ГИПРОСВЯЗЬ
ОПЫТ МАСШТАБ ПЕРСПЕКТИВА
Публичное акционерное общество «ГИПРОСВЯЗЬ»
3-я Хорошевская ул., д. 11, Москва, 123298
тел: (499) 197-0000, факс: (499) 197-1074
www.giprosvyaz.ru, mail@giprosvyaz.ru

28.10.2021 №М-15/4624
На № _____ от _____

Отзыв
на автореферат диссертации Фам Ван Дай на тему:
«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

Диссертационная работа Фам Ван Дая посвящена актуальной теме связанной с вопросами маршрутизации в рамках высокоэффективных ячеистых сетях дальнего действия, развивающихся в рамках технологий беспроводных сенсорных сетей, входящих в концепцию Интернета вещей и промышленного Интернета вещей. Вопросы маршрутизации в данных сетях стоят крайне остро в связи с невысоким средним значением пропускной способности, а также с появлением новых приложений с более высокими требованиями качества обслуживания в сенсорных сетях.

Актуальность работы обуславливается необходимостью увеличения эффективной дистанции передачи информации в рамках беспроводных сенсорных сетей, что позволит обеспечить более высокое покрытие сенсорными узлами и в конечном счете приведет к удешевлению стоимости развертывания сети и ее обслуживания. Достигается данная цель за счет внедрения ячеистой топологии сети, а также применения методов маршрутизации характерных для данной топологии. Помимо этого, в данной работе была исследована еще одна прикладная проблема связанная с передачей изображений поверх данного типа сетей, что представляется особенно актуальным для использования в охранных системах и системах обеспечения безопасности производственных процессов.

Анализ автореферата позволяет сделать вывод о том, что диссертационное исследование Фам Ван Дая является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой.

Научная ценность обуславливается следующими результатами работы:

1. Был проведен анализ энергоэффективных сетей дальнего радиуса действия. На основе анализа развития беспроводных сенсорных сетей и ограничения энергоэффективных сетей дальнего радиуса действия был сделан вывод о необходимости реализации ячеистой топологии для эффективной передачи данных в умных городах в условиях плотной городской застройки.

2. Был проведен анализ беспроводных ячеистых сетей и протоколов маршрутизации для них. Проанализировав международные научные публикации, был сделан вывод о том, что построение маршрутов может быть проактивным или реактивным, что соответствует типам протокола маршрутизации. По результатам анализа показано, что проактивные протоколы для построения таблицы маршрутизации должны собрать всю информацию о состоянии маршрутов в сети для нахождения маршрутов между узлами, в то время как реактивные протоколы маршрутизации для нахождения маршрутов осуществляют опрос соседних узлов в случае необходимости. Для выбора оптимального маршрута используется метрика минимального количества ретрансляторов (промежуточных узлов).

3. Была разработана модель фрагмента энергоэффективной ячеистой сети дальнего радиуса действия с учетом особенностей инфраструктуры умных городов. В связи с развитием приложений «умный дом», «умный город» предложенная модель энергоэффективной ячеистой сети дальнего радиуса действия позволяет обеспечить подключение датчиков и исполнительных устройств к сети связи общего пользования. Была представлена концепция гибридной беспроводной ячеистой сети с учетом рассмотрения технологии передачи данных с большой дальностью и малой мощностью (LoRa – одна из перспективных технологий ПД для данных целей). В предложенной модели энергоэффективной ячеистой сети дальнего радиуса учитывается структура сети с использованием гетерогенных шлюзов, которая позволяет обеспечить взаимодействие с другими сетями связи в умных городах.

4. Были разработаны методы маршрутизации в энергоэффективных ячеистых сетях дальнего радиуса действия на основе оценки комплексного показателя качества соединения и машинного обучения с подкреплением. Разработанный метод оценки комплексного показателя качества соединения с использованием набора данных, таких как индикатор уровня принятого сигнала RSSI, отношение сигнала к шуму SNR принятых пакетов и скорость приема пакетов PRR, позволяет предложить классификацию уровней показателя качества соединения на основе технологий машинного обучения (метод опорных

векторов SVM). На основе оценки комплексного показателя качества соединения разработанный метод маршрутизации позволяет организовать надежные энергоэффективные ячеистые сети дальнего радиуса действия с использованием технологии передачи данных LoRa. Кроме того, для устройств с возможностью питания от внешнего источника был предложен метод маршрутизации на основе машинного обучения с подкреплением, который показывает эффективность в уменьшении задержки доставки при увеличении интенсивности нагрузки. По результатам моделирования показано, что предлагаемый метод обеспечивает задержку меньше 25% по сравнению со случайной маршрутизацией.

5. Был разработан метод передачи мультимедийного трафика в энергоэффективной ячеистой сети дальнего радиуса действия. Предложенный метод передачи мультимедийных данных, в частности изображений, через энергоэффективную ячеистую сеть дальнего радиуса действия на основе технологии ПД LoRa может предоставлять дополнительные сервисы, которые ранее были характерны исключительно для широкополосных технологий передачи данных.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что она позволяет повысить эффективную зону обслуживания узкополосных беспроводных сенсорных сетей без необходимости установки дополнительных базовых станций, что снизит затраты при развертывании сети, а также в перспективе снизит затраты на обслуживание такой системы.

К данной работе имеются следующие замечания:

1. На странице 8, глава 3 в формуле распределения плотности вероятности (6), описывающей смещенное трехпараметрическое гамма-распределение не хватает возведения в степень на параметр формы $\alpha - 1$ для $x - \mathrm{c} — (x - c)^{\alpha-1}$.

2. На странице 12, глава 3 на рисунках 9-11 автор сопоставляет разработанный метод с протоколом AODV по различным параметрам, но не указывает конкретные средние значения разницы в тексте. Для удобства расчета читателями эффективности данного метода в сравнении с AODV по указанным параметрам в таких случаях рекомендуется напрямую указывать прирост производительности в процентах в сравнении с сопоставляемым протоколом.

Тем не менее, указанные недостатки не снижают ценности полученных результатов.

Работа базируется на достаточном количестве примеров, и проведена на высоком научном уровне. Достоверность полученных результатов подтверждена сравнением с данными, полученными при моделировании и натурных экспериментов.

Судя по автореферату, диссертация Фам Ван Дай представляет собой законченную работу, выполненную на высоком уровне, отвечающую

требованиям ВАК, а ее автор Фам Ван Дай заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Заместитель
генерального директора, к.т.н. [redacted] А.Б. Васильев