

# ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ СВЯЗИ МЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

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

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

\* Адрес для переписки: [semanov.ao@yandex.ru](mailto:semanov.ao@yandex.ru)

## Аннотация

В последнее время набирают популярность медицинские приложения Интернета Вещей, поскольку все больше пользователей уделяют повышенное внимание своему здоровью и используют новые решения и услуги, позволяющие систематизировать заботу о своем здоровье. **Предмет исследования.** Настоящая статья посвящена медицинским приложениям Интернета. В статье приведены технологии, а также их характеристики. **Метод.** Проводится анализ и сравнение существующих приложений и технологий связи между устройствами. Рассмотрена структура обмена данных между медицинскими устройствами. **Основные результаты.** В ходе обзора были оценены текущие тенденции развития и перспективы устройств и приложений в сфере мобильного здравоохранения. Проанализирована структура обмена данных между медицинскими устройствами, а также оценен их функционал. **Практическая значимость.** Результаты анализа, проведенного в статье, могут быть использованы при выборе той или иной технологии беспроводной передачи данных. Также произведенный анализ может способствовать выбору подходящего медицинского приложения для пользователя.

## Ключевые слова

Интернет Вещей, медицинские приложения, нательные сети.

## Информация о статье

УДК 004.77

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 29.01.18, принята к печати 28.02.18.

**Ссылка для цитирования:** Семанов А. О., Блинников М. А., Пирмагомедов Р. Я. Обзор технологий связи медицинских приложений Интернета Вещей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2018. Том 6. № 1. С. 63–71.

# REVIEW OF TECHNOLOGIES OF COMMUNICATION IN MEDICAL APPLICATIONS OF THE INTERNET OF THINGS

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

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

\* Corresponding author: [semanov.ao@yandex.ru](mailto:semanov.ao@yandex.ru)

**Abstract**—Recently, medical applications of the Internet Things are gaining popularity, as more and more users are trying to normalize and improve their daily lives and their health. **Research subject.** This article is devoted to medical Internet applications. The article shows the technologies, as well as their characteristics. **Method.** Analysis and comparison of existing applications and technologies of communication between devices is carried out. The structure of data exchange between medical devices is considered. **Practical relevance.** The results of the analysis carried out in the article can be used to select one or the other technology for wireless data transmission. Also, the analysis can help select the right medical application for the user.

**Keywords**—Internet Things, medical applications, medical networks.

## Article info

Article in Russian.

Received 29.02.18, accepted 28.02.18.

**For citation:** Semanov A., Blinnikov M., Pirmagomedov R.: Review of technologies of communication in medical applications of the Internet of Things // Telecom IT. 2018. Vol. 6. Iss. 1. pp. 63–71 (in Russian).

## Введение

В настоящее время вопросы, связанные с Интернетом Вещей (*Internet of Things* – IoT) и взаимодействием типа machine-to-machine (M2M) [1] привлекают большое внимание исследователей всего мира. Концепция Интернета Вещей основана на межсетевом информационном взаимодействии физических устройств, транспортных средств (также называемых «подключенными устройствами» и «интеллектуальными устройствами»), зданий и других предметов, встроенных в электронику, программное обеспечение, датчики, исполнительные механизмы и сеть, которые позволяют этим объектам собирать и обмениваться данными.

Развитие сетей и разработка протоколов взаимодействия между узлами породили новые виды сетей, такие как: самоорганизующиеся сети, летающие сенсорные сети и т. п. Данные технологии изначально задумывались для помощи в разрешения повседневных проблем человеческой жизнедеятельности. Например, распределенная сенсорная сеть с автономными узлами, позволяет производить мониторинг целых лесных районов, удаленных от цивилизации, однако важными для безопасности. Такие системы могут оповещать о недавно зародившемся пожаре в лесном массиве, который может уничтожить агрокультуру, навредить местной фауне и даже самому человеку, перекинувшись на жилые

районы малых городов. Своевременное оповещение о подобных событиях позволит избежать трагических последствий, случающихся как по причине человеческого фактора, так и в результате нестандартных явлений природы (потопы, ураганы, землетрясения и т. п.).

