

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ ГЕТЕРОГЕННОЙ МОДЕЛЬНОЙ СЕТИ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И ПРИЛОЖЕНИЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

М. В. Захаров¹, Р. В. Киричек^{1*}

¹ СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

* Адрес для переписки: kirichek@sut.ru

Аннотация

Предмет исследования. Тестирование одно из важных направлений в области телекоммуникаций, которое позволяет проверить и оценить характеристики сетевого оборудования, как фрагменты существующих и планируемых сетей. **Метод.** Наиболее эффективным инструментом для проведения всех видов испытаний (проверка соответствия, тестирование на совместимость, тестирование совместимости) представляет собой модель сети. **Основной результат.** Авторы предложили структуру виртуальной гетерогенной сети модели для тестирования оборудования и приложений Интернета вещей, а также оборудования и приложений других поколений. Они также рассмотрели способы улучшения и распределение модельных сетей – их сегментацию и виртуализацию.

Ключевые слова

модельные сети, Интернет Вещей, тестирование оборудования, тестирование приложений, гетерогенные сети.

Информация о статье

УДК 004.725.7

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 10.10.16, принята к печати 25.11.16.

Ссылка для цитирования: Захаров М. В., Киричек Р. В. Разработка виртуальной гетерогенной модельной сети для тестирования оборудования и приложений Интернета Вещей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Том 4. № 4. С. 24–32.

DEVELOPMENT OF A VIRTUAL HETEROGENEOUS NETWORK MODEL FOR TESTING EQUIPMENT AND APPLICATIONS OF THE INTERNET OF THINGS

M. Zaharov¹, R. Kirichek^{1*}

¹ SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation

* Corresponding author: kirichek@sut.ru

Abstract—Testing one of the important directions in telecommunications that allow to check and assess the characteristics of the network equipment that fragments existing and planned networks. **Method.** The most effective tool for conducting all types of testing (compliance testing, interoperability testing, compatibility testing) is a model of the network. **Core results.** The authors proposed the structure of a virtual heterogeneous network model for testing equipment and applications of the Internet of things as well as equipment and application of other generations. They also considered ways of improving allocated and distributed model networks – their segmentation and virtualization.

Keywords—Model network, the Internet of Things, testing equipment, test applications, heterogeneous network.

Article info

Article in Russian.

Received 10.10.16, accepted 25.11.16.

For citation: Zaharov M., Kirichek R.: Development of a Virtual Heterogeneous Network Model for Testing Equipment and Applications of the Internet of Things // Telecom IT. 2016. Vol. 4. Iss. 4. pp. 24–32 (in Russian).

Введение

Как известно, основной задачей в телекоммуникациях является передача любого необходимого объёма информации с заданными параметрами качества обслуживания на требуемое расстояние. Для того чтобы обеспечить её выполнение, требуется рассчитать множество различных параметров проектируемой или модернизируемой сети. Расчёт производится на основе потребностей пользователей и с учётом влияния внутренних и внешних факторов. От точного расчёта, основанного на характеристиках оборудования и особенностях его взаимодействия, в значительной мере зависит, сможет ли сеть выполнять свои функции.

Тестирование

Для того чтобы проверить характеристики оборудования и его способность взаимодействовать с другими сетевыми устройствами, требуется провести комплексное тестирование сети или отдельных её компонентов [1]. Общую задачу тестирования принято подразделять на следующие подзадачи:

– тестирование соответствия – это тестирование, которое проводится с целью проверки заявленных производителем характеристик;

– тестирование взаимодействия – это тестирование, которое проводится оператором связи для проверки корректности взаимодействия сетевого оборудования или элементов сетей в рамках собственной инфраструктуры, а так же корректности взаимодействия своей инфраструктуры с инфраструктурой других операторов связи;

– тестирование совместимости – это тестирование, которое проводится с целью проверки совместимости оборудования различных производителей.

Тестирование должно быть осуществимо для устройств и приложений неограниченного списка технологий: сетей NGN и пост-NGN, SDN и IoT [2] и т. д. При этом должно быть совершенно не важно, какой именно объект проходит проверку – конкретный образец оборудования, его определённая конфигурация, архитектура сети или же пользовательское приложение. Лучшее решение, которое обеспечивает возможность проведения всех типов тестирования – модельные сети^{1,2}.

