

НАНОСЕТИ, КАК ОДНО ИЗ ПРОЯВЛЕНИЙ ИМТ-2020

А. Н. Волков¹, А. С. А. Мутханна^{1*}, Р. Я. Пирмагомедов¹

¹ СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

* Адрес для переписки: ammarexpress@gmail.com

Аннотация

Предмет исследования. Данная статья посвящена взаимодействию наносетей и сетей ИМТ-2020. **Метод.** Проведение натурного эксперимента на базе модельной сети лаборатории программируемых сетей, также агрегации на натальном шлюзе, через программно-определяемую сетевую инфраструктуру. **Основной результат.** В частности, будут представлены результаты натурного исследования передачи трафика, удовлетворяющего показателям трафика наносетей. Для приближения результатов, полученных натурным путем к реальной ситуации, была рассмотрена возможная модель взаимодействия, которая описывает взаимодействие группы шлюзов медицинских наносетей, с удаленными серверами обработки данных через локальную сеть медицинского учреждения, построенную согласно концепции SDN. **Практическая значимость.** На основе полученных результатов был предложен подход, который позволяет учитывать рост количества устройств, так и увеличение количества узлов в сети.

Ключевые слова

Медицинские сети, натальные сети, e-health, наносети, программно-определяемые сети, нано машины, шлюз, потоки трафика, IoT.

Информация о статье

УДК 004.77

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 20.06.17, принята к печати 01.09.17.

Ссылка для цитирования: Волков А. Н., Мутханна А. С. А., Пирмагомедов Р. Я. Наносети, как одно из проявлений ИМТ-2020 // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Том 5. № 3. С. 14–22.

NANONETWORK, AS ONE OF IMT-2020 IMPLEMENTATION

A. Volkov¹, A. Muthanna^{1*}, R. Pirmagomedov¹

¹ SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation

* Corresponding author: ammarexpress@gmail.com

Abstract—Research subject. This article is devoted to the interaction of nanonetworks and IMT-2020 mobile networks. **Method.** Conducting an experiment based on model network of the laboratory of programmable networks, also aggregation at the body gateway will be presented, via a software-defined network infrastructure. **Core results.** In particular, the results of a study of traffic transmission meeting the traffic metrics of nanonetworks. For approximation of obtained results to the real situation, was considered a model that describes the interaction of a group of gateways of medical nanonetworks with remote data processing servers through a local network of a medical facility built according to the SDN concept. **Practical relevance.** Based on the obtained results, it was proposed an approach which takes into account the increase in the number of devices and an increase in the number of nodes in the network.

Keywords—Medical networks, networks, e-health, nanonetwork, software-defined network, nano machines, gateway, traffic flows, IoT.

Article info

Article in Russian.

Received 20.06.17, accepted 01.09.17.

For citation: Volkov A., Muthanna A., Pirmagomedov R.: Nanonetwork, as One of IMT-2020 Implementation // Telecom IT. 2017. Vol. 5. Iss. 3. pp. 14–22 (in Russian).

Введение

Изначально зарождаясь, Интернет вещей скорее представлялся как инфраструктура взаимоувязанных машин в сети Интернет, позволяющая с помощью определенных интерфейсов производить удаленный мониторинг и управление тем или иным оборудованием [1, 2]. Однако IoT, как концепция в последствии проникла во всех сферы жизнедеятельности человека, многие сервисы, как: мониторинг экологической обстановки, как локально рассматриваемых областей, так и уровня города, мониторинг и автоматический сбор данных показателей всевозможных датчиков как в электроэнергетической сфере, так и водоканальной, мало кого удивишь. При этом на IT рынке появляются новые компании, разработки или услуги которых специализируются чисто на «Умных системах» [3, 4]. Развитие сетей и соответствующих протоколов взаимодействия между узлами породили целый класс сетей, таких как: самоорганизующиеся сети, летающие сенсорные сети и т. п. Данные технологии изначально настроены на разрешения мирных вопросов человеческого бытия. Например, разбросанная сенсорная сеть с автономными узлами, позволяет производить мониторинг целых лесных районов, удаленных от цивилизации, однако важными для безопасности жизнедеятельности людей. Например, такие системы могут оповещать о только зародившемся пожаре в лесном массиве, который может привести вред агрокультуре целого района, навредить животной фауне и в итоге самому человеку, не говоря о пожарах, которые могут перекинуться на жилые районы малых городов, поселений. Раннее оповещение позволит заблаговременно избежать многих бедствий, случающихся как по причине человеческого фактора, так и в результате нестандартных явлений природы (потопы, ураганы, землетрясения и т. п.).