В настоящее время есть проекты, наглядно демонстрирующие способность преодолеть разрыв между богатыми и бедными слоями населения, предоставить мировые ресурсы тем, кто больше всего в них нуждается, и помочь человечеству лучше понять свою планету, чтобы научиться предупреждать, возникающие проблемные ситуации. Вместе с тем есть факторы, замедляющие развитие Интернета Вещей. К данным факторам можно отнести следующие: довольно трудоёмкий переход от протокола IPv4 к IPv6, принятие единого набора общих стандартов и разработка источников питания для миллионов (и даже миллиардов) миниатюрных датчиков.

Приложения IoT активно внедряются во все отрасли производства и сферы жизнедеятельности, их основные направления – здравоохранение, медицина и телемедицина, умный дом и умный город, энергетика, транспорт и логистика, ритейл и потребительский рынок, добыча и переработка полезных ископаемых, сельское хозяйство, комплексная безопасность. К примеру, нельзя не заметить, что за последние несколько лет тенденция активного внедрения концепции Интернета Вещей изменила методику обслуживания пациентов в сфере здравоохранения. Активное внедрение информационных технологий в сферу здравоохранения привело к кардинальному изменению качества жизни людей. Однако, следствием улучшения качества жизни является проблема возрастающих затрат на здравоохранение, причем не только на территории Российской Федерации, но и во всем мире.

В связи с этим, существенно важным стало применение недорогих и эффективных решений для поддержания или улучшения текущего уровня здоровья [2]. Данное условие способствовало развитию особого вида охраны здоровья – мобильного здравоохранения. Исследования в данном направлении проводят научные группы, которым приходится интегрировать знания области медицины и алгоритмы информационно-коммуникационных сетей, их протоколы, а также сетевые модели.

Данная статья посвящена обзору основных медицинских приложений Интернета Вещей, а также используемых ими технологий беспроводной связи.

### **Медицинские нательные сети**

Стандарты для медицинских сетей разрабатываются рабочей группой IEEE 802.15.6. Основная задача которой, разработка MAC-уровня с поддержкой нескольких физических уровней (PHY) для нательных беспроводных сетей. Задачей беспроводных сетей WBAN (*Wireless Body Area Network*) является обслуживание разных приложений медицинского направления, например, мониторинг состояния организма. Существует два вида установки сенсорных узлов: носимые устройства, которые могут быть в непосредственной близости от пациента, и имплантируемые устройства. Наиболее часто в Интернете Вещей используются Bluetooth Low Energy (BLE) и ZigBee. Устройства работают на частотах 2,4 ГГц.

