

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ С ДВИЖУЩИМИСЯ УЗЛАМИ

А. В. Марочкина*, А. И. Парамонов

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

*Адрес для переписки: anastasiy1996@mail.ru

Аннотация

Сфера применения сетей Интернета вещей весьма обширна. Одной из основных областей применения такой сети является организация транспортного потока. Транспортный поток можно рассматривать как самоорганизующуюся сеть с перемещающимися узлами. В данной статье описаны различные особенности самоорганизующихся сетей с движущимися узлами. Для исследования маршрута в таких сетях рассматриваются различные модели движения, скорости и плотности узлов.

Ключевые слова

Самоорганизующиеся сети связи, Интернет вещей, протоколы маршрутизации, сети высокой плотности, транспортные сети.

Информация о статье

УДК 004.9

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 28.03.2019, принята к печати 30.12.19.

Ссылка для цитирования: Марочкина А. В., Парамонов А. И. Исследование функционирования сети Интернета вещей с движущимися узлами // Информационные технологии и телекоммуникации. 2019. Том 7. № 3. С. 31–36. DOI 10.31854/2307-1303-2019-7-3-31-36.

FUNCTIONING OF THE INTERNET OF THINGS NETWORKS WITH MOVING NODES

A. Marochkina*, A. Paramonov

The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications,
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

*Corresponding author: anastasiy1996@mail.ru

Abstract—The area of application for the Internet of Things networks is vast. One of the main uses for such a network is the organization of network traffic. A traffic stream can be considered as a self-organizing network with moving nodes. This article describes the various features of such networks. Models with various mobility, velocity and density parameters of nodes are considered for studying the routes in this networks.

Keywords—Self-organizing communication networks, Internet of Things, routing protocols, high-density networks, transport networks.

Article info

Article in Russian.

Received 28.03.2019, accepted 30.12.19.

For citation: Marochkina A., Paramonov A.: Functioning of the Internet of Things Networks with Moving Nodes // Telecom IT. 2019. Vol. 7. Iss. 3. pp. 31–36 (in Russian). DOI 10.31854/2307-1303-2019-7-3-31-36.

Введение

Интернет вещей (по определению *International Data Corporation (IDC)*) – это «проводная или беспроводная сеть, соединяющая устройства, которые имеют автономное обеспечение, управляются интеллектуальными системами, снабжёнными высокоуровневой операционной системой, автономно подключены к Интернету, могут исполнять собственные или облачные приложения и анализировать собираемые данные. Кроме того, они обладают способностью захватывать, анализировать и передавать (принимать) данные от других систем» [1].

Основой Интернета вещей являются самоорганизующиеся сети, которые применяются в самых разных областях. В зависимости от сферы применения используются различные конфигурации таких сетей.

Так, например, на данный момент существуют [2]:

- медицинские сети;
- муниципальные сети;
- сети транспортных средств (VANET);
- молекулярные наносети;
- беспроводные всепроникающие сенсорные сети.

В данной работе уделено внимание транспортным сетям, которые имеют ясную коммерческую составляющую и являются одними из перспективных направлений развития.

Однако, разнообразное количество видов взаимодействий обуславливает сложность реализации такой сети.

В такой сети возможны следующие взаимодействия [3]:

- транспортное средство – транспортное средство (точка-точка);
- транспортное средство – инфраструктура (точка-много точек);
- транспортное средство – дом (геонаправленная связь);
- транспортное средство – вычислительные ресурсы (геошироковещательная связь).

В этой работе рассмотрены только взаимодействия вида «транспортное средство – транспортное средство» (точка-точка). Остальные взаимодействия планируется рассмотреть в дальнейших работах.

Влияние скорости узлов на маршрутизацию в самоорганизующихся сетях

Влияние скорости узлов на маршрутизацию в самоорганизующихся сетях описано в статье [4].

Авторы данной статьи выявили, что функция плотности вероятности времени доставки может быть аппроксимирована экспоненциальным распределением при умеренной и высокой мобильности для сетей с низкой и высокой плотностью.

Также, утверждается, что средняя протяженность маршрута в маломобильных сетях больше, чем в сети с высокой мобильностью.

Помимо выше сказанного, в статье также говорится, что с увеличением скорости перемещения узла время доставки пакета стремится к экспоненциальному распределению.

В данной работе не рассматривались сети высокой плотности. Поэтому было решено определить ряд особенностей для сетей высокой плотности.

Влияние скорости узлов на маршрутизацию в самоорганизующихся сетях высокой плотности

Сетью высокой плотности является сеть, в которой на каждый квадратный метр приходится минимум один узел.

Для исследования влияния скорости движения узлов в такой сети была разработана модель в системе имитационного моделирования OMNeT++¹ со следующими параметрами:

- узлы расположены на плоской поверхности, имеющей форму квадрата 10×10 м (площадь поверхности – 100 м²);
- количество узлов – 100;
- протокол маршрутизации – AODV;
- транспортный протокол – TCP/UDP (зависит от опыта);
- скорость движения узлов – зависит от опыта (от 0 до 50 м/с);
- модель движения узлов сети – случайная путевая точка;
- рассматриваемый промежуток времени – 10 секунд.

