

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
**«Петербургский государственный
университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**
Московский пр., д.9, Санкт-Петербург, 190031
Телефон: (812) 457-86-28, факс: (812) 315-26-21
E-mail: dou@pgups.ru; http://www.pgups.ru
ОКПО 01115840, ОГРН 1027810241502,
ИНН 7812009592/ КПП 783801001

УТВЕРЖДАЮ

И.о. первого проректора –
проректора по научной работе
ФГБОУ ВО ПГУПС
кандидат технических наук,
доцент

В. Бенин

2021 г.

29.10.2021 № 005.06.5-61/4
На № _____ от _____

Г

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Фам Ван Дай «Разработка моделей и методов маршрутизации
в энергоэффективных ячеистых сетях дальнего радиуса действия»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Актуальность темы диссертационной работы

Активно развивающаяся сфера телекоммуникаций с каждым годом
вовлекает в себя все новые области и виды информационного взаимодействия.
Одной из таких областей, приковавшей пристальное внимание как научного
сообщества, так и промышленного сектора, является концепция Интернета вещей
(ИВ). В настоящее время ИВ является основной для развития сетей связи в
среднесрочной и долгосрочной перспективе. Одна из ключевых функций в
рамках этой концепции возложена на самоорганизующиеся сети, классической
реализацией которых являются беспроводные сенсорные сети (БСС).

Беспроводные сенсорные сети обладают рядом особенностей по сравнению с существующими сетями, основными из которых являются упомянутая самоорганизация и низкое энергопотребление. Большой интерес к изучению таких сетей обусловлен, в первую очередь, широкими возможностями их применения: мониторинг окружающей среды, мониторинг состояния промышленных объектов, мониторинг транспорта, системы обнаружения вторжений и слежения за целью, пожарная безопасность, автомобилестроение, медицина и т.д.

В состав БСС появился новый вид сети связи ИВ – энергоэффективные сети дальнего радиуса действия, позволяющие передавать сенсорные данные на большие расстояния. Большое внимание уделяется данному типу сети при развертывании приложений ИВ в умных городах. Приложения концепции ИВ, такие как сенсорные сети, как правило, требуют организации беспроводных сетей. Кроме того, широкомасштабное внедрение приложений ИВ приводит к созданию гетерогенных сетей связи высокой и сверхвысокой плотности. Несмотря на все преимущества энергоэффективных сетей дальнего радиуса действия, в настоящее время для них существует ряд задач для обеспечения функционирования как отдельных элементов сети, так и целых фрагментов сети, что предоставляются способы передачи информации между устройствами. Особенности построения энергоэффективных сетей дальнего радиуса действия требуют и применения новых моделей и методов маршрутизации для расширения зоны покрытия сети и возможности обмена данными между устройствами в условиях умных городов.

Комплексное решение перечисленных задач представляет сложную научную проблему и определяет необходимость проведения исследований, представленных в диссертационной работе Фам Ван Дай «Разработка моделей и методов маршрутизации в энергоэффективных ячеистых сетях дальнего радиуса

действия», что позволяет считать тему данной диссертационной работы актуальной.

Новизна представленных в диссертационной работе результатов

Новизна полученных автором результатов определяется, в первую очередь, новизной самого предмета исследования – модели и методы маршрутизации для ячеистой сети. Новыми научными результатами являются:

- фрагмент энергоэффективной ячеистой сети дальнего радиуса действия представлен в виде системы массового обслуживания, на базе которой была разработана имитационная модель, отличающаяся от известных тем, что используется ячеистая топология с различной связностью. На базе серии компьютерных экспериментов определены пороговые уровни параметров качества обслуживания при различных характеристиках рассматриваемой сети связи;

- разработаны методы маршрутизации в энергоэффективных ячеистых сетях дальнего радиуса действия на основе комплексного показателя канала связи и машинного обучения с подкреплением, отличающиеся от известных тем, что позволяют обеспечить эффективную передачу данных между узлами ячеистой сети и повысить охват зоны покрытия по сравнению с энергоэффективными ячеистыми сетями дальнего радиуса действия с топологией «звезда», а также уменьшить задержку доставки пакетов при высокой нагрузке за счет самообучения на основе собираемых данных.

- разработан метод передачи мультимедийного трафика в энергоэффективной ячеистой сети дальнего радиуса действия, отличающийся от известных тем, что позволяет передавать изображения через сеть LoRa с поддержкой ячеистой топологии и поддержкой заданных параметров передаваемых изображений.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и результатов, полученных в диссертационной работе

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и результатов, сформулированных в диссертации, подтверждаются корректным использованием математического аппарата, имитационным моделированием, достаточным числом опубликованных работ, в том числе в рецензируемых изданиях за рубежом, а также выступлений на международных и российских конференциях.