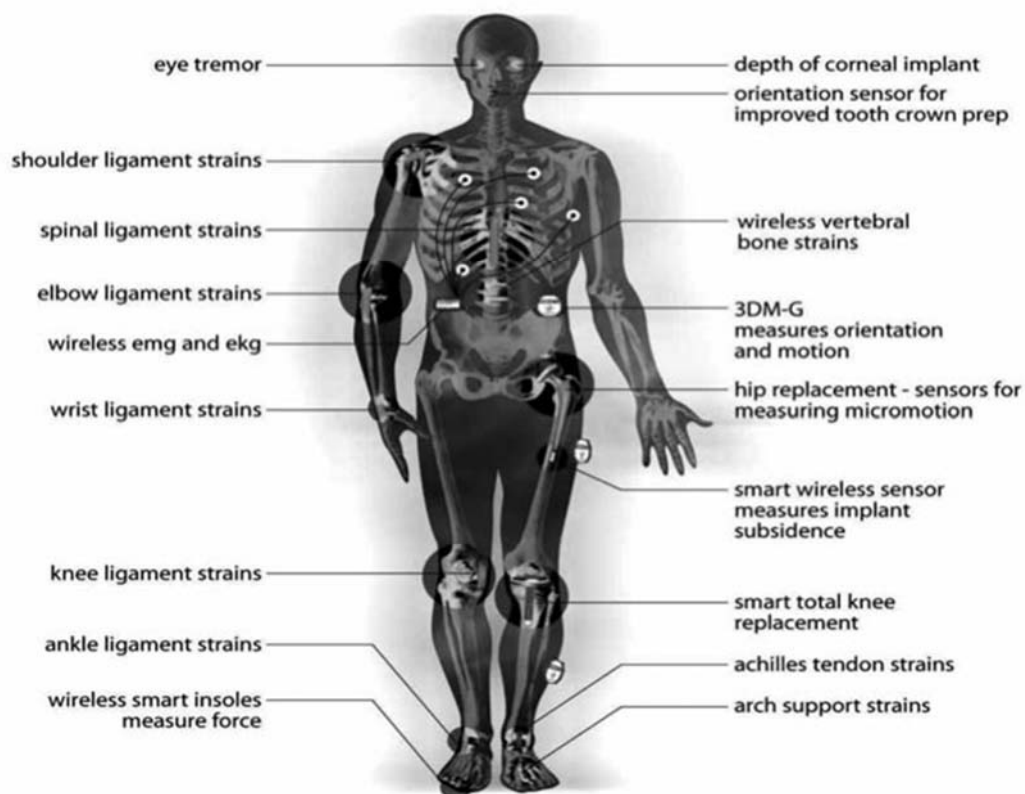


Рис. 1. Размещение нательных и имплантируемых сенсорных узлов на человеке

На рис. 1 представлено видение рабочей группы IEEE 802.15.6. по отношению к расположению сенсорных узлов на теле человека. Данные сенсорные узлы предназначены для измерения колебания глазного яблока относительно направления зрительной оси (*eye tremor*), нагрузки на связки плеча (*shoulder ligament strains*), нагрузки на мышцы спины (*spinal ligament strains*), нагрузки на связки локтевого сустава (*elbow ligament strains*), электромиографии, т. е. регистрация электрической активности мышц, электрокардиограммы (*wireless emg and ekg*), нагрузки на связки в запястье (*wrist ligament strains*), нагрузки на связки в коленном суставе (*knee ligament strains*), нагрузки на связки в лодыжке (*ankle ligament strains*). В составе сенсорных узлов имеются умные стельки для измерения силы (*wireless smart insoles measure force*), сенсоры измерения глубины расположения имплантов роговицы (*depth of corneal implant*), ориентации для коронки зуба (*orientation sensor for improved tooth crown prep*), гироскопические сенсоры для измерения движения и ориентации в трехмерном пространстве (*3DM G measures orientation and motion*), измерения микро перемещений в эндопротезе тазобедренного сустава (*hipreplacement – sensor for measuring micromotion*), измерения имплантатов (*smart wireless sensor measures implant subsidence*), умный эндопротез коленного сустава (*smart total knee replacement*), измерения нагрузки на ахиллово сухожилие (*achilles tendon strains*) и подъем ступни (*arch support strains*) [3].

При проектировании VAN-сетей основное внимание уделяется энергетической эффективности, подразумевающей низкое потребление энергии узлами. Также данные сети поддерживают только топологию звезда, правда, с высокой степенью масштабируемости.

Сети VAN подразумевают использование нескольких сенсорных и/или актуаторных узлов, которые связываются с сетевым контроллером (*BAN Network Controller, BNC*), реализованном, например, в виде телефона, КПК или ноутбука. Полученная информация может передаваться на устройство пользователя, а использование специально разработанного приложения позволит произвести расчеты активности человека, изменение показателей здоровья и при необходимости даст рекомендации для успешного достижения поставленной пользователем цели.

