

ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

В. Д. Фам^{1*}, Р. В. Киричек¹, Р. И. Глушаков², Р. Я. Пирмагомедов¹

¹ СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

² СПбГПМУ, Санкт-Петербург, 194353, Российская Федерация

* Адрес для переписки: daipham93@gmail.com

Аннотация

За последние несколько лет активное внедрение концепции Интернета Вещей изменило методы обслуживания пациентов в сфере здравоохранения (Healthcare). Значительное увеличение числа устройств носимой электроники для контроля состояния организма приводит к тому, что врачам становится проще ставить первичный диагноз. Производительность медицинских устройств возрастает с каждым днем. Помимо того, что микроконтроллеры в таких устройствах постепенно заменяются микропроцессорами для передачи данных используются беспроводные технологии, которые позволяют сократить энергопотребление и передать данные на большие расстояния. **Предмет исследования.** Данная статья посвящена анализу подходов реализации приложений здравоохранения с использованием беспроводных технологий в персональном, локальном и глобальном сетях. **Метод.** Рассмотрена структура обмена данными между медицинскими устройствами и облачным сервисом, проведено описание, анализ и сравнение беспроводных технологий, которые применяются для сбора данных о состоянии здоровья человека и для передачи на большое расстояние. **Основные результаты.** На основе анализа беспроводных технологий сделаны выводы по возможности использования BLE, 5G/IMT-2020, NB-IoT при реализации приложений здравоохранения. **Практическая значимость.** Результаты анализа, проведенного в статье могут быть использованы при выборе той или иной технологии беспроводной передаче данных при разработке приложений Healthcare.

Ключевые слова

Healthcare, Интернет Вещей, BLE, ZigBee, 5G/IMT-2020, NB-IoT, LoRaWAN.

Информация о статье

УДК 004.77

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 21.11.17, принята к печати 01.12.17.

Ссылка для цитирования: Фам В. Д., Киричек Р. В., Глушаков Р. И., Пирмагомедов Р. Я. Технологии Интернета Вещей для приложений здравоохранения // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Том 5. № 4. С. 71–77.

INTERNET OF THINGS TECHNOLOGIES FOR HEALTHCARE APPLICATIONS

V. D. Pham^{1*}, R. Kirichek¹, R. Glushakov², R. Pirmagomedov¹

¹ SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation

² SPbSPMU, St. Petersburg, 194353, Russian Federation

* Corresponding author: daipham93@gmail.com

Abstract—Over the past few years, the active introduction of the concept Internet of Things has changed the way patients are served in Healthcare. A significant increase in the number of portable devices for body state monitoring has led to making primary diagnosis for physicians becomes easier. The performance of medical devices is increasing every day. In addition apart from the fact that microcontrollers in such devices are gradually replaced by microprocessors, wireless technologies are used to transfer data, which allow to reduce power consumption and transmit data over long distances. **Research subject.** This article focuses on analysis of approaches to implementing Healthcare applications using wireless technologies in personal, local and global networks. **Method.** The structure of data exchange between medical devices and cloud service is considered. The description, analysis and comparison of wireless technologies which are used for collecting data on the state of human health and for transmission over a long distance are described. **Core results.** Based on the analysis of wireless technologies, conclusions were drawn regarding the possible use of BLE, 5G/IMT-2020, NB-IoT in the implementation of Healthcare applications. **Practical relevance.** The results of the analysis in the article can be used when choosing a particular wireless data transmission technology in the development of Healthcare applications.

Keywords—Healthcare, Internet of Things, BLE, ZigBee, 5G/IMT-2020, NB-IoT, LoRaWAN.

Article info

Article in Russian.

Received 21.11.17, accepted 01.12.17.

For citation: Pham V. D., 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).

Введение

В настоящее время существует множество определений Интернета Вещей, в том числе согласно рекомендации МСЭ-Т Y.4000/Y.2060 можно понимать, что это сеть вещей, включая физические и виртуальные, взаимодействующих друг с другом через сеть общего пользования (ССОП)¹ [1]. В сфере здравоохранения медицинские устройства могут являться устройствами Интернета Вещей и подключаться к сети Интернет для передачи информации о состоянии пациентов, где затем доступ получают врачи или пользователи для просмотра и анализа этих данных.