¹ Discrete Event Simulator OMNeT++ [Электронный ресурс]. URL: [https:// https://omnetpp.org](https://omnetpp.org) (дата обращения 20.02.2019).

В ходе работы было проведено 22 эксперимента. Для каждого эксперимента создавались два неподвижных узла: получатель – host[0] и отправитель – host[1], которые обменивались данным с помощью TCP или UDP соединения. В первом испытании средняя скорость промежуточных узлов равнялась 0 м/с. В каждом испытании средняя скорость промежуточных узлов увеличивалась в зависимости от опыта. В каждом испытании промежуточные узлы располагались случайно.

В результате эксперименты обнаружены следующие закономерности, представленные на графиках ниже (рис. 1–2).

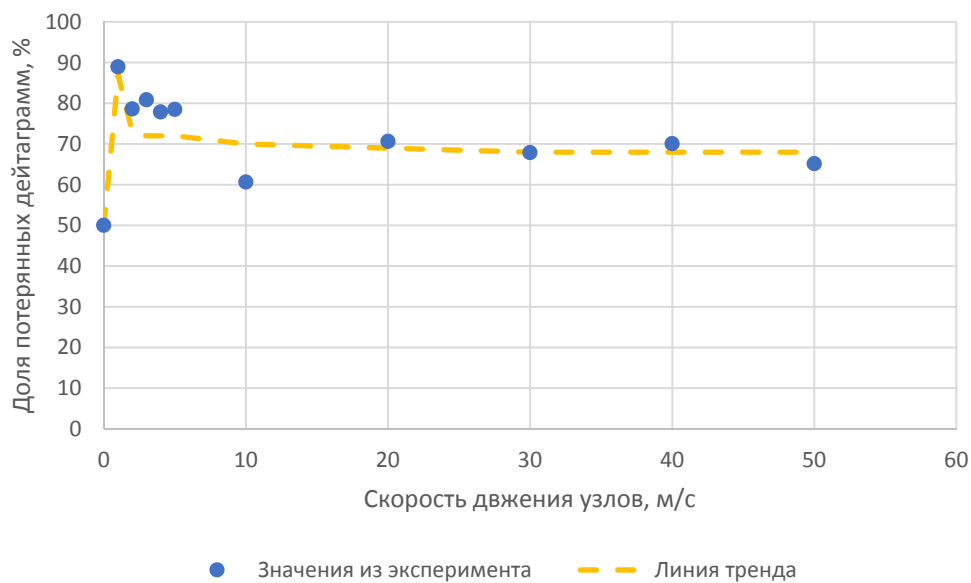


Рис. 1. Зависимость доли потерянных дейтаграмм от скорости движения узлов для протокола UDP

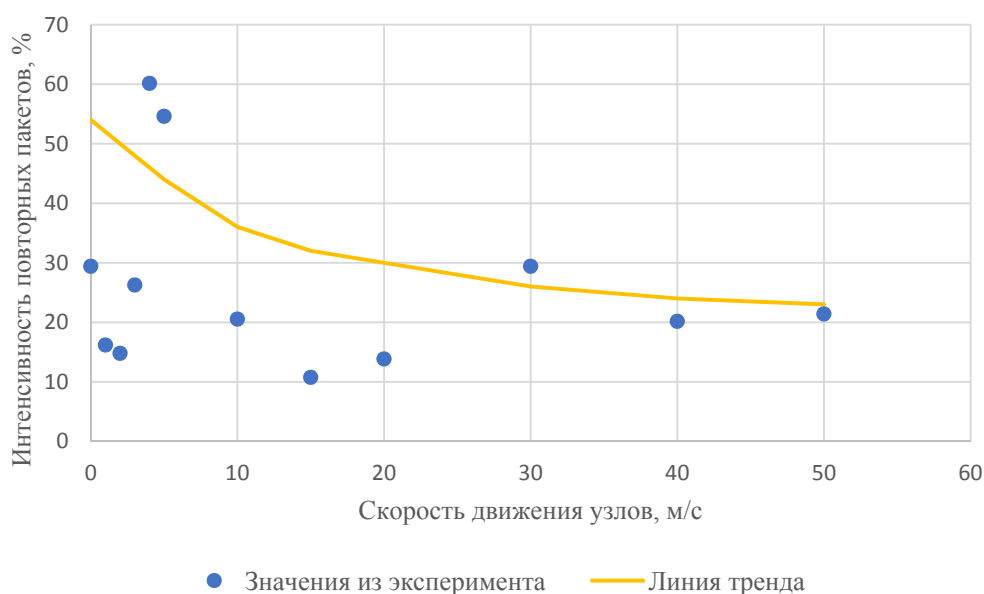


Рис. 2. Зависимость интенсивности потерянных пакетов от скорости движения узлов для протокола TCP

Представленные зависимости являются следствием особенностей функционирования протокола маршрутизации. В данном случае – AODV, хотя эта особенность характерна не только этому протоколу. Механизм, определяющий полученные зависимости, является следствием выбора различных маршрутов в сети из-за потерь пакетов, возникающих вследствие интерференции сигналов от соседних узлов. Иными словами, протокол выбирает маршрут на основе данных о качестве маршрута, которое зависит не столько от структуры сети, сколько от интенсивности трафика соседних узлов. Эта особенность характерна для сетей с высокой плотностью узлов.

