

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу  
Блинникова Михаила Андреевича на тему «Разработка и исследование  
моделей и методов построения беспроводных ячеистых сетей именованных  
данных», представленную к защите в Диссертационном совете  
Д 55.2.004.01 при Санкт-Петербургском государственном университете  
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича на соискание ученой  
степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы,  
сети и устройства телекоммуникаций»

### **Содержание диссертации**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка использованных источников из 107 наименований и трех приложений.

Во введении обосновывается актуальность исследований, сформулированы цель, задачи, новизна, а также теоретическая и практическая значимость работы.

В главе 1 проведен анализ основных тенденций развития сетей связи и краткий обзор новой сетевой архитектуры – Named Data Networking (сети именованных данных), позволяющей осуществлять маршрутизацию трафика без информации об уникальных идентификаторах (IP-адресах) устройств.

В главе 2 рассмотрена возможность предоставления услуг связи на территории с ограниченной доступностью сети Интернет с помощью применения беспроводных ячеистых сетей именованных данных. Кроме того, рассмотрены два способа построения автономных беспроводных ячеистых сетей именованных данных – с многоранговой и одноранговой топологией, и предложен собственный принцип их работы, при этом вводится новый сетевой элемент, названный «агрегатором информации» и выполняющий функции поиска и маршрутизации трафика.

В главе 3 предложен новый алгоритм работы шлюза Интернета Вещей – алгоритм динамического управления компоновкой данных, и проведена симуляция работы приложений с шлюзами, работающими на разных алгоритмах. Также проведен анализ распространения данных в сетях именованных данных. Разработана собственная математическая модель, характеризующая зависимость вероятности присутствия в хранилище данных терминала информации с запрашиваемым именем от популярности запрашиваемого имени, интенсивности трафика в сети, размера самого хранилища данных и плотности рассматриваемого участка сети.

В главе 4 представлены результаты симуляции работы беспроводных ячеистых сетей, работающих в соответствии с двумя сетевыми архитектурами – IP и NDN. Предложен алгоритм работы шлюза, обеспечивающего возможность взаимодействия элементов двух сетевых архитектур.

Заключение констатирует наиболее важные результаты работы.

Внедрение результатов диссертационной работы подтверждено актами двух организаций.

### **Актуальность темы диссертации**

Современная модель сети создавалась для организации сеанса связи между несколькими конкретными устройствами, определяемыми их уникальными идентификаторами – IP-адресами. Однако, данную, хост-ориентированную, модель можно назвать «устаревающей», поскольку в настоящее время услуги по большей части ориентированы на поиск и доставку данных, а не на то, на каком сетевом узле они находятся. В связи с этим обрела популярность концепция сетей именованных данных, которая отводит главную роль идентификации не сетевых узлов, а непосредственно контента, точнее, фрагментам данных, на который он делится. Предполагается, что данная технология может стать новой эволюционной ступенью развития сетей связи, решая многие существующие проблемы, а также обеспечивая более эффективное использование сетевых ресурсов. Поэтому, диссертационная работа, направленная на исследование моделей и методов построения сетей именованных данных, несомненно актуальна.

### **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций**

Научная новизна всех результатов диссертационной работы Блинникова Михаила Андреевича состоит, прежде всего, в конвергенции двух идей, одна из которых – это принцип построения ячеистых сетей, а другая – применение фрагментов технологии сетей именованных данных для решения проблем доступа к контенту и другим ресурсам внутри автономной сети при недоступности Интернет.

Научной новизной обладают следующие результаты диссертации:

1. Метод обеспечения доступа к ресурсам в беспроводных ячеистых сетях в условиях ограниченной доступности сети Интернет, позволяющий пользователю производить взаимодействие с сетью на основе поиска по ключевым словам;
2. Модель распространения данных в беспроводных ячеистых сетях именованных данных, учитывающая влияние популярности запрашиваемой информации, позволяющая определить вероятность присутствия данных с конкретным именем на наиболее близком к потребителю сетевом узле;
3. Алгоритм работы шлюза, соединяющего сегменты Интернета, наносящей с внешними сетями, позволяющий уменьшить объем передаваемой информации в 5 раз;
4. Метод обеспечения взаимодействия между элементами IP и NDN сетей на основе алгоритма работы шлюза, позволяющий увеличить доступность между узлами в 2 раза.

Достоверность основных результатов диссертации подтверждается корректным применением математического аппарата, результатами имитационного моделирования с использованием сетевых симуляторов NS-3 и ndnSIM, обсуждением результатов диссертационной работы на конференциях и семинарах, публикацией основных результатов диссертации в ведущих рецензируемых журналах.

Ценность диссертации для науки и практики определяется системным характером и четкой постановкой проблемы исследования.

К важным достоинствам работы также следует отнести оригинальность исследования и полученных результатов, использование современных программ компьютерного моделирования и возможность использования полученных результатов для будущих исследований сетей именованных данных.

Пояснительная записка составлена грамотно, хорошим научно-техническим языком.

Результаты работы сформулированы в автореферате диссертации и 15 научных работах. Содержание автореферата и опубликованных в научной печати материалов достаточно подробно отражает содержание диссертационной работы.

