

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Татарниковой Татьяны Михайловны на диссертацию Бушеленкова Сергея Николаевича «Разработка моделей и методов организации сетей интернета вещей высокой плотности», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

### 1. Актуальность темы диссертации

Развитие Интернета вещей (ИВ) является одним из приоритетных направлений развития телекоммуникаций, которое направлено на повышение доступности информации. Развитие этого направления влечет за собой рост количества устройств, подключенных к сетям связи и трафика, производимого ими, что приводит к формированию сетей связи с высокой плотностью пользователей. Для функционирования такой сети требуется решение ряда задач для выполнения противоречивых требований, таких как повышение емкости сети, ее пропускной способности и показателей качества функционирования.

Для решения этих задач требуется обеспечение максимальной эффективности использования сетевых ресурсов и обеспечения баланса между качеством обслуживания и объемом выделяемых ресурсов. Рациональное выделение или распределение ресурсов является также одной из центральных задач построения перспективных сетей связи.

В диссертационной работе Бушеленкова С.Н. решаются задачи повышения качества функционирования сетей ИВ путем рационального выбора ресурсов, а целью работы является повышение эффективности использования ресурсов беспроводной сети Интернета вещей высокой плотности. Цель работы и задачи, решаемые в ней актуальны и имеют важное значение для развития перспективных сетей связи.

## **2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Достоверность результатов диссертационной работы, научная новизна**

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации четко обоснованы.

Основные результаты и выводы в диссертации являются новыми.

Достоверность полученных автором научных и практических результатов определяется обоснованным выбором исходных данных при постановке частных задач исследования, основных допущений и ограничений, принятых в процессе математического моделирования, соответствием расчетов с результатами экспериментальных исследований, проведенных лично автором, согласованностью с данными, полученными другими авторами и апробацией результатов исследований на Всероссийских и ведомственных научно-технических конференциях.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на российских и международных научно-технических конференциях, а также опубликованы в периодических научно-технических журналах.

**Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:**

1. Автор разработал модель сети высокой плотности на основе моделей решеток, которая повышает эффективность построения сети Интернета вещей за счет формирования решетчатых структур, отличающаяся от известных моделей тем, что в ней использованы методы теории перколяции для численной оценки вероятности связности сети.

2. Автор разработал метод выбора маршрутов в беспроводной сети интернета вещей высокой плотности, который позволяет повысить эффективность использования сетевых ресурсов за счет рационального выбора позиций размещения транзитных узлов маршрута, что, в частности,

выражается в повышении скорости передачи данных по маршруту, например, при использовании стандарта IEEE 802.11n на величину 38%.

3. Разработан метод многопутевой маршрутизации трафика в сети интернета вещей высокой плотности который позволяет повысить эффективность использования сетевых ресурсов, что проявляется в повышении эффективной скорости передачи данных на величину до 40% по сравнению со случайным выбором маршрутов.

### **3. Теоретическая и практическая ценность работы**

Теоретическая значимость работы состоит в разработке модели сети высокой плотности на основе моделей решеток, которая повышает эффективность построения сети Интернет, а также методов построения и выбора маршрутов в сети ИВ, которые обеспечивают повышение использование ресурсов сети.

Практическая значимость диссертационной работы состоит, в создании алгоритмов и научно-обоснованных рекомендаций для построения протоколов маршрутизации, позволяющих эффективно решать задачи повышения качества функционирования сети ИВ высокой плотности.

Результаты диссертационной работы используются на кафедре СС и ПД СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича при чтении лекций, проведении практических занятий и лабораторных работ, а также использованы в работах ПАО «Ростелеком».

### **4. Публикации по теме диссертации**

Всего по теме диссертации опубликовано восемь работ, из них три статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, и пять работ в изданиях, включенных в РИНЦ.

## **5. Содержание диссертации**

5.1. Материал диссертации изложен достаточно подробно и доходчиво. Текстовый материал и иллюстрации оформлены аккуратно, в соответствии с требованиями ГОСТ.

Список использованных литературных источников оформлен также в соответствии с требованиями ГОСТ.

5.2. Материал диссертации изложен в логической последовательности, отвечающей требованиям проведения научных исследований, имеет целостность и внутреннее единство содержания.

5.3. Выводы обоснованы и достаточно точно отражают результаты проведенных исследований.

5.4. Диссертация представлена в виде рукописи и состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и четырех приложений. Работа содержит всего 154 страницы, список литературы из 100 позиций, 2 приложений с актами о внедрении результатов работы, объем работы без приложений и списка литературы составляет 140 страниц.

## **6. Замечания по диссертационной работе**

6.1 В разработанных модели и методах автор рассматривает беспроводную сеть, все узлы которой работают на одном радиочастотном канале. Рассмотрение возможности использования нескольких радио интерфейсов, работающих на нескольких радиочастотных каналах могло существенно расширить возможности предлагаемых методов, особенно в условиях высокой плотности пользователей.

6.2 Автор работы не поясняет условия в которых применима разработанная модель сети интернета вещей в виде простой кубической решетки. В большинстве случаев условия распространения сигнала в зданиях зависят от особенностей строений, которые не всегда можно описать регулярной структурой, в таких случаях неизбежно возникнут ошибки. Автору

имело бы смысл оценить величину таких ошибок и определить область применимости модели.

6.3 Предложенный автором метод выбора маршрута в сети с высокой плотностью пользователей позволяет найти оптимальное количество транзитных узлов для случая, равных расстояний между ними, однако максимальная величина скорости в маршруте может иметь место при ином варианте выбора узлов, т.е. при различных расстояниях между ними. Автор не дает пояснений как решить эту задачу.

6.4 Предложенный автором метод многопутевой маршрутизации производит выбор на основе данных о времени доставки, однако не ясно как на практике эти данные могут быть получены, какой объем данных нужно собрать и каким образом предложенный метод поведет себя при изменении условий после решения задачи выбора.

6.5 Имеют место отдельные недочеты в оформлении работы, например, отсутствуют единицы измерения по осям координат на рисунках 3.1-3.4, 4.3 и 4.4; встречается различное написание слова «многопутевая», ошибочное форматирование используемых в математических выражениях символов и др.

## **7. Выводы и заключение**

Диссертационная работа Бушеленкова Сергея Николаевича «Разработка моделей и методов организации сетей интернета вещей высокой плотности» является законченной научно-квалификационной работой. Диссертационная работа соответствует пунктам п. 4, п. 14 паспорта специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

В диссертации решена задача, имеющая существенное значение для отрасли связи, а именно – разработаны модели и методы выбора структуры сетей интернета вещей высокой плотности.

Диссертация отвечает критериям, изложенным в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением

Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в ред. Постановления Правительства РФ от 21.04.2016 N 335).

Автореферат адекватно отражает основное содержание диссертационной работы.

Несмотря на отмеченные выше замечания, диссертационная работа «Разработка моделей и методов организации сетей интернета вещей высокой плотности» оценивается положительно, а ее автор, Бушеленков Сергей Николаевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2. 2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

## Официальный оппонент

Директор института информационных технологий и программирования  
Федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет  
аэрокосмического приборостроения» (ГУАП)

д.т.н., профессор



### Сведения об оппоненте:

Татарникова Татьяна Михайловна, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук по специальностям 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» и 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций», профессор по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации» директор института информационных технологий и программирования ГУАП.

Адрес: 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А.

Телефон: (911) 286-39-35, E-mail: tm-tatarn@yandex.ru.