Однако в спектре всех этих приложений, относящихся к концепции Интернета вещей, реализующие так называемые «Умные системы» в последнее время появилось новое направление развития IoT. Развитие в сторону нано мира [6,

7]. В данном направлении развития концепции Всеобъемлющего Интернета вещей приходится говорить уже на таких понятиях, как: нано-машины, нано-сети, шлюзы агрегации нано-машин и т. п. При этом в условиях нано-мира приходится действовать на основе биологических законов, чтобы не нарушить жизнедеятельность организма. Исследования в данном направлении проводят научные группы, которым приходится интегрировать знания медицины и работы организмов с алгоритмами информационно-коммуникационных сетей, протоколами, моделями взаимодействия¹ [5]. Естественно, в данной концепции приходится уже говорить о ином качестве сетевой инфраструктуры, о ином подходе к передаче данного типа трафика с учетом гетерогенности современных сетей. Приложение медицинских сетей, нано-сети в первую очередь направлены на мониторинг состояния организма, и локализации возможных сбоев (проблем) в организме, путем взаимодействия общей системы медицинского менеджмента организмов с соответствующими актуаторами, реализованными как элементы нано машин. Конечно, так как данная концепция является еще на уровне «зародыша» существует множество вопросов об организации безопасности данных сетей, о соблюдении принципа неприкосновенности к личной жизни индивида.

Определенные работы, которые проводятся научной группой СПбГУТ с партнерами, занимающиеся исследованиями в данной области, дали уже определенные результаты, путем разработок, моделирования процессов при соответствующих начальных ограничениях, которые позволяют развивать тему нано сетей все дальше, выходя на другой уровень [8, 9]. Уровень сетевой инфраструктуры, уровень алгоритмов и протоколов взаимодействия нано Вещей с миром реального масштаба. В общем случае, развитие данной концепции можно разделить на несколько абстрактных уровней взаимодействия, определив интерфейсы взаимодействия между ними.

Данная статья посвящена именно исследованию возможности передачи трафика, генерируемого машинами (сетями) нано мира через натальный шлюз, в сетях реального масштаба, как при мало загруженных сетях, так и при возможно большой нагрузке конкурирующего трафика в сети.

Модель взаимодействия наносетей с внешними сервисами через сетевую инфраструктуру, построенную на основе концепции программно-конфигурируемой сети

Интеграция информационно-коммуникационных технологий и медицины получила название e-health. Одним из приложений данной интеграции можно выделить телемедицину, то есть физическую и психологическую диагностику, а также лечение на расстоянии, включающую в себя мониторинг показателей на расстоянии и предоставлении их медицинскому персоналу.

Приложения телемедицины, впрочем, как и большинство медицинских приложений, реализованы в основном беспроводными сенсорными сетями, разворачиваемыми в непосредственной близости от пациента, на поверхности его тела, а также имплантируемые прямо в его организм.

Можно выделить следующие узлы данной сети:

- сенсорные узлы (измерение требуемых показателей)

¹ Implementing e-Health in Developing Countries: Guidance and Principles. URL: https://www.itu.int/ITU-D/cyb/app/docs/e-Health_prefinal_15092008.PDF

- узлы-актуаторы (осуществляют воздействие на организм самостоятельно или выполняя команду, посланную от удаленного сервера)

- нательный шлюз — собирает информацию с наносенсоров, при необходимости совершает предварительную обработку и передачу данных на удаленный сервер обработки информации для предоставления доступа пользователю.