Модельные сети

Модельная сеть повторяет архитектуру фрагмента уже существующей или проектируемой телекоммуникационной сети. За счёт дополнительного элементов (генератор трафика, генератор помех и т. д.) она позволяет проводить тестирование оборудования или приложений в штатном режиме работы сети и под нагрузкой, что позволяет более точно оценить исследуемые характеристики.

Существует два вида модельных сетей: выделенные и распределённые.

Выделенная модельная сеть является фрагментом ССОП, не связанным с другими модельными сетями. Данный тип сетей может быть использован для проведения испытаний и тестирования на совместимость и взаимодействие. Выделенная модельная сеть должна включать как минимум два узла, объединённых каналами связи. При этом один из узлов принадлежит модельной сети, а другой является тестируемым оборудованием.

Распределённая модельная сеть состоит из нескольких модельных сетей, связанных между собой ССОП, корпоративными сетями и т. д. Такой тип сетей применяют для проведения комплексного тестирования на совместимость и взаимодействие, а также для проверки параметров QoS, требований по взаимодействию с другими техническими средствами, требований к соблюдению мер сетевой и информационной безопасности.

Виртуализация

Один из путей совершенствования модельной сети – её виртуализация. Она позволяет перейти от использования реального оборудования к эмуляции его работы в рамках программы эмулятора или целого пакета программ, которые необходимы для наиболее точной и полной эмуляции сетевых процессов во время тестирования. Такой переход обеспечивает уменьшение расхода материальных ресурсов:

¹ Recommendation ITU-T Q.3900, Methods of Testing and Model Network Architecture for NGN Technical Means Testing as Applied to Public telecommunication networks. 2006.

² Recommendation ITU-T Q.3950. Testing and Model Network Architecture for Tag-Based Identification Systems and Functions. 2011.

- исчезает необходимость использовать дорогостоящее сетевое оборудование;
- развёртывание и конфигурация модельной сети не требуют расходных материалов;
- экономится рабочее пространство, необходимое для проведения тестирования;
- уменьшается время, необходимое на развёртывание и конфигурацию сети, т. к. виртуальная модельная сеть может быть реализована в рамках одной программно-аппаратной платформы (сервера и т. д.).

Сегментация

Сегментация – это ещё один из эффективных инструментов совершенствования структуры модельной сети. Под сегментацией понимают разделение сети на независимые сегменты. Каждый из таких сегментов может имитировать работу сегмента ССОП, построенного по определённым технологиям, и отражать его свойства. Конфигурация сегментов может храниться в базе данных и вызываться при необходимости. Приведём примеры таких сегментов:

Беспроводная сенсорная сеть (БСС) – строится на основе самоорганизующейся сети [3, 4], состоящей из сенсорных узлов. Оконечные узлы посредством измерительного оборудования собирают информацию из окружающей среды и передают её узлам-маршрутизаторам, которые доставляют её к шлюзу ССОП (рис. 1).