Исследования в области здравоохранения показали, что удаленная система мониторинга здоровья предоставляет много преимуществ в различных контекстах. Удаленная система используется для мониторинга пациента дома, а не в больнице, что снижает нагрузку на больничные ресурсы, такие как коли-

¹ Рекомендация МСЭ-Т Y.4000/Y.2060. Обзор интернета вещей. 2014. 14 с.

чество персонала или палат. Врачи и пациенты могут следить за состоянием здоровья в любое время и в любом месте через Интернет.

Модели приложений здравоохранения

По рекомендации² выделяют два класса устройств: персональные медицинские устройства и персональные медицинские шлюзы. Медицинские устройства (сенсоры) измеряют данные человека, такие как температуры, пульс, давление и другие, и отправляют их на шлюз, который управляет датчиком через LAN или PAN. Расположение сенсоров может быть фиксированным или мобильным в зависимости от модели использования. Медицинские шлюзы могут быть носимыми устройствами и не носимыми устройствами, которые получают данные сенсоров и перенаправляют данные в другую сеть.

Для получения данных от человека представлены три модели сбора данных на рисунке.

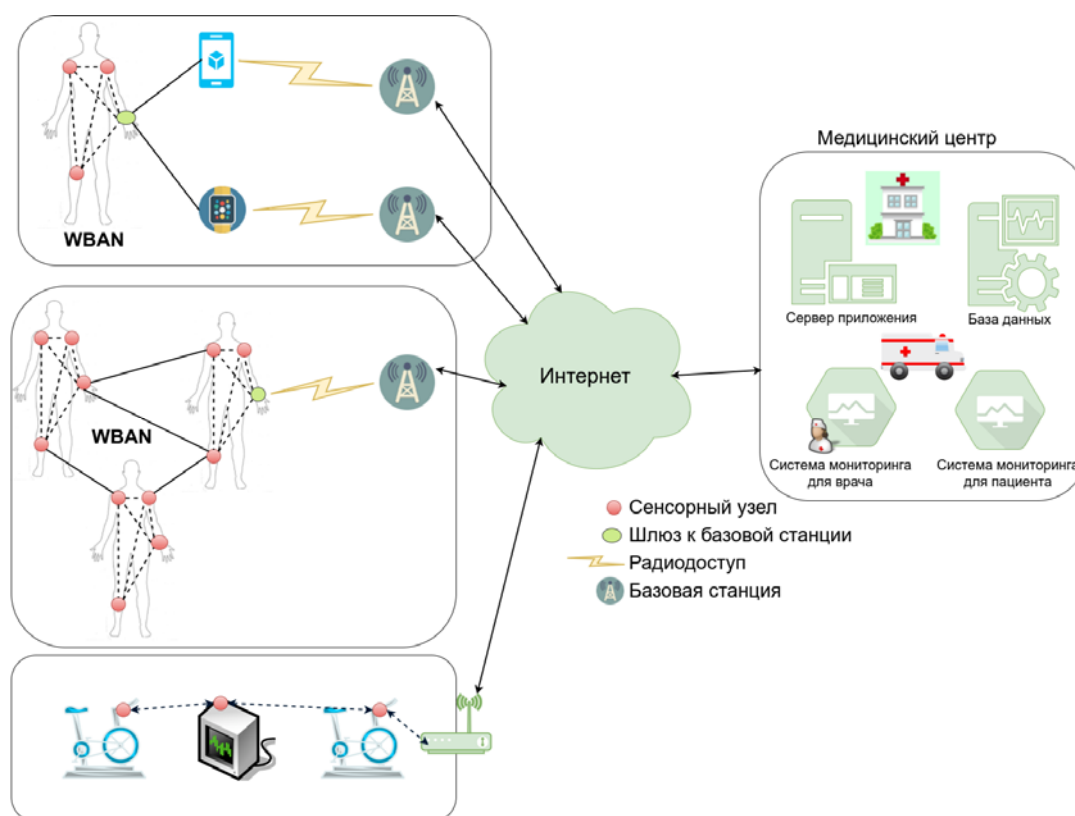


Рисунок. Архитектура обмена данными

Первая модель представляет персональную сеть для каждого человека. На теле человека прикреплены сенсорные узлы, которые собирают информации и отправляют в шлюз.