В тоже время в области сетевых технологий приходит новый подход к построению, управлению сетями — программно-конфигурируемый подход. В связи с тем, что в качестве транспорта сетей IMT-2020 планируется использовать программно-конфигурируемые сети (SDN) появляется возможность динамической организации QoS для приложений Интернета вещей (по запросу). Так в документе TU-T TD 208 описывается взаимодействие IMT-2020 + SDN. Так и в документе ONF (*Open Networking Foundation*) TR-526 предлагается архитектура SDN + IMT-2020. Использование SDN, как сетевой инфраструктуры дает возможность гибкой настройки сети для различных сервисов, в том числе и для Интернета вещей. Организация управлением трафика приложений Интернета Вещей в условиях гетерогенности сетей, может дать жизнь таким направлениям, как:

- тактильный интернет,
- дополненная реальность,
- медицинских сетей и т. д.

В соответствии с тенденцией развития технологий в данном направлении, нами было решено рассматривать в качестве сетевой инфраструктуры — программно-конфигурируемую сеть, представляющую ядро сети медицинского учреждения, в рамках исследуемой модели взаимодействия.

Модель взаимодействия шлюзов медицинских наносетей с внешними сервисами обработки данных. Описание эксперимента

В рамках исследования трафика, генерируемого медицинской сетью (наносетью) через нательный шлюз во внешнюю сеть, за основу была взята модель, предполагающая нахождение пользователя в стенах медицинского учреждения, сеть передачи данных которого построена на основе концепции программно-конфигурируемых сетей (SDN) [11, 12].

Цель исследования — рассмотреть возможность передачи такого типа трафика по реальной сети локального масштаба, на основе анализа полученных данных предложить рекомендации по ее усовершенствованию.

Согласно ранним исследованиям, результат которых отображен в данной статье [10], приняли следующие начальные условия, которые были заложены в параметры используемого генератора трафика:

- длина пакета 32 байта с одного датчика, с учетом заголовка протокола IPv4;
- генерация данных каждую секунду;
- транспортный протокол — UDP.

Для исследования рассматриваем следующую модель:

- в локальной сети одновременно находятся 10 клиентов;
- каждый клиент имеет 128 датчиков (наномашин);

- время нахождения всех клиентов в сети — 20 минут (время теста).

Для наглядного отображения исследуемой модели приведем структурную схему взаимодействия, которая отображена на рис. 1.

В качестве сетевой инфраструктуры использовалось SDN ядро лаборатории программируемых сетей СПбГУТ. В состав которого входят: контроллер ПК сети Opendaylight Beryllium SR4 (CPU: Intel Xeon E3, RAM: 16G, OS: Linux Ubuntu 14.04 LTS), коммутаторы SDN (Mikrotik RB 201 1UI AS-RM, с поддержкой протокола openflow 1.0), агрегирующие коммутаторы (Cisco Catalyst 3750G, Dlink DES 3526).

На рис. 1, отображающем исследуемую модель взаимодействия, показано, что в рассматриваемом случае клиенты подключены в сеть SDN через один коммутатор агрегации, при этом в рамках проводимых тестов в качестве трафик-генераторов использовался iperf3 с тонкой настройкой, чтобы обеспечить необходимый характер трафика от наносетей. Так как в качестве протокола транспортного уровня рассматривается протокол UDP (не гарантирующий доставку), в данной модели мы предусмотрели дублирование, то есть данные с одного датчика (наномашины) дублировались на шлюзе перед отправкой в сеть вторым пакетом с такими же данными. При этом в рамках рассматриваемой модели, мы предположили наличие одновременно 10-ти пользователей в здании медицинского учреждения. Время одновременного нахождения было выставлено в 20 минут.