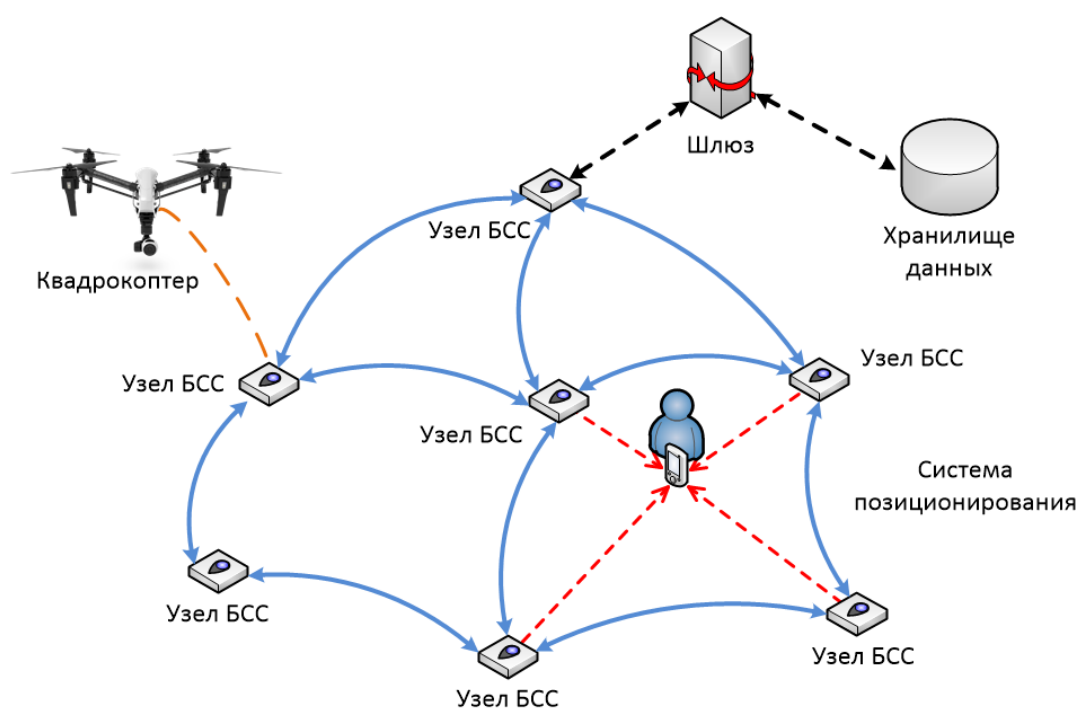


Рис. 1. Сегмент модельной сети, представляющий собой беспроводную сенсорную сеть (БСС)

В состав этого сегмента может быть включена летающая сенсорная сеть, строящаяся чаще всего на базе квадрокоптеров общего пользования, которые

применяются для сбора данных с сенсорных узлов или непосредственно из внешней среды, и доставки этих данных к шлюзам сети связи общего пользования [5, 6, 7].

Также в состав сегмента может входить система позиционирования, которая строится на базе узлов БСС, взаимодействующих с коммуникационным оборудованием пользователя и позволяющих определить его точные координаты [8].

Другим примером может послужить реализация сегмента программно-конфигурируемой сети (SDN). На сегодняшний день технология SDN является одним из лучших решений задачи сетевой конвергенции, задачи управления и конфигурирования сетевого оборудования [9, 10, 11]. SDN реализует идеологию сетевой виртуализации, при которой плоскость управления сетевого устройства отделяется от плоскости данных. При этом обеспечивается требуемый баланс между степенью централизованного управления посредством SDN-контроллера и децентрализованных операций по маршрутизации потока. SDN позволяет обеспечить строгое выполнение требований к качеству обслуживания для максимально возможного числа потоков и обеспечить максимальную утилизацию сети (рис. 2).

Таким образом, данный сегмент модельной сети, например, позволяет обеспечить тестирование с участием сегмента SDN-сети при передаче трафика IoT [12].

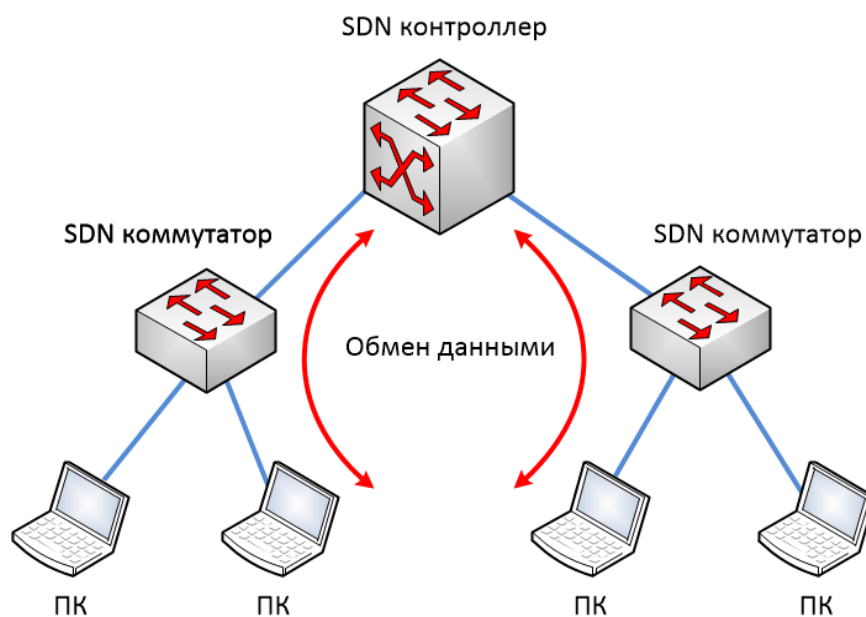


Рис. 2. Сегмент модельной сети, представляющий собой программно-конфигурируемую сеть (SDN)

