

# ОПТИМИЗАЦИЯ НАГРУЗКИ НА СЕТИ СВЯЗИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ, ВЫЗВАННОЙ ТРАФИКОМ МЕДИЦИНСКИХ НАНОСЕТЕВЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

М. А. Блинников<sup>1\*</sup>, Р. Я. Пирмагомедов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

\* Адрес для переписки: michael2102@mail.ru

## **Аннотация**

**Предмет исследования.** Статья посвящена исследованию трафика приложений медицинских наносетей, а также нагрузки, вызванной им. **Метод.** Проведены анализ и оценка существующих технологий и разработанных ранее режимов работы оборудования приложения. **Основные результаты.** Разработан собственный рабочий режим, позволяющий оптимизировать нагрузку на сеть связи общего пользования. **Практическая значимость.** Приведены рекомендации по выбору рабочего режима нательного шлюза, при котором снижается вероятность событий, нарушающих работоспособность сети.

## **Ключевые слова**

медицинские сети, нательные сети, сенсоры, трафик, e-health.

## **Информация о статье**

УДК 004.77

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 14.06.16, принята к печати 26.08.16.

**Ссылка для цитирования:** Блинников М. А., Пирмагомедов Р. Я. Оптимизация нагрузки на сети связи общего пользования, вызванной трафиком медицинских наносетевых приложений // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Том 4. № 3. С. 22–30.

# OPTIMIZATION OF THE LOAD ON THE PUBLIC TELECOMMUNICATIONS NETWORK, THE TRAFFIC CAUSED MEDICAL NANONETWORK APPLICATION

M. Blinnikov<sup>1\*</sup>, R. Pirmagomedov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation

\* Corresponding author: michael2102@mail.ru

**Abstract—Research subject.** The article deals with the use of medical movement nanonetwork and load caused by them. **Method.** The analysis and evaluation of existing technologies and developed working modes of the earlier application equipment. **Core results.** Operating mode developed, allowing to optimize the load on the public communication network. **Practical relevance.** The recommendations for the selection of the operating mode of body control unit at which decreases the probability of events that violate functioning of the network.

**Keywords**—Medical networks, body area networks, sensors, traffic, e-health.

### Article info

Article in Russian.

Received 14.06.16, accepted 26.08.16.

**For citation:** Blinnikov M., Pirmagomedov R.: Optimization of the Load on the Public Telecommunications Network, the Traffic Caused Medical Nanonetwork Application // Telecom IT. 2016. Vol. 4. Iss. 3. pp. 22–30 (in Russian).

## Введение

Последние достижения в сфере телекоммуникаций, в частности развитие концепции Интернета Вещей, подразумевают использование приложений в различных сферах жизни человека. Медицина – одна из таких многообещающих сфер. Многочисленные решения в области самоорганизующихся сетей и беспроводных нательных сетей (БНС) позволяют объединить отдельные приложения в единое целое и предоставить возможность комплексной оценки значительного числа динамических биологических параметров организма при минимальном участии медицинского персонала [1, 2, 3].

Понятие, определяющее область взаимодействия здоровья, медицинской информатики, телекоммуникаций и бизнеса, когда услуги для здоровья и информация о нём обеспечиваются посредством сети Интернет и ей подобных, получило название e-health (электронное здоровье).

Основными стандартами для сетей e-health являются: IEEE 802.15.6 – для нательных сетей, IEEE 802.15.4 – для контроля характеристик окружающей среды. На сегодняшний день медицинские приложения реализуются только посредством уже известных технологий, таких как LTE, Wi-Fi, Bluetooth, BLE, ZigBee и 6LoWPAN [4, 5]. Наиболее интересным способом реализации медицинских сетей является применение устройств микроскопических размеров (наномашин) [6]. Это стало возможно благодаря развитию нанотехнологий, что само по себе расширяет границы применения медицинских сетей. Взаимодействие между наномашинами может осуществляться двумя способами: электромагнитным (для передачи информации используются электромагнитные волны) и молекулярным (передача информации осуществляется за счет передачи вещества) [7].