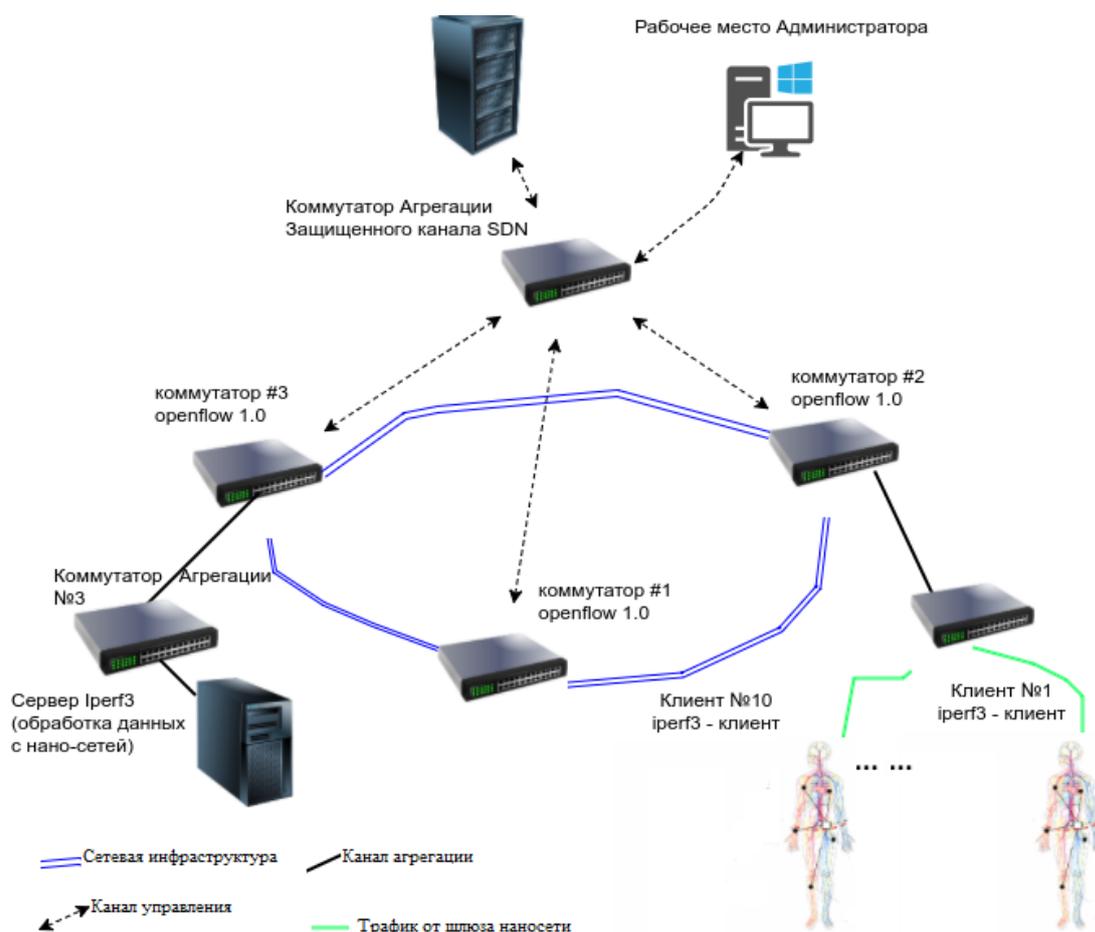


Рис. 1. Структурная схема взаимодействия

Экспериментальная часть работы состоит из трех этапов, которые были направлены на получение сравнительного анализа характеристик передачи трафика через сеть с различной загрузкой каналов.

Были проведены следующие тесты:

1. Тестирование при длине пакета $L = 32$ байта, с малой загрузкой каналов;

2. Тестирование при длине пакета $L = 32$ байта на высоконагруженном канале сторонним трафиком (встречным к рассматриваемому);

3. В рамках исследуемой модели взаимодействия, по результатам второго теста, было предложено увеличить длину пакета до 64 байт, при сохранении той же интенсивности потока. Данное тестирование проводилось также на высоконагруженном канале сторонним трафиком такого же типа, как и во втором случае (трафик встречный к рассматриваемому).

Конкурирующий трафик, был также создан с помощью трафик-генератора iperf3, при этом использовался протокол транспортного уровня — TCP, и занимал канал на 78–80 Мбит/с при максимально возможной по данным каналам 100 Мбит/с.