Предлагаемая структура модельной сети

Минимальная конфигурация модельной сети должна включать в себя следующие составные элементы (рис. 3):

- сервер имитации процессов в ССОП, моделирующий процессы, происходящие в различных сегментах сети связи общего пользования (потери, задержки, джиттер и т. д.);

- терминал управления;
- промежуточные узлы (маршрутизаторы);
- исследуемое оборудование, фрагменты сетей;
- базу данных, обеспечивающую хранение различных конфигураций виртуальной модельной сети и долговременное хранение результатов тестирования;
- сервер управления тестированием, обеспечивающий мониторинг и общее управление сетью и процессом тестирования, генерацию потоков трафика необходимого типа, хранение и обработку промежуточных результатов тестирования и т. д.;
- шлюз для создания канала связи между виртуальной модельной сетью и тестируемым оборудованием или фрагментами реально существующих сетей.

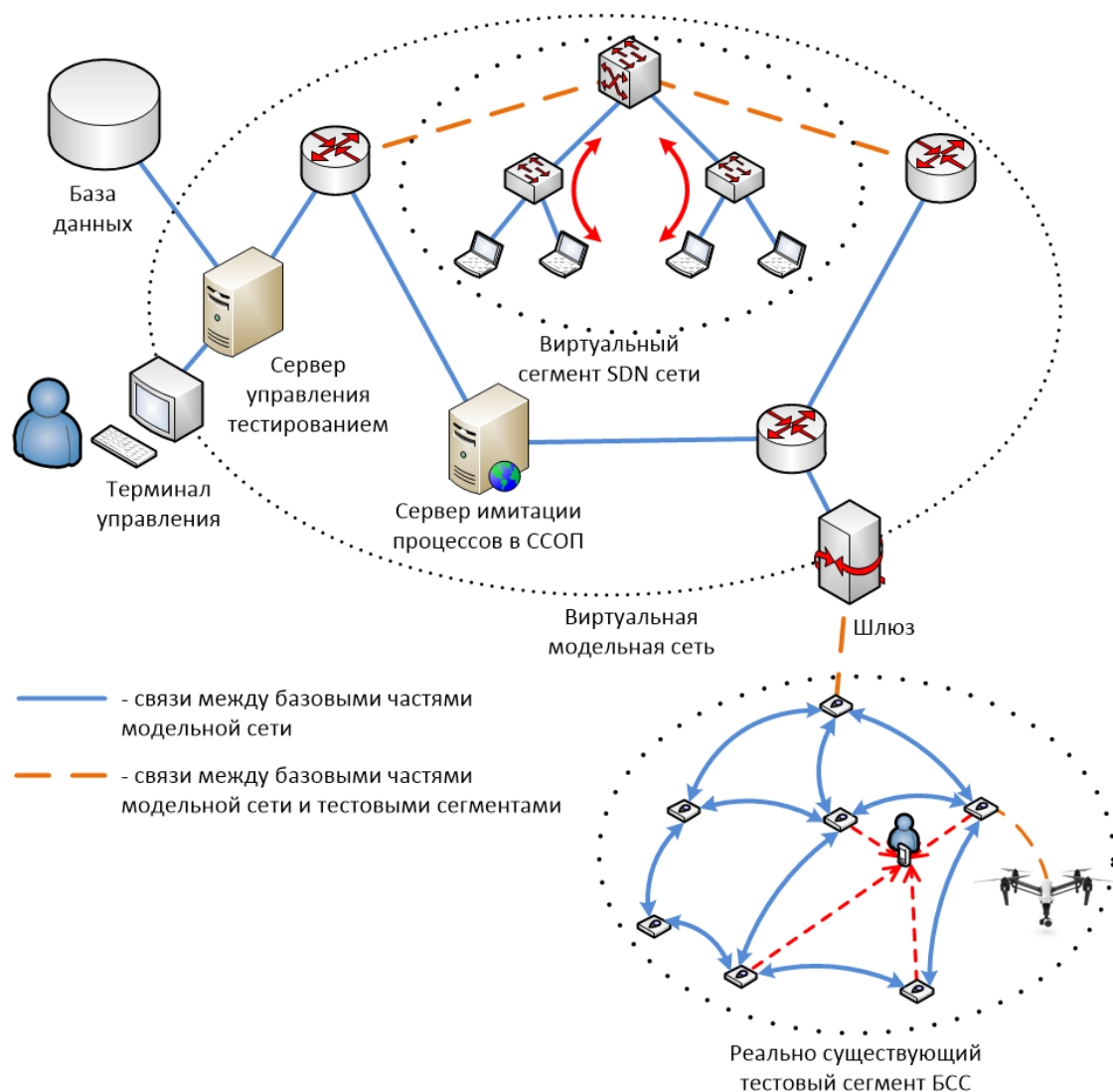


Рис. 3. Структурная схема модельной сети

Данная структурная схема отражает только один из возможных вариантов построения модельной сети. В целях обеспечения наибольшей достоверности тестирования и для обеспечения соответствия сети необходимой архитектуре, имеется возможность быстро переконфигурировать сеть, включив в её состав дополнительные составляющие элементы и перераспределив потоки трафика.

Выбор эмулятора

Для того чтобы реализовать виртуализацию и сегментацию модельной сети необходимо выбрать программу-эмулятор. Проведём критериальное сравнение нескольких распространённых эмуляторов сетей: Cisco VIRL, GNS3 и UnetLab. В качестве критериев будем рассматривать возможность поддержки оборудования различных производителей, поддержки сетевого оборудования различных типов (*router, switch, firewall* и т. д.), возможность бесплатного использования и поддержку многопользовательского режима.

Таблица.

Сравнение эмуляторов сетей

Cisco VIRL	GNS3	UNetLab	Характеристика
+	+	++	Поддержка оборудования различных производителей
++	+	++	Поддержка сетевого оборудования различных типов
–	+	+	Стоимость
–	–	+	Многопользовательский режим
+++	+++	++++++	Итого

Из критериального сравнения следует, что наиболее подходящий инструмент для реализации модельной сети – эмулятор UnetLab.

Эмулятор UNetLab

UNetLab (*Unified Networking Lab, UNL*) – это мультивендорная и многопользовательская платформа для моделирования сетей. Этот эмулятор позволяет создать виртуальную сеть из маршрутизаторов, коммутаторов, устройств безопасности и другого сетевого оборудования. Существует возможность создавать независимые друг от друга модельные сети в рамках одной платформы, а также совместно работать с модельной сетью нескольким пользователям одновременно. Данная особенность очень важна, т. к. позволяет производить отладку работы модельной сети и её настройку нескольким пользователям одновременно, что значительно экономит время тестирования. Эмулятор обладает удобным интерфейсом и прост в освоении.