Применение электромагнитного способа основано на использовании частот ТГц диапазона, которое во многом стало возможным благодаря уникальным свойствам графена. Графен (англ. *graphene*) — двумерная аллотропная модификация углерода, образованная слоем атомов углерода толщиной в один атом. Его основными свойствами являются: высокая механическая жесткость, высокая теплопроводность, высокая электропроводность, а также графен является самым тонким и легким материалом в мире. Из этого материала изготавливаются

антенны длиной 1 мкм, позволяющие излучать электромагнитные волны в ТГц диапазоне, а их миниатюрность позволяет использовать их в наносетях [7, 8].

Молекулярный способ характеризуется применением биологических компонентов для передачи информации. Например, рассмотрена возможность использования кальциевого обмена между клетками [9]. Также рассматривается применение бактерий и клеток в качестве биологических наномашин, которые играют роль курьера, перенося сообщение между двумя точками [7, 10, 11].

Разработкой приложений медицинских сетей и их стандартизацией занимаются множество организаций, среди которых: European Committee for Standardization (CEN)/TC251, Continue Health Alliance, European patients Smart Open Services (epSOS), GS1 Healthcær, ISO/IEEE 11073, Health Level 7 (HL7), ITU-T – Focus Group M2M. Но, несмотря на то, что на сегодняшний день развитие телекоммуникационной сферы достигло высоких темпов, до сих пор остается много нерешенных вопросов, касающихся эффективной работы медицинских приложений. Одним из таких вопросов является оптимизация нагрузки на сети связи общего пользования, вызванной трафиком приложений медицинских сетей. Эта проблема и рассматривается в данной статье.

### **Проблема перегрузки сетей связи общего пользования трафиком медицинских наносетевых приложений**

Медицинские наносетевые приложения основаны на использовании сенсорные сетей, сенсорные узлы которых располагаются на и в теле человека, а также в непосредственной близости от него, предназначенные для удаленного контроля состояния здоровья человека и при этом имеют микроскопические размеры взаимодействуя с процессами в организме и окружающей среде наnanoуровне. Приложения медицинских сетей можно разделить на два основных класса в зависимости от функций, которые они выполняют:

- 1) Сенсорные, предназначены для дистанционного мониторинга, передают пользователю значения показателей, измеряемых сенсорными узлами.
- 2) Сенсорно-актуаторные, кроме мониторинга способны осуществлять какое-либо воздействие на организм, посредством специальных устройств – актуаторов [12].

Основными элементами, из которых состоят медицинские приложения, являются сенсорные узлы, актуаторные узлы, нательный шлюз и удаленный сервер (рис. 1).

Сенсорные узлы – устройства, которые реагируют на определенные физические (химические) процессы, регистрируют, измеряют и передают значения их параметров.

Актуаторные узлы – устройства, осуществляющие воздействия на организм в соответствии с данными, получаемыми через взаимодействие с удаленным сервером (пользователем).

Нательный шлюз (НШ) или блок контроля тела (BCU – *body control unit*) – устройство, которое собирает всю информацию, полученную от датчиков, выполняет её предварительную обработку, если это необходимо, и передает на удаленный сервер.

Удаленный сервер – сервер, с помощью которого выполняется дальнейшая обработка полученных от НШ данных и предоставляется доступ пользователя к системе.