### **Технологии беспроводной связи**

Как правило, выбор технологии передачи данных во многом зависит от зоны покрытия проектируемой сети. В случае, когда данные необходимо передать на короткое расстояние (например, в пределах комнаты), и устройства образуют, так называемую, персональную сеть (*Personal Area Network, PAN*), возможно использование таких технологий, как BLE (*Bluetooth Low Energy*), ZigBee, 6LoWPAN. Если речь идет о передаче данных на большее расстояние (например, в офисе), устройства образуют локальную сеть (*Local Area Network, LAN*). Проводные локальные сети в большинстве случаев строятся на базе технологии PON [4], а беспроводные – на базе технологии Wi-Fi [3]. Для организации Глобальной сети (*Wide Area Network, WAN*), в которой расстояние между устройствами могут достигать нескольких километров, используются технологии WiMax, LTE и др. Также стоит отметить, что за последние два года появились технологии связи для подключения устройств, специализирующихся на низком энергопотреблении, к глобальной сети – LPWAN.

Скорость передачи данных и потребление энергии являются ключевыми факторами при выборе технологии. 4G (LTE, LTE-Advanced). BLE, ZigBee, Z-Wave применяются в устройствах с ограниченным объемом энергии и предполагают использование шлюза для инкапсуляции данных и отправки в IP-сеть. Ниже подробнее описаны эти технологии связи: Технология Bluetooth LE. Bluetooth – это беспроводная технология передачи данных обеспечивающая передачу данных на небольших расстояниях между устройствами, поддерживающими эту технологию. Bluetooth позволяет взаимодействовать таким устройствам тогда, когда они находятся в радиусе до 10 метров друг от друга.

Существенным достоинством Bluetooth LE является низкое энергопотребление и энергопотребление в режиме сна, сверхмалое пиковое энергопотребление. Используя Bluetooth LE устройства потребляют меньше энергии по сравнению с Bluetooth-устройствами предыдущих поколений.

Технология Wi-Fi. Это технология беспроводной локальной сети с устройствами на основе стандартов IEEE 802.11. Рабочими частотными диапазонами Wi-Fi сетей являются 2,4 ГГц и 5 ГГц. Большинство устройств работают на частоте 2,4 ГГц, это подразумевает использование полосы 2400–2483,5 МГц с частотой шага 5 МГц. Теоретическая максимальная скорость передачи данных составляет 1,73 Гбит/с.

В пределах Wi-Fi зоны в сеть Интернет могут выходить несколько пользователей с компьютеров, ноутбуков, планшетов, телефонов и т. д.

Технология ZigBee (6LoWPAN). ZigBee – технология, основанная на стандарте IEEE 802.15.4 и предназначенная для создания беспроводных персональных сетей (WPAN) с использованием маломощных радиопередатчиков малых размеров [5].

ZigBee используется в устройствах медицинской диагностики пациента, медицинском оборудовании и биодатчиках и для мониторинга состояния спортсмена, а максимальная скорость передачи данных составляет 250 кб/с. Устройства ZigBee могут переходить от спящего режима работы к активному менее чем за 15 миллисекунд, что значительно меньше в сравнении с технологией Bluetooth, для которой задержка при переходе от спящего к активному режиму достигает около 3-х секунд.

Технология ANT+. Использует ту же частоту, а также имеет одинаковую скорость передачи данных, что и Bluetooth. Дальность связи до 30 метров. Главным преимуществом этого стандарта является энергосбережение, т. к. подключение по ANT+ на 70 % менее энергоемкое, чем по Bluetooth.

Технология GPS. Система глобального позиционирования (*Global Positioning System*) – система спутниковой навигации, обеспечивающая измерение расстояния и времени и определяющая местоположение во всемирной системе координат WGS 84. Технология GPS позволяет определять местоположение и скорость объектов почти при любой погоде, в любом месте Земли.

Технология 3G/4G LTE. 3G – третье поколение технологии мобильной связи. Является набором услуг, объединяющим как технологию связи, создающую канал передачи данных, так и высокоскоростной мобильный доступ с услугами сети Интернет. Под этим термином подразумевается технология UMTS с надстройкой HSPA.