Заключение

Модельные сети со времени своего зарождения прошли долгий путь становления. На данный момент они являются наиболее эффективным инструментом проведения комплексного тестирования оборудования и приложений в сетях связи общего пользования. Они подходят для тестирования технологий любых поколений – NGN и пост-NGN, SDN и IoT. Виртуализация и сегментация модельных сетей значительно повышают их эффективность³.

³ Recommendation ITU-T Y.2060. Overview of the Internet of Things. ITU-T Study Group 13. 2012.

Литература

1. Васильев А. Б., Тарасов Д. В., Андреев Д. В., Кучерявый А. Е. Тестирование сетей связи следующего поколения. М.: ФГУП ЦНИИС, 2008. 144 с. ISBN 5-00-000834-0.
2. Кучерявый А. Е. Интернет Вещей // Электросвязь. 2013. № 1. С. 21–24.
3. Кучерявый А. Е., Прокопьев А. Е., Кучерявый Е. А. Самоорганизующиеся сети. СПб.: Любавич. 2011. 310 с. ISBN 978-5-86983-318-1.
4. Кучерявый А. Е., Киричек Р. В., Парамонов А. И., Прокопьев А. В. Эволюция исследований в области беспроводных сенсорных сетей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2014. № 4. С. 29–41. URL: <http://www.sut.ru/doci/nauka/review/4-14.pdf>
5. Kirichek R., Kulik V. Methods of Test Flying Ubiquitous Sensor Networks // Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications (DCCN). 2015. pp. 489–499.
6. Koucheryavy A. State of Art and Research Challenges for USN Traffic Flow Models // 16th International Conference on Advanced Communication Technology (ICTACT). 2014. pp. 336–340.
7. Кучерявый А. Е., Владыко А. Г., Киричек Р. В. Теоретические и практические направления исследований в области летающих сенсорных сетей // Электросвязь. 2015. № 7. С. 9–11.
8. Vybornova A., Koucheryavy A. Traffic Analysis in Target Tracking Ubiquitous Sensor Networks // Lecture Notes in Computer Science. 2014. Vol. 8638. pp. 389–398.
9. Hakiri A., Berthou P., Gokhale A., Abdellatif S. Publish/Subscribe-Enabled Software Defined Networking for Efficient and Scalable IoT Communications // IEEE Communications Magazine. 2015. Vol. 53. Iss. 9. pp. 48–54.
10. Zhijing Qin, Denker G., Giannelli C., Bellavista P., Venkatasubramanian N. A Software Defined Networking Architecture for the Internet-of-Things // IEEE Network Operations and Management Symposium (NOMS). 2014. pp. 1–9.
11. Владыко А. Г., Киричек Р. В., Великоречин М. А., Думин Д. И. Комплексная методика тестирования фрагмента программно-конфигурируемой сети // Информационные технологии и телекоммуникации. 2015. № 2 (10). С. 20–29. URL: <http://www.sut.ru/doci/nauka/review/2-15.pdf>
12. Kirichek R., Koucheryavy A. Internet of Things Laboratory Test Bed // Lecture Notes in Electrical Engineering. 2016. Vol. 348. pp. 485–494.