Вторая модель представляет сеть между людьми для случаев с невозможностью выхода в Интернет каких-либо пользователей. Медицинские шлюзы на каждом человеке могут взаимодействовать между собой, что найти шлюз,

² Recommendation ITU-T H.810. Interoperability Design Guidelines for Personal Connected Health Systems. 2015. 66 p.

имеющий выход в сеть Интернет. Коммуникация M2M (машина-машина) считается ключевым фактором применения приложения и услуг на широком спектре вертикальных рынков.

Третья модель представляет общие медицинские устройства, которые часто встречаются в спортивных залах или у врачей.

Стандарты для передачи данных

Тип связи в сфере здравоохранения могут быть разделены на две основные категории: связь на короткие расстояния и связь на большие расстояния.

На сегодняшний день появились различные носимые устройства, в которых уже поддерживаются медицинские сенсоры для сбора данных. В системе здравоохранения связь на короткие расстояния часто используется, то есть связь между узлами, особенно между узлами сенсоров и шлюзом. Существует множество стандартов связи на малых расстояниях, но возможно наиболее часто используются в Интернете Вещей Bluetooth Low Energy (BLE) и ZigBee. Сравнение некоторых характеристик двух технологий приведено в таблице 1.

Bluetooth разработан группой Bluetooth SIG (Bluetooth Special Interest Group) и стандартизован в соответствии с общей структурой стандартов IEEE 802 – стандарт IEEE 802.15.1 [2]. В 2010 году специально для приложений Интернета вещей был разработан стандарт Bluetooth 4.0 или BLE, который также работает на частоте 2,4 ГГц со скоростью до 1 Мбит/с, но использует 40 каналов по 2 МГц, и позволяет организовать локальную систему позиционирования внутри помещения. Bluetooth 5.0 позволяет передавать данные со скоростью до 2 Мбит/с. Самым важным в BLE является то, что устройства связи умеют переходить в синхронный режим работы. Другими словами, устройства спят 99 % времени, потом просыпаются на очень короткое время, обмениваются информацией и опять засыпают. В целом, BLE очень хорошо подходит для медицинских приложения. Он безопасен и имеет хороший диапазон, низкую задержку, низкое энергопотребление и устойчивость к помехам. Этот стандарт рекомендуется для дизайнера носимых устройств в системе здравоохранения.

ZigBee – стандарт был разработан ZigBee Alliance в 2003 г. для предоставления сетей с низкими энергопотреблением. Он основан на стандарте IEEE 802.15.4 [2]. Сеть Zigbee состоит из координатора, маршрутизатора и конечных устройств (около 250 устройств), и поддерживает различные топологии: звезда, дерево, точка-точка, ячеистая/mesh. Ячеистая сеть обладает свойствами самовосстановления и самоорганизации благодаря использованию протоколов динамической маршрутизации. Выпущенная в 2015 г. версия Zigbee 3.0 [2], обеспечивающая взаимодействие различных сетей Zigbee и взаимодействие с уже существующими IP-сетями. Кроме того, Zigbee работает в режиме с низким энергопотреблением за счет перевода устройств в режим «сна». Конечные устройства выходят из спящего режима только по какому-либо заранее определенному событию, например, нажатие на кнопку, работа по таймеру и т. д. Как только такое спящее устройство отправило данные и дождалось подтверждения получения пакета от родительского узла, оно переходит в режим «сна».

Недостаток технологии ZigBee заключается в том, что он обычно не применяется в таких устройствах, как смартфоны, в то время как BLE обычно. Поэтому технологию ZigBee рекомендуется использовать в фиксированных местоположениях.

Таблица 1.