Взаимные перемещения узлов изменяют условия приема сигналов и приводят к необходимости изменения маршрутов. В идеальном случае, при интенсивности трафика стремящейся к нулю, в данной сети потери пакетов также стремятся к нулю, а связи между узлами не требуют транзитов. В таком случае и скорость перемещения узлов не оказывает влияния на исследуемые параметры. Однако, при наличии трафика в сети взаимные влияния узлов приводят к особенностям маршрутизации, которые отражаются на качестве ее функционирования.

Исходя из результатов эксперимента, можно сделать следующие выводы:

- Доля потерянных дейтаграмм для протокола UDP увеличивается при увеличении скорости движения узлов и остается на отметке 69 % при скорости движения узлов более 20 м/с (для 100 узлов, рассматриваемых на плоской поверхности размером 10×10 м).
- При увеличении скорости движения узлов – увеличивается и интенсивность повторной передачи пакетов для протокола TCP.
- Интенсивность повторной передачи пакетов стабилизируется при скорости узлов 30 м/с и значительно не увеличивается (для 100 узлов, рассматриваемых на плоской поверхности размером 10×10 м).

Заключение

Таким образом, увеличение скорости движения узлов уменьшает продолжительность маршрута и время доставки пакета стремится к экспоненциальному распределению.

Также, при увеличении скорости движения узлов, увеличивается и интенсивность повторной передачи пакетов для протокола TCP и увеличивается доля потерянных дейтаграмм для протокола UDP.

Следует отметить, что результаты, которые получены в данном эксперименте справедливы только для сети, которая рассматривалась при имитационном моделировании.

Полученные результаты говорят о том, что функционирования протоколов маршрутизации в сети высокой плотности имеет ряд особенностей, которые могут приводить к снижению качества обслуживания и ее зависимости от движения пользователей. В частности, функционирование протокола AODV в таких условиях приводит к выбору «случайных» маршрутов который существенно зависит от характера движения узлов.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что для сетей с высокой плотностью подвижных пользователей следует разрабатывать протоколы, учитывающие их особенности.

Реализованная в программе OMNeT++ имитационная модель позволила определить влияние скорости движения узлов в сетях высокой плотности на качество связи.

Литература

1. Кучерявый А. Е., Прокопьев А. В., Кучерявый Е. А. Самоорганизующиеся сети. СПб.: Любавич, 2011. 312 с.
2. Гольдштейн Б. С., Кучерявый А. Е. Сети связи пост-NGN. СПб.: БХВ-Петербург, 2013. 160 с.: ил. ISBN 978-5-9775-0900-8.
3. Борисов Е. Г., Владыко А. Г., Парамонов А. И., Киричек Р. В. Самоорганизующиеся сети связи мультиагентных робототехнических систем // Актуальные проблемы защиты и безопасности: труды XIX Всероссийской научно-практической конференции РАРАН (4–7 апреля 2016 г.). М.: ФГБУ «РАРН», 2016. С. 210–217.
4. Huang Y., Kannan G., Bhatti S., Merchant S. N., Desai U. B. Route dynamics for shortest path first routing in mobile ad hoc networks // Wireless Telecommunications Symposium (WTS), 2008, pp. 236–242.

References

1. Kucheryavyy A. E., Prokopyev A. V., Kucheryavyy E. A. Samoorganizuyushchiyesya seti. SPb.: Lyubavich. 2011. 312 s.
2. Goldshteyn B. S., Kucheryavyy A. E. Seti svyazi post-NGN. SPb.: BKhV-Peterburg. 2013. 160 s.: il. ISBN 978-5-9775-0900-8.
3. Borisov E. G., Vladyko A. G., Paramonov A. I., Kirichек R. V. Samoorganizuyushchiyesya seti svyazi multiagentnykh robototekhnicheskikh sistem // Aktualnyye problemy zashchity i bezopasnosti: trudy XIX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii RARAN (4–7 aprelya 2016 g.). M.: FGBU «RARN». 2016. S. 210–217.
4. Huang Y., Kannan G., Bhatti S., Merchant S. N., Desai U. B. Route dynamics for shortest path first routing in mobile ad hoc networks // Wireless Telecommunications Symposium (WTS), 2008, pp. 236–242.

**Марочкина
Анастасия Вячеславовна**

– аспирант, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232,
Российская Федерация, anastasiy1996@mail.ru

**Парамонов
Александр Иванович**

– доктор технических наук, профессор, СПбГУТ,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация,
alex-in-spb@yandex.ru

Marochkina Anastasia

– Postgraduate, SUT, St. Petersburg, 193232,
Russian Federation, anastasiy1996@mail.ru

Paramonov Alexander

– Doctor of Engineering Sciences, Professor, SUT,
St. Petersburg, 193232, alex-in-spb@yandex.ru