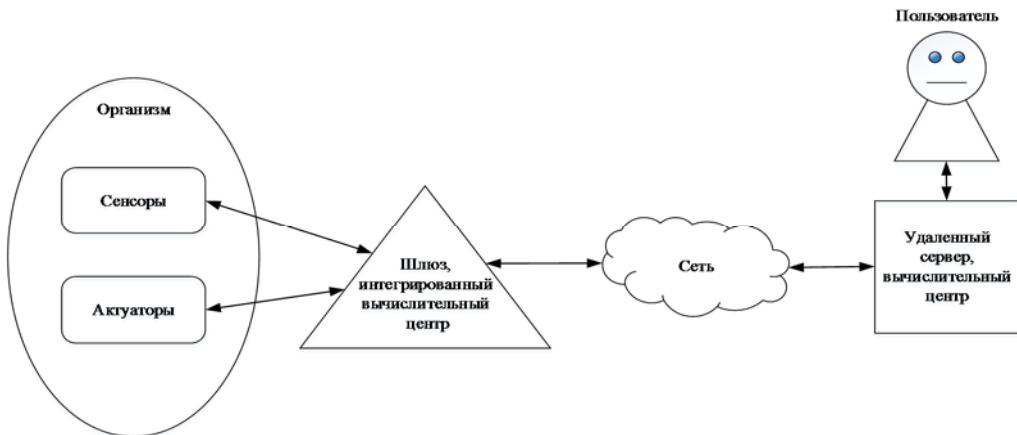


Рис. 1. Структурная схема приложения медицинской сети

Для мониторинга состояния здоровья человека могут использоваться сенсоры, измеряющие такие биологические параметры как: колебание глазного яблока относительно направления зрительной оси (тремор глаза), электрическая активность мышц (электромиография), электрофизиологическая активность миокарда (электрокардиография), электрофизиологическая активность головного мозга (электроэнцефалография, электрокортография), нагрузки на связки плеча, нагрузки на мышцы спины, нагрузки на связки локтевого сустава, нагрузки на связки в запястье, нагрузки на связки в коленном суставе, нагрузки на связки в лодыжке, артериальное давление, пульс, насыщение кислородом гемоглобина артериальной крови (оксиметрия), температура тела, частота дыхания и т. д. При таком мониторинге необходимо учитывать индивидуальные особенности организма. Для этого в случае первичного подключения организма к системе следует предусмотреть режим калибровки. При калибровке необходимо определить и зафиксировать контрольные значения параметров, характеризующих функциональное состояние организма в естественных условиях обитания, а также находящихся под воздействием различных факторов, в том числе экстремальных для данного биологического вида [1, 11].

В [11] рассмотрена общая модель реализации медицинских сетей на примере использования наносетей, которая была разработана при совместной работе работников телекоммуникационной и медицинских сфер.

Трафик медицинских приложений по большей части подразумевает под собой трафик machine-to-machine (M2M), определяемый как детерминированный поток [13], состоящий из запросов сервера и ответов самого приложения. Такой трафик отличается большей «устойчивостью» к потерям, в отличие от случайных потоков, которые в большей степени подвержены к потерям [13]. Одной из главных особенностей медицинских сенсорных наносетей, является огромное количество сенсоров, передающие каждый свое сообщение, что может привести к перегрузке сети.

В статье [12] рассмотрены режимы работы приложения с предварительной обработкой данных, полученных от датчиков, и без неё. Рабочий режим без

предварительной обработки подразумевает, что все отчеты, поступающие от сенсоров, передаются прямо на удаленный сервер в отдельных пакетах. Натальный шлюз только обеспечивает связь между сенсорной сетью и сетью, в которой находится удаленный сервер. При рассмотрении данного режима наблюдается высокий трафик в канале связи между натальным шлюзом и удаленным сервером. Так, при достаточном количестве контролируемых пациентов, такой трафик станет обладать свойствами DDoS-атаки и может нарушить работоспособность элементов сети связи общего пользования.

Режим работы с предварительной обработкой повышает эффективность использования канала связи во время обмена данными между натальным шлюзом и удаленным сервером путём распределения информации, полученной с датчиков, в пакеты большего размера, тем самым уменьшая частоту передачи сообщений и их количество. Однако, такой режим вносит задержку с момента прихода запроса от сервера до отправления данных с натального шлюза, необходимую на хранение и обработку. Также нельзя забывать о времени, затрачиваемом на передачу информации, которое зависит от того, на каком расстоянии друг от друга находятся НШ и удаленный сервер, а также используемых технологий [14]. Учитывая оба этих условия, можно сказать, что сеть, работающая в режиме с предварительной обработкой, неспособна предоставлять услуги в реальном времени. А так как при использовании медицинских приложений бывают ситуации, когда даже небольшая задержка недопустима, поскольку от актуальных и достоверных показаний датчиков может зависеть здоровье и жизнь человека, использовать НШ исключительно в данном режиме категорически нельзя.