Связь 3G строится на основе пакетной передачи. Сети 3G работают на границе дециметрового и сантиметрового диапазона, в основном, в диапазоне около 2 ГГц, и передает данные со скоростью до 3,6 Мбит/с.

4G LTE – четвертое поколение технологии мобильной связи. Является стандартом высокоскоростной беспроводной передачи данных для мобильных и других устройств, работающих с данными.

LTE является стандартом беспроводной передачи данных и развитием стандартов GSM/UMTS. Целью LTE было увеличение скорости и пропускной способности с использованием нового метода модуляции и метода цифровой обработки сигналов, а также реконструировать и упростить архитектуру сетей, основанных на IP, при этом, значительно уменьшив задержки при передаче данных по сравнению с архитектурой 3G сетей. Беспроводной интерфейс LTE должен работать на отдельной частоте, т. к. является несовместимым с 2G и 3G.

Спецификация LTE позволяет обеспечить скорость нисходящего потока до 326,4 Мбит/с, а скорость восходящего потока до 172,8 Мбит/с, при этом общая задержка в передаче данных может быть снижена до 5 миллисекунд.

Технология NFC. Near field communication или NFC – технология высокочастотной беспроводной связи малого радиуса действия, дающая возможность обмена данными между устройствами, находящимся друг от друга на расстоянии до 10 сантиметров. NFC нацелена прежде всего на использование в цифровых мобильных устройствах. Данная технология является простым расширением стандарта бесконтактных карт, объединяющим интерфейс смарт-карты и считы-

вающего устройства воедино. Устройство NFC поддерживает связь со смарт-картами и с другими устройствами NFC, поэтому совместимо с существующей инфраструктурой бесконтактных карт.

## Приложения

Основными функциями медицинских приложений является диагностика, мониторинг и даже лечение пациента. Производители оснащают свои устройства программами, способными получать, хранить и обрабатывать данные (подсчитывать прогресс от активности, строить графики и т. д.). Но приложения разных производителей отличаются друг от друга как интерфейсом, так и задачами. Далее в качестве примера приведены некоторые существующие приложения медицинских сетей:

Runtastic Pro – это, пожалуй, одно из самых популярных фитнес-приложений в магазине Google Play. Данное приложение предназначено в первую очередь для людей, занимающихся бегом, и велосипедистов. Оно использует GPS, чтобы отслеживать маршрут и собирать статистику о скорости.

Runtastic Heart Rate – приложение, способное с помощью камеры устройства превратить ваш смартфон в монитор сердечного ритма, для этого необходимо просто удерживать палец на объективе камеры, и приложение выведет точные данные о частоте сердечных сокращений на дисплей. Разумеется, есть функция, позволяющая сохранять и анализировать все результаты.

Spinning. Разработанная на платформе IOS и Android. Данное приложение рассчитано на тех пользователей, которые регулярно занимаются спортом. С его помощью можно отслеживать эффективность тех или иных кардионагрузок: от езды на велотренажере, до бега на дорожке. Введя данные о типе занятия, пользователь может выяснить, как нагрузка повлияла на его давление, сердцебиение и вес, при этом, не навешивая на себя многочисленными медицинскими датчиками.

Headache Diary Pro. Платформа: Android, Windows Phone. Приложение предлагает вносить в него данные о своих головных болях: когда они начинаются, когда заканчиваются, в какой области головы находится эпицентр боли. Также предлагается вносить информацию о медикаментах, которые принимает пользователь. Все это помогает программе создать общую картину происходящего и выдать рекомендации пользователю по изменению поведения, с тем чтобы уменьшить боль и ее негативные последствия на организм.

## Заключение

Мобильное здравоохранение в наше время заполняют повседневную жизнь человека. По данным аналитиков к 2020 г. ожидается, что к сети Интернет будет подключено более 50 млрд. устройств (по версии Cisco IBSG). Важно заметить, что эти прогнозы не учитывают ускоренного развития Интернет-технологий и устройств [6]. Представленные показатели основаны на наших сегодняшних представлениях.