Сравнение характеристик двух технологий

Характеристики	Bluetooth Low Energy	ZigBee
Частотный диапазон	2,4 ГГц	2,4 ГГц
Расстояние	До 100 м	1–100 м
Топология	Звезда, ячеиста	Ячеиста, звезда, дерево, точка-точка
Скорость передачи данных	1–2 Мбит/с	250 кбит/с
Мощность передатчика	1–100 мВт в зависимости от класса	10 мВт
Срок работы батареи	До 10 лет	2–3 года
Безопасность	128-AES	128-AES

Для связи на большие расстояния существуют некоторые технологии, такие как 4G/5G, SigFox, LoRaWAN, NB-IoT и другие. Основное сравнение между ними приведено в таблице 2.

5G – пятое поколение связи. В МСЭ было принято решение назвать сети сотовой связи пятого поколения IMT-2020. Разработкой стандартов занимаются несколько организаций, включая IEEE, ETSI, 3GPP и т. д. Это необходимо для совместной работы различных технологий в сетях 5G. 5G включает в себя разработку нового радиointерфейса (NR), усовершенствование существующего радио LTE Advanced Pro и разработку новой архитектуры базовой сети [3, 4, 5]. Ожидается технология 5G на таких устройствах, как смартфоны или планшеты. Эти устройства получают информации датчиков на теле человека и перенаправляют их в ССОП.

SigFox – технология, разработанная французской компанией SIGFOX специально для приложений Интернета Вещей. Самое большое распространение SigFox получила в Европе. Эта технология использует базовые станции, использующие ультратонкую полосу (UNB) с двоично-фазовой манипуляцией (BPSK), а для кодирования данных меняет фазу несущей радиоволны. Это позволяет уменьшить уровень шума на принимающей стороне, следовательно, сделать принимающие устройства более дешевыми³. Sigfox определяет максимальное количество сообщений от конечного устройства до базовой станции в день: 140 сообщений, при этом каждое сообщение должно быть размером не более 12 байт. Поэтому технология SigFox может обслуживать до 50 000 узлов в районе одной базовой станции. Технология SigFox подходит для некритических приложений, например, в умной парковке или в уличном освещении. В системе здравоохранения важно успешно передавать данные. Любая компрометация безопасности может нанести ущерб здоровью человека или повлиять на целостность медицинских баз данных. По этой причине не рекомендуется использовать технологию SigFox для здравоохранения.

LoRaWAN, которая была разработана LoRa Alliance, может работать до 20 км при скорости до 50 кбит/с⁴. LoRaWAN достаточно подходит для прило-

³ Sigfox. Getting Started. URL: <http://makers.sigfox.com/getting-started/>

⁴ A technical overview of LoRa and LoRaWAN. URL: https://docs.wixstatic.com/ugd/eccc1a_ed71ea1cd969417493c74e4a13c55685.pdf

жения здравоохранения. Помехи могут потенциально вызвать проблемы при работе в нелицензированных диапазонах частот.

NB-IoT стандартизирован в последней версии 3GPP релиза 13. NB-IoT работает в лицензированных диапазонах GSM или LTE и обеспечивает связь на большие расстояния с низким энергопотреблением⁵. NB-IoT подходит для приложений здравоохранения, так как он защищен, поддерживает передачу на большие расстояния, и может поддерживать много устройств.

Таблица 2.
Сравнение характеристик технологии передачи данных на большие расстояния

Характеристики	5G/IMT-2020	SigFox	LoRaWAN	NB-IoT
Частотный диапазон	60 ГГц	868, 915 и 433 МГц	868, 915 и 433 МГц	900 МГц, 1,8–2,7 ГГц
Расстояние	2 км	2–10 км в городе	7–20 км	10–15 км
Скорость передачи данных	До 10 Гбит/с	100 бит/с	0,25–5,5 кбит/с	150–250 кбит/с
Безопасность	AES, SNOW	AES с HMACs с закрытым ключом	64/128-AES	128/256-AES
Емкость сети	10 00х узлов	50 000 узлов	40 000 узлов	53,547+ узлов

Заключение

Для развития услуг и сервисов Интернета Вещей предлагаются модели внедрения ИВ в системы здравоохранения. В частности, в статье были рассмотрены различные технологии передачи данных, такие как Bluetooth Low Energy, Zigbee, 5G/