Итак, мы имеем перед собой противоречие: с одной стороны – угрозу перегрузки сети, с другой – невозможность сети работать в режимах real-time или hard real-time, что является обязательным для многих медицинских приложений. Далее в статье предлагается один из вариантов решения этой проблемы.

### **Алгоритм двухрежимной работы натального шлюза**

Для предоставления полной информации о том или ином показателе здоровья при организации БНС определяются периоды времени, с которыми будут отправляться запросы на каждый из типов датчиков. При получении такого запроса датчик снимает значение параметра и отправляет информацию о нем на НШ, а НШ в свою очередь – пользователю. Трафик, исходящий от сенсорных узлов представляет собой мелкие пакеты размером 12 байт: 4 байта – адрес датчика в сети, 4 байта – тип датчика, 4 байта – отчёты датчиков [12]. Отсюда видно, что служебная информация занимает большую часть передаваемой информации; также учитывая тот факт, что количество датчиков в одной БНС может достигать нескольких десятков, можно сделать вывод, что ресурсы сети используются неэффективно.

Объединив два режима работы, с предварительной обработкой и без неё, возможно реализовать алгоритм, при котором будет происходить своевременное переключение между режимами работы в зависимости от ситуации. В случае, когда здоровью человека ничего не угрожает, НШ работает в режиме с предварительной обработкой, тем самым уменьшая нагрузку на сеть. В момент

возникновения критической ситуации устройство начинает передавать данные без предварительной обработки в режиме реального времени. Нельзя совсем исключить передачу данных в первом случае для того, чтобы пользователь (врач) мог наблюдать за значениями параметров и, если к тому будут предпосылки, мог предсказать возникновение критической ситуации. Также на удаленном сервере должна сохраняться история зарегистрированных показаний, присылаемых датчиками, в случае если пользователю (врачу) потребуется проанализировать более ранние значения.

Как было сказано выше, при первичном подключении к системе необходимо учитывать индивидуальные особенности организма. Определив и зафиксировав контрольные значения параметров, характеризующих состояние организма или окружающей его среды, требуется выявить границы диапазона этих значений, при которых организм находится или приближается к критической ситуации, несущей в себе угрозу здоровью или жизни человека. Данная информация вносится в нательный шлюз при первичной калибровке. Для удобства использования системы необходимо организовать режим калибровки через удаленный сервер, программно.

При поступлении сенсорных отчетов НШ сравнивает значения биологических параметров с критическими значениями и, если они выходят за границу установленной нормы, принимает решение транслировать их в режиме без предварительной обработки, устранивая задержку.

Алгоритм работы такой системы показан на рис. 2.

Также одним из решений уменьшения числа сообщений является разделение датчиков на подгруппы и разработка ручного способа переключения в режим без обработки для вызова показаний датчиков нужных в той или иной ситуации. Датчики могут разделяться по группам на усмотрение пользователя, например, по показаниям, необходимым для мониторинга какого-либо рода заболевания, или в зависимости от расположения на (или в) частях тела человека. Таким образом, отдельными пакетами будут передаваться только отчеты вызываемых групп датчиков, остальные отчеты, не требующиеся в конкретной ситуации, будут обрабатываться, накапливаться и только после этого передаваться. Это позволит сократить количество передаваемых на удаленный сервер сообщений, не влияя на актуальность содержащейся в них информации.

## **Заключение**

Разработка новых и усовершенствование уже существующих приложений медицинских сетей способно поднять общий уровень медицинского обслуживания, сделав повседневную жизнь человека в разы безопасней и комфортней. К сожалению такие приложения имеют ряд особенностей, затрудняющих их эффективную реализацию. Одной из таких сложностей является оптимальное использование ресурсов сети, учитывая большое количество передающих устройств. В данной статье как раз раскрывается проблематика снижения нагрузки на сеть, создаваемой трафиком, состоящего из многочисленных сенсорных отчетов. Также рассмотрены два режима работы нательного шлюза: с предварительной обработкой полученной от сенсоров информации и без неё. Предложен новый подход, совмещающий в себе достоинства обоих режимов,

снижающий нагрузку на сеть и при этом не влияющий на достоверность, полноту и актуальность передаваемой информации.

