Текстовый материал и иллюстрации оформлены аккуратно, в соответствии с требованиями ГОСТ.

Выводы обоснованы и достаточно полно отражают результаты проведенных исследований.

Замечания по тексту диссертационной работы

1. Перечень положений, выносимых на защиту, данный во Введении, следовало оформить не в виде списка результатов (модель, алгоритм и т.д.), а в виде утверждений (предложенная модель позволяет/улучшает и т.д.).
2. В первой главе, при обзоре технологий, используемых в диссертационном исследовании, стандарт RFID описан гораздо подробнее, чем стандарты IEEE 802.11. Также недостаточно полно описаны технологии, которые используются в центре обработки данных (например, системы управления базами данных).
3. В третьей главе нет формального обоснования корректности алгоритма итерационного вычисления длительностей раундов, не доказано, что он обязан сходиться к некоторому значению. В то же время, введенное ограничение на максимальное число итераций позволяет решить проблему возможных бесконечных циклов, и на практике во всех численных экспериментах алгоритм сходился.
4. В численных расчетах, приведенных в четвертой главе, автор использует произвольные случайные входящие потоки, не исследуя характеристики непосредственно потока считанных меток. Хотя поток данных от считывателя обуславливается, в первую очередь, свойствами автомобильного трафика (исследование которого — отдельная дисциплина), его исследование и использование в численных расчетах сделало бы результаты более наглядными.
5. Присутствует ряд замечаний редакционного характера, небольшое количество орфографических и пунктуационных ошибок и опечаток.

Заключение

Приведенные замечания не снижают научную ценность результатов диссертационной работы и не влияют на ее положительную оценку. Диссертация является оригинальным и законченным научным исследованием. Цель диссертационной работы достигнута, поставленные

научные задачи решены. Основные результаты диссертационной работы изложены в автореферате, где достаточно подробно отражены цели и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы. Содержание представленного на отзыв автореферата достаточно полно и подробно отражает содержание диссертационной работы.

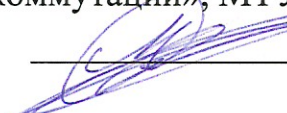
Таким образом, диссертация Ларионова Андрея Алексеевича на тему «Технология построения и методы исследования систем управления безопасностью дорожного движения на основе широкополосных беспроводных сетей и радиочастотной идентификации» полностью соответствует требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 05.13.15 - «Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети», а Ларионов Андрей Алексеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

«1» марта 2022 года

Официальный оппонент,

доцент кафедры «Сети связи и систем коммутации», МТУСИ

к. т. н.

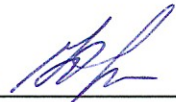
 М.С. Степанов

Подпись руки Степанова М.С. заверяю

Проректор по науке МТУСИ

д.т.н., профессор



 Ю.Л. Леохин

Степанов Михаил Сергеевич, кандидат технических наук по специальности 05.12.13 – системы, сети и устройства телекоммуникаций, доцент кафедры «Сети связи и системы коммутации», Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики». Адрес: 111024, г. Москва, Авиамоторная ул., 8а

Тел.: (495) 957-77-31

E-mail: mtuci@mtuci.ru