Главные положения исследования изложены в 4 статьях, которые опубликованы в рецензируемых журналах из перечня ВАК и 5 работах, опубликованных в трудах, индексируемых Scopus и Web of Science, а также в 6 других изданиях и материалах конференций.

### **Теоретическая и практическая ценность диссертационной работы**

Цель диссертационной работы состоит в исследовании возможности обеспечения функционирования услуг связи, включающих в себя приложения Интернета вещей, в условиях изолированности или ограниченной доступности сети Интернет путем усовершенствования технологии беспроводных ячеистых сетей, а также посредством разработки модельно-методического аппарата для обслуживания трафика. Данная цель соответствует паспорту специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит в обосновании целесообразности применения сетей именованных данных, в наглядном отображении преимуществ новых сетевых архитектур. Также разработки, проведенные в диссертационной работе, расширяют класс моделей трафика Интернета вещей, а также класс моделей распространения данных сетей именованных данных.

Практическая ценность работы: разработанный метод предоставления услуг связи на территории с ограниченной доступностью сети Интернет может быть использован для организации связи на территории с поврежденной либо отсутствующей инфраструктурой. Кроме того, разработанные метод организации беспроводной сети именованных данных, а также метод их

взаимодействия с существующими сетями являются рекомендациями по планированию будущих сетей связи, основанных на Named Data Networking, а также к возможному проведению модернизации сети. Разработанный алгоритм для приложений Интернета нановещей может быть использован для уменьшения нагрузки на сети связи.

### **Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы**

Замечания по диссертационной работе можно разделить на две группы. К первой относятся те, которые затрагивают методологию исследования:

1. В разделе 2.2.3 «Механизм взаимодействия терминалов с агрегаторами информации» описывается метод обеспечения доступа к ресурсам сети, не имеющей связи с Интернет, позволяющий пользователю производить взаимодействие с сетью через поиск по ключевым словам. Однако механизм поиска по ключевым словам разработан только для многоранговых беспроводных ячеистых сетей, в которых применяются агрегаторы информации. Предложение подобного механизма для сетей одноранговой топологии сделало бы исследование более полным.

2. В разделе 3.2.3 «Модель трафика приложения Интернет нановещей» в имитационной модели приложения не учтено возможное время обработки удаленным сервером поступающих от шлюза пакетов с отчетами. Наличие подобного элемента в модели позволило бы определить предельное время предоставления услуги и дать дополнительные рекомендации.

3. Можно предположить, что поиск именованных данных в беспроводных ячеистых сетях существенно повлияет на одну из главных характеристик ячеистых сетей – энергопотребление в узлах сети и, соответственно, изменит время жизни сети. К сожалению, в работе на этот счет нет количественных или качественных оценок.

Замечания второй группы носят в большей степени частный характер:

4. В разделе 3.2.3 «Модель трафика приложений Интернета нановещей» на рисунках 3.7 (а) и 3.7 (б) следует привести к одной размерности.

5. В разделе 4.2.2 «Симуляция работы беспроводной ячеистой IP-сети» отсутствует обоснование, почему в качестве протокола маршрутизации выбран протокол AODV. Следует указать сравнение производительности AODV с другими существующими протоколами маршрутизации беспроводных ячеистых сетей или указать причину, почему был выбран именно этот протокол.

6. При проведении симуляции работы сетей в разделах 4.2.2 и 4.2.3 были получены графики зависимости общих потерь от различных изменяющихся условий. Для наилучшего отображения следует из общих потерь выделить те потери, которые не зависят от вида сетевой архитектуры, например, потери на физическом уровне.

7. На рисунке 4.3 (б) помимо зависимости потерь сети IP от количества узлов-потребителей, отображена и зависимость для сетей NDN. Следует убрать отображение для сетей NDN, поскольку оно повторно присутствует на рисунке 4.7 (в), где и должно быть по логике изложения.

Перечисленные замечания не уменьшают общую положительную характеристику работы, а скорее указывают на направления дальнейших исследований.

## **Общее заключение**

Диссертационная работа Михаила Андреевича Блинникова представляет собой законченную научную работу, в которой на высоком теоретическом уровне решена актуальная проблема предоставления доступа к внутренним ресурсам сети, изолированной от Интернет, с помощью применения беспроводных ячеистых сетей именованных данных. Настоящая диссертация является научно-исследовательской работой, которая обладает научной новизной и практической значимостью полученных в ней результатов. Материалы исследования в достаточно полном объеме отражены в публикациях автора и прошли апробацию на международных и всероссийских научных конференциях. Автореферат полностью и точно отражает содержание диссертации.

На основании вышесказанного считаю, что диссертация Блинникова Михаила Андреевича «Разработка и исследование моделей и методов построения беспроводных ячеистых сетей именованных данных» полностью соответствует критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в ред. Постановления Правительства РФ от 21.04.2016 N 335), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций», а ее автор, Блинников Михаил Андреевич заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по этой специальности.

09 июня 2022 г.

## Официальный оппонент,

профессор кафедры «Информационных систем» СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

д.т.н., профессор

М.О. Колбанёв



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина)». Сайт: <https://etu.ru>  
Адрес: 197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5, лит. Ф.  
Тел. 8 (812) 346-44-87; E-mail: [info@etu.ru](mailto:info@etu.ru)