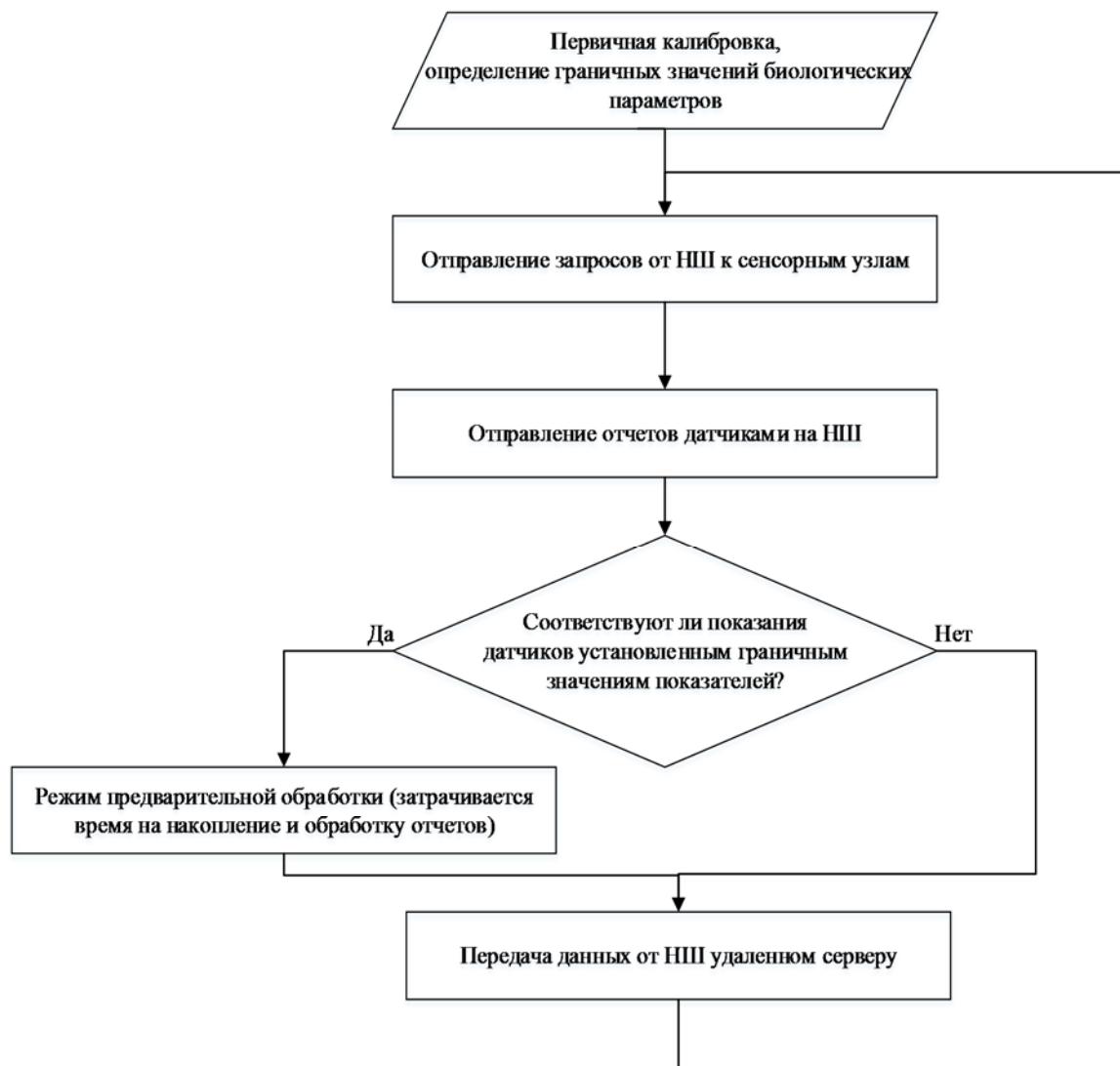


Рис. 2. Алгоритм двухрежимной работы НШ

*Данная работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, проект № 16-37-00215 "Биодрайвер".*