References

1. Vasiliev, A. B., Tarasov, D. V., Andreev, D. V., Koucheryavy, A. E. Testing of Next Generation Networks. M.: FGUP ZNIIS. 2008. 144 p. ISBN 5-00-000834-0.
2. Koucheryavy, A. E. // *Electrosvyaz*'. 2013. No. 1. pp. 21–24.
3. Koucheryavy, A. E., Prokopiev, A. V., Koucheryavy, Y. A. Self-Organizing Networks. SPb: Lyubavich. 2011. 310 p. ISBN 978-5-86983-318-1.
4. Koucheryavy, A. E., Kirichek, R. V., Paramonov, A. I., Prokopiev, A. V. The Investigation Evolution in the Wireless Sensor Network Area // *Telecom IT*. 2014. No. 4. pp. 29–41. URL: <http://www.sut.ru/doci/nauka/review/4-14.pdf>
5. Kirichek R., Kulik V. Methods of Test Flying Ubiquitous Sensor Networks // *Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications (DCCN)*. 2015. pp. 489–499.
6. Koucheryavy A. State of Art and Research Challenges for USN Traffic Flow Models // 16th International Conference on Advanced Communication Technology (ICTACT). 2014. pp. 336–340.
7. Koucheryavy, A. E., Vladyko, A. G., Kirichek, R. V. Theoretical and Practical Research Trends in the Field of Flying Ubiquitous Sensor Networks // *Electrosvyaz*'. 2015. No. 7. pp. 9–11.
8. Vybornova, A., Koucheryavy, A. Traffic Analysis in Target Tracking Ubiquitous Sensor Networks // *Lecture Notes in Computer Science*. 2014. Vol. 8638. pp. 389–398.
9. Hakiri, A., Berthou, P., Gokhale, A., Abdellatif, S. Publish/Subscribe-Enabled Software Defined Networking for Efficient and Scalable IoT Communications // *IEEE Communications Magazine*. 2015. Vol. 53. Iss. 9. pp. 48–54.
10. Zhijing, Qin, Denker, G., Giannelli, C., Bellavista, P., Venkatasubramanian, N. A Software Defined Networking Architecture for the Internet-of-Things // *IEEE Network Operations and Management Symposium (NOMS)*. 2014. pp. 1–9.

11. Vladyko, A. G., Kirichek, R. V., Velikorechin, M. A., Dumin, D.I. Benchmarking Methodology of Software-Defined Networks // Telecom IT. 2015. No. 2 (10). pp. 20–29. URL: <http://www.sut.ru/doci/nauka/review/2-15.pdf>

12. Kirichek R., Koucheryavy A. Internet of Things Laboratory Test Bed // Lecture Notes in Electrical Engineering. 2016. Vol. 348. pp. 485–494.

Захаров Максим Валерьевич – студент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, zaharov.spbgut@gmail.com

Киричек Руслан Валентинович – кандидат технических наук, доцент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, kirichek@sut.ru

Zaharov Maxim – student, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, zaharov.spbgut@gmail.com

Kirichek Ruslan – Ph.D., associate professor, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, kirichek@sut.ru