Значимость полученных Фам Ван Дай результатов для развития науки по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Значимость полученных автором результатов для развития наук в области систем, сетей и устройств телекоммуникаций заключается в разработке моделей и методов маршрутизации для организации энергоэффективных ячеистых сетей дальнего радиуса действия, в которых передается как телеметрическая информация, так и изображения. Предложена новая модель энергоэффективных сетей дальнего радиуса действия с поддержкой ячеистой топологии, позволяющая расширить модельно-методический аппарат сетей ячеистой структуры, учитывающий качество обслуживания и надежность.

Разработанные Фам В.Д. методы маршрутизации на основе оценки комплексного показателя качества соединения и машинного обучения с подкреплением позволяют выбрать надежные маршруты передачи данных в узкополосных беспроводных сетях связи Интернета вещей с поддержкой ячеистой или многоскачковой топологии, что повысит зону обслуживания без необходимости установки дополнительных базовых станций, а также способствует развитию приложений умных устойчивых городов за счет преимущества узкополосных беспроводных сетей. Данные результаты могут быть также применены при проектировании сетей связи Интернета вещей в

умных городах, а также для сбора данных с устройств Интернета вещей в условиях плотной городской застройки.

Рекомендация по использованию результатов, полученных в диссертационной работе

Результаты диссертационной работы Фам Ван Дай целесообразно использовать в научно-исследовательских работах ФГУП ЦНИИС, ФГУП НИИР, при планировании энергоэффективных сетей дальнего радиуса действия ПАО «Ростekom», ПАО «ГИПРОСВЯЗЬ», а также в учебном процессе при подготовке бакалавров, магистров и аспирантов в области систем и сетей телекоммуникаций в ПГУПС, СПбГУТ, МТУСИ, ПГУТИ, СибГУТИ.

Работа выполнена достаточно грамотно, материал изложен последовательно и логично, однако в ходе ознакомления с диссертацией был сделан ряд замечаний, которые приведены ниже

Замечания

1. В тексте диссертации и автореферат отсутствует обоснование выбора программного обеспечения для имитационного моделирования энергоэффективных ячеистых сетей дальнего радиуса действия.

2. Во второй главе при проведении анализа методов маршрутизации в беспроводных ячеистых сетях целесообразно представить в виде сводной таблицы сравнение проанализированных методов маршрутизации.

3. В разделе 3.2 главы 3 при разработке модели энергоэффективной ячеистой сети дальнего радиуса действия полезно было бы в явном виде учесть энергетические характеристики составляющих ее беспроводных узлов.

4. В главе 4 при исследовании энергопотребления узла-передатчика целесообразно было бы рассмотреть различные конфигурации технологии LoRa.

5. В тексте автореферата не проводится полное представление аналитической модели фрагмента энергоэффективной ячеистой сети дальнего радиуса действия как это сделано в диссертационной работе. Для лучшего понимания целесообразно было бы привести аналитическую модель и численные расчёты на ее основе.

Перечисленные замечания не снижают общей положительной оценки работы.

Заключение

Диссертационная работа Фам Ван Дай «Разработка моделей и методов маршрутизации в энергоэффективных ячеистых сетях дальнего радиуса действия» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по обеспечению маршрутизации в энергоэффективных ячеистых сетях дальнего радиуса действия, что имеет существенное значение при планировании и использовании энергоэффективных сетей дальнего радиуса действия на сети электросвязи, в том числе на сети связи для приложений умных городов, и оценивается положительно. Автореферат адекватно отражает основное содержание диссертационной работы.

Диссертационная работа Фам Ван Дай «Разработка моделей и методов маршрутизации в энергоэффективных ячеистых сетях дальнего радиуса действия» соответствует критериям, предъявляемым в отношении кандидатских диссертаций, которые установлены пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), а ее автор Фам Ван Дай заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Диссертация и автореферат Фам Ван Дай на тему «Разработка моделей и методов маршрутизации в энергоэффективных ячеистых сетях дальнего радиуса

действия» рассмотрены и обсуждены на заседании кафедры «Электрическая связь» 27 октября 2021 года, протокол № 3.

Отзыв подготовил:

Профессор кафедры

«Электрическая связь» ФГОУ ВО ПГУПС

доктор технических наук, профессор



А.К. Канаев

Контактная информация ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I»

190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9

+7 (812) 315-26-21

dou@pgups.ru