### Литература

- Гольдштейн Б. С., Кучерявый А. Е. Сети связи пост-NGN. СПб.: БХВ-Петербург, 2014. 160 с. ISBN 978-5-9775-0900-8.
- Кучерявый А. Е., Прокопьев А. В., Кучерявый Е. А. Самоорганизующиеся сети. СПб.: Любович, 2011. 310 с. ISBN 978-5-86983-318-1.
- Боронин П. Н., Кучерявый А. Е. Интернет Вещей как новая концепция развития сетей связи // Информационные технологии и телекоммуникации. 2014. № 3. С. 7–30. URL: <https://www.sut.ru/doc/nauka/review/3-14.pdf>

4. Омётов А. Я., Кучерявыи Е. А., Андреев С. Д. О роли беспроводных технологий связи в развитии «Интернета Вещей» // Информационные технологии и телекоммуникации. 2014. № 3. С. 31–40. URL: <https://www.sut.ru/doci/nauka/review/3-14.pdf>
5. Костык И. Н., Кучерявыи Е. А., Прокопьев А. В. Сравнение эффективность позиционирования для сетей Bluetooth, WiFi и ZigBee // Информационные технологии и телекоммуникации. 2015. № 2. С. 53–61. URL: <https://www.sut.ru/doci/nauka/review/2-15.pdf>
6. Кучерявыи Е. А., Баласубраманиям С. Интернет нановещей и наносети // Электросвязь. 2014. № 4. С. 24–26.
7. Пирмагомедов Р. Я., Киричек Р. В., Кучерявыи А. Е. Бактериальные наносети // Информационные технологии и телекоммуникации. 2015. № 2. С. 5–10. URL: <https://www.sut.ru/doci/nauka/review/2-15.pdf>
8. Josep Miquel Jornet, Ian F. Akyildiz. Graphene-based Plasmonic Nano-Antenna for Terahertz Band Communication in Nanonetworks // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. 2013. Vol. 31. Iss. 12. pp. 685–694. DOI: 10.1109/JSAC.2013.SUP2.1213001.
9. Kuran, M., Tugcu, T., Edlis, B. Calcium Signaling Overview and Research Directions of a Molecular Communication Paradigm // IEEE Wireless Communications. 2012. Vol. 19. Iss. 5. pp. 20–27. DOI: 10.1109/MWC.2012.6339468.
10. Petrov V., Balasubramaniam S., Koucheryavy Y., Skurnik M. Forward and Reverse Coding for Bacteria Nanonetworks // First International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom). 2013. pp. 74–78.
11. Пирмагомедов Р. Я., Кучерявыи Е. А., Глушаков Р. И., Киричек Р. В., Кучерявыи А. Е. Живые организмы в киберпространстве – проект «Биодрайвер» // Электросвязь. 2016. № 1. С. 47–52.
12. Pirmagomedov R., Hudoev I., Shangina D. Simulation of Medical Sensor Nanonetwork Applications Traffic // Communications in Computer and Information Science. 2016. Vol. 678. pp. 431–443. DOI: 10.1007/978-3-319-51917-3\_38.
13. Парамонов А. И., Борисова М. В., Пирмагомедов Р. Я. Анализ свойств трафика машина-машина и его влияния на качество обслуживания // Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь (DCCN). 2016. С. 36–43.
14. Pirmagomedov R., Hudoev I., Kirichek R., Koucheryavy A., Glushakov R. Analysis of Delays in Medical Application of Nanonetworks // 8<sup>th</sup> International Congress on Ultra Modern Telecommunication and Control System and Workshops (ICUMT). 2016. pp. 80–86.

## References

1. Goldstein, B. S., Koucheryavy, A. E. Post-NGN Communication Networks. SPb.: BHV-Peterburg, 2014. 160 p. ISBN 978-5-9775-0900-8.
2. Koucheryavy, A. E., Prokopiev, A. V., Koucheryavy, Y. A. Self-Organizing Networks. SPb.: Lyubavich, 2011. 310 p. ISBN 978-5-86983-318-1.
3. Boronin, P. N., Koucheryavy, A. E. Internet of Things as a New Concept of the Communication Networks Development // Telecom IT. 2014. No. 3. pp. 7–30. URL: <https://www.sut.ru/doci/nauka/review/3-14.pdf>
4. Ometov, A. Ya., Koucheryavy, Y. A., Andreev, S. D. About the Wireless Technology Role for the Development of «Internet of Things» // Telecom IT. 2014. No. 3. pp. 31–40. URL: <https://www.sut.ru/doci/nauka/review/3-14.pdf>
5. Kostyk, I. N., Koucheryavy, A. E., Prokopiev, A. V. Comparison of the Effectiveness of Positioning for Bluetooth, WiFi and ZigBee Networks // Telecom IT. 2015. No. 2. pp. 53–61. URL: <https://www.sut.ru/doci/nauka/review/2-15.pdf>
6. Koucheryavy, A. E., Balasubramaniam, S. Internet of Nanothings and Nanonetworks // Elektrosvyaz'. 2014. No. 4. pp. 24–26.
7. Pirmagomedov, R. Ya., Kirichek, R. V., Koucheryavy, A. E. Bacterial Nanonetworks // Telecom IT. 2015. No. 2. pp. 5–10. URL: <https://www.sut.ru/doci/nauka/review/2-15.pdf>
8. Josep Miquel Jornet, Ian F. Akyildiz. Graphene-based Plasmonic Nano-Antenna for Terahertz Band Communication in Nanonetworks // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. 2013. Vol. 31. Iss. 12. pp. 685–694. DOI: 10.1109/JSAC.2013.SUP2.1213001.

9. Kuran, M., Tugcu, T., Edlis, B. Calcium Signaling Overview and Research Directions of a Molecular Communication Paradigm // IEEE Wireless Communications. 2012. Vol. 19. Iss. 5. pp. 20–27. DOI: 10.1109/MWC.2012.6339468.
10. Petrov, V., Balasubramaniam, S., Koucheryavy, Y., Skurnik, M. Forward and Reverse Coding for Bacteria Nanonetworks // First International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom). 2013. pp. 74–78.
11. Pirmagomedov, R. Ya., Koucheryavy, Y. A., Glushakov, R. I., Kirichek, R. V., Koucheryavy, A. E. Live Substance in Cyberspace – Biodriver System» // Electrosvyaz'. 2016. No. 1. pp. 47–52.
12. Pirmagomedov, R., Hudoev, I., Shangina, D. Simulation of Medical Sensor Nanonetwork Applications Traffic // Communications in Computer and Information Science. 2016. Vol. 678. pp. 431–443. DOI: 10.1007/978-3-319-51917-3\_38.
13. Paramonov, A. I., Borisova, M. V., Pirmagomedov, R. Ya. Machine-to-Machine Traffic Analysis and its Impact on Quality of Service // International Conference on Distributed Computer and Communication Networks: Control, Computation, Communications (DCCN). 2016. pp. 36–43.
14. Pirmagomedov, R., Hudoev, I., Kirichek, R., Koucheryavy, A., Glushakov, R. Analysis of Delays in Medical Application of Nanonetworks // 8<sup>th</sup> International Congress on Ultra Modern Telecommunication and Control System and Workshops (ICUMT). 2016. pp. 80–86.

**Блинников Михаил Андреевич**

— магистрант, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, michael2102@mail.ru

**Пирмагомедов**

**Рустам Ярахмедович**

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

**Blinnikov Mikhail**

— undergraduate, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, michael2102@mail.ru

**Pirmagomedov Rustam**

— Ph.D., associate professor, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, lts.pto@yandex.ru