В соответствии с изложенным выше материалом мы можем сделать вывод, что тема медицинских приложений весьма актуальна в наше время, и их число будет расти с каждым годом. Данные исследования были проведены для выявле-

ния актуальности технологий связи в медицинских приложениях. Произведен обзор и сравнение технологий беспроводной передачи данных, используемых медицинскими приложениями, и их характеристики, а также самих медицинских приложений.

### Литература

1. Борисова М. В., Парамонов А. И., Пирмагомедов Р. Я. Анализ свойств трафика машина-машина и его влияния на качество обслуживания // 19-я Международная научная конференция «Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь (DCCN-2016)». 2016. С. 36–43.
2. Глушаков Р. И., Киричек Р. В., Пирмагомедов Р. Я. Медицинские приложения интернета nano-вещей // VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании». 2017. С. 8–14.
3. Гольдштейн Б. С., Кучерявый А. Е. Сети связи пост NGN. СПб.: БХВ-Петербург. 2014. 160 с.
4. Никитин Б. К., Пирмагомедов Р. Я., Надежность пассивных оптических сетей. Оптические сплиттеры // Электросвязь. 2012. № 4. С. 25–27.
5. Фам В. Д., Киричек Р. В., Глушаков Р. И., Пирмагомедов Р. Я. Технологии Интернета Вещей для приложений здравоохранения // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Т. 5. № 4. С. 71–77.
6. Pirmagomedov R., Blinnikov M., Glushakov R., Muthanna A., Kirichek R., Koucheryavy A. Dynamic Data Packaging Protocol for Real-Time Medical Applications of Nanonetworks // Lecture Notes in Computer Science. 2017. Vol. 10531. pp. 196–205.

### References

1. Borisova M., Paramonov A., Pirmagomedov R. Machine-to-machine traffic analysis and its impact on quality of service // 19 International conference «Distributed computer and communication networks: control, computation, communications (DCCN-2016)». 2016. pp. 36–43.
2. Glushakov R., Kirichek R., Pirmagomedov R. Internet of nano-things medical applications // VI International scientific-technical and scientific-methodical conference «Actual problems of infotelecommunications in science and education». 2017. pp. 8–14.
3. Goldstein B., Koucheryavy A. Post NGN communication networks. SPb.: BHV-Peterburg. 2014. 160 p.
4. Nikitin B., Pirmagomedov R. Reliability of passive optical networks. Optical splitters // *Elektrosvyaz*. 2012. No. 4. pp. 25–27.
5. Fam V., Kirichek R., Glushakov R., Pirmagomedov R.: Internet of things technologies for healthcare applications // *Telecom IT*. 2017. Vol. 5. Iss. 4. pp. 71–77 (in Russian).
6. Pirmagomedov R., Blinnikov M., Glushakov R., Muthanna A., Kirichek R., Koucheryavy A. Dynamic Data Packaging Protocol for Real-Time Medical Applications of Nanonetworks // *Lecture Notes in Computer Science*. 2017. Vol. 10531. pp. 196–205.

**Семанов Артем Олегович**

– студент, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232,  
Российская Федерация, [semanov.ao@yandex.ru](mailto:semanov.ao@yandex.ru)

**Блинников Михаил Андреевич**

– аспирант, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232,  
Российская Федерация, [michael2102@mail.ru](mailto:michael2102@mail.ru)

**Пирмагомедов  
Рустам Ярахмедович**

– кандидат технических наук, доцент, СПбГУТ,  
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация,  
[Its.pto@yandex.ru](mailto:Its.pto@yandex.ru)

**Semanov Artem**

– Undergraduate, SPbSUT, St. Petersburg,  
193232, Russian Federation, [semanov.ao@yandex.ru](mailto:semanov.ao@yandex.ru)



***Blinnikov Mikhail***

– Postgraduate, SPbSUT, St. Petersburg,  
193232, Russian Federation, michael2102@mail.ru

***Pirmagomedov Rustam***

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