Для проведения сравнительного анализа полученных результатов приведем однотипные данные на одной диаграмме. Диаграмма, отображающая процент потерь от общего количества переданных пакетов каждым индивидом при всех трех параметрах тестов, отображены на рис. 2.

The average of Lost traffic from every of persons within 20 minutes
(channel with & without others hight load)

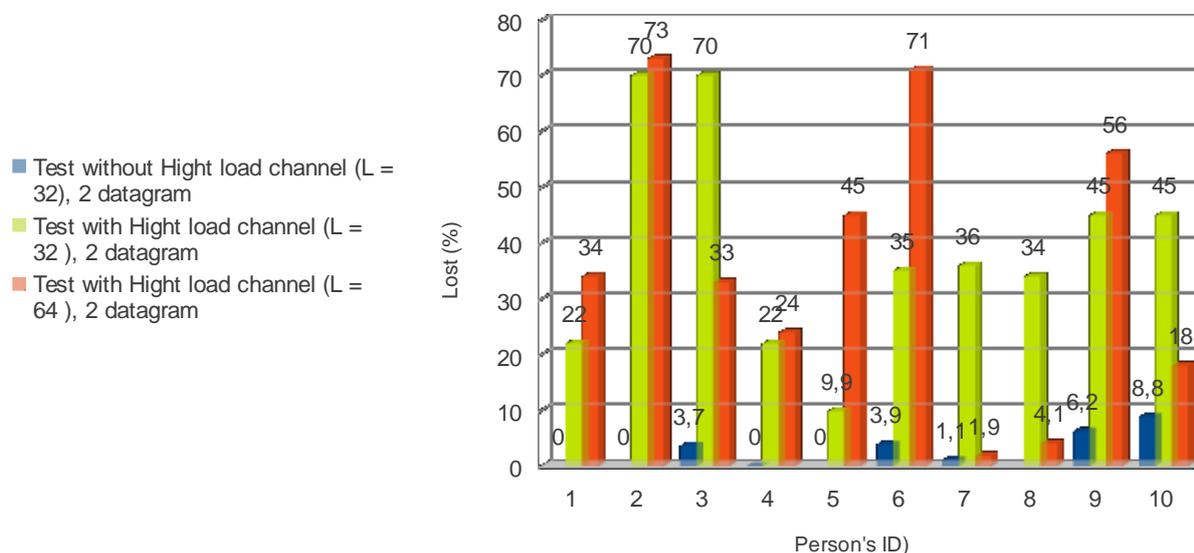


Рис. 2. Значение процента (%) потерь на каждого отдельного рассматриваемого клиента, при различных значениях нагрузки канала

Согласно данным, приведенным на рис. 2, можно сделать вывод, что при высоко нагруженном канале большая часть пакетов теряется, при одинаковом приоритете с конкурирующим трафиком, который, по сути, занимал большую часть канала. Хотя, суммарный трафик от 10 клиентов не превышал 640 кбит/с.

Также заметно, что при увеличении длины пакета в два раза показатели потерь не улучшились, это означает что данный подход не дает существенных результатов по уменьшению потерь в высоко нагруженном сторонним трафиком канале ПД.

Значение джиттера для всех рассматриваемых случаев приведены на рис. 3.

Согласно данным, отображенным на рис. 3, значение джиттера незначительны при малой загрузке канала. Однако, при увеличении значения нагрузки второстепенным трафиком в этом же канале, происходит резкое возрастание данного показателя, следует также отметить, что увеличение длины пакета в среднем не повлияет на джиттер.

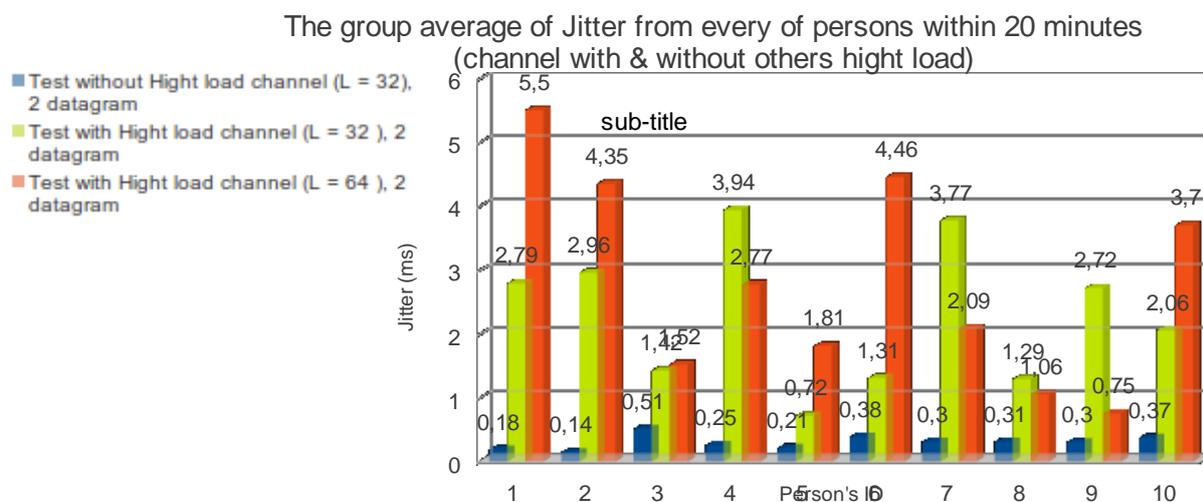


Рис. 3. Значение джиттера при различных значениях нагрузки канала

Выводы по проведенным исследованиям

На основе результатов проведенного исследования, можно сделать следующие выводы:

1. Необходимо классифицировать трафик IoT по приложениям и с последующим закреплением в SLA.

2. Организация сетей связи на основе SDN дает широкий спектр возможностей по построению и организации модели взаимодействия шлюза медицинских наносетей, и элементами сетей реального масштаба. Реализация классификации трафика дает возможность построения целой системы инжиниринга трафика IoT, а сети SDN, как раз имеют соответствующую гибкость в решении данной проблемы. Также сети SDN, позволяют внедрять новые протоколы очень быстро, что несомненно важно в условиях быстроразвивающихся технологий.

3. Вопрос инжиниринга трафика IoT может решаться на уровне приложений контроллера программно-конфигурируемой сети. Данный подход позволяет учитывать рост количества устройств IoT, так и увеличение количества узлов в сети, тем самым решая вопросы масштабируемости сервисов Интернета Вещей.

Литература

1. Кучерявый А. Е. Интернет Вещей // Электросвязь. 2013. № 1. С. 21–24.
2. Гольдштейн Б. С., Кучерявый А. Е. Сети связи пост-NGN. СПб.: БХВ-Петербург. 2013. 160 с.
3. Кучерявый А. Е., Прокопьев А. В., Кучерявый Е. А. Самоорганизующиеся сети. СПб.: Любавич. 2011. 311 с.
4. Кучерявый А. Е. Самоорганизующиеся сети и новые услуги // Электросвязь. 2009. № 1. С. 19–23.
5. Pirmagomedov R., Hudoev I., Shangina D. Simulation of Medical Sensor Nanonetwork Applications Traffic // Communications in Computer and Information Science. 2016. Vol. 678. pp. 430–441.
6. Akyildiz I. F., Pierobon M., Balasubramaniam S., Koucheryavy Y. Internet of Bio-Nano Things // IEEE Communications Magazine. 2015. Vol. 53. Iss. 3. pp. 32–40.
7. Donoghue M., Balasubramaniam S., Jennings B., Jornet J.M. Powering In-body Nanosensors with Ultrasounds // IEEE Transactions on Nanotechnology. 2016. Vol. 15. Iss. 2. pp. 151–154.
8. Kirichek R., Pirmagomedov R., Glushakov R., Koucheryavy A. Live substance in Cyberspace – Biodriver System // 18th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT). 2016. pp. 274–278.
9. Pirmagomedov R., Hudoev I., Kirichek R., Koucheryavy A., Glushakov R. Analysis of Delays in Medical Applications of Nanonetworks // 8th International Congress on Ultra-Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT). 2016. pp. 49–55.
10. Muhizi S., Shamshin G., Muthanna A., Kirichek R., Vladyko A., Koucheryavy A. Analysis and Performance Evaluation of SDN Queue Model // Lecture Notes in Computer Science. 2017. Vol. 10372. pp. 26–37.
11. Volkov A., Khakimov A., Muthanna A., Kirichek R., Vladyko A., Koucheryavy A. Interaction of the IoT traffic generated by a Smart city segment with SDN Core Network // Lecture Notes in Computer Science. 2017. Vol. 10372. pp. 115–126.
12. Vladyko A., Muthanna A., Kirichek R. Comprehensive SDN Testing Based on Model Network // Lecture Notes in Computer Science. 2016. Vol. 9870. pp. 539–549.

References

1. Koucheryavy A. Internet of Things // *Electrosvyaz'*. 2013. No. 1. pp. 21–24.
2. Goldstein B., Koucheryavy A. Post-NGN Communication Networks. SPb.: BHV-Peterburg. 2013. 160 p.
3. Koucheryavy A., Prokopiev A., Koucheryavy Y. Self-Organizing Networks. SPb.: Lyubavich. 2011. 311 p.
4. Koucheryavy A. Self-Organizing Networks and New Services // *Electrosvyaz'*. 2009. No. 1. pp. 19–23.
5. Pirmagomedov R., Hudoev I., Shangina D. Simulation of Medical Sensor Nanonetwork Applications Traffic // Communications in Computer and Information Science. 2016. Vol. 678. pp. 430–441.
6. Akyildiz I. F., Pierobon M., Balasubramaniam S., Koucheryavy Y. Internet of Bio-Nano Things // IEEE Communications Magazine. 2015. Vol. 53. Iss. 3. pp. 32–40.
7. Donoghue M., Balasubramaniam S., Jennings B., Jornet J. M. Powering In-body Nanosensors with Ultrasounds // IEEE Transactions on Nanotechnology. 2016. Vol. 15. Iss. 2. pp. 151–154.
8. Kirichek R., Pirmagomedov R., Glushakov R., Koucheryavy A. Live substance in Cyberspace – Biodriver System // 18th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT). 2016. pp. 274–278.
9. Pirmagomedov R., Hudoev I., Kirichek R., Koucheryavy A., Glushakov R. Analysis of Delays in Medical Applications of Nanonetworks // 8th International Congress on Ultra-Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT). 2016. pp. 49–55.
10. Muhizi S., Shamshin G., Muthanna A., Kirichek R., Vladyko A., Koucheryavy A. Analysis and Performance Evaluation of SDN Queue Model // Lecture Notes in Computer Science. 2017. Vol. 10372. pp. 26–37.
11. Volkov A., Khakimov A., Muthanna A., Kirichek R., Vladyko A., Koucheryavy A. Interaction of the IoT traffic generated by a Smart city segment with SDN Core Network // Lecture Notes in Computer Science. 2017. Vol. 10372. pp. 115–126.

12. Vladyko A., Muthanna A., Kirichek R. Comprehensive SDN Testing Based on Model Network // Lecture Notes in Computer Science. 2016. Vol. 9870. pp. 539–549.

Волков Артем Николаевич

– магистрант, СПбГУТ, Санкт-Петербург,
193232, Российская Федерация,
v.artem.nikolaevich@yandex.ru

Мутханна Аммар Салех Али

– кандидат технических наук, ассистент, СПбГУТ,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация,
ammarexpress@gmail.com

***Пирмагомедов
Рустам Ярахмедович***

– кандидат технических наук, доцент, СПбГУТ,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация,
lts.pto@yandex.ru

Volkov Artem

– Undergraduate, SPbSUT, St. Petersburg,
193232, Russian Federation,
v.artem.nikolaevich@yandex.ru

Muthanna Ammar

– Candidate of Engineering Sciences, Assistant,
SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation,
ammarexpress@gmail.com

Pirmagomedov Rustam

– Candidate of Engineering Sciences, Associate
Professor, SPbSUT, St. Petersburg, 193232,
Russian Federation, lts.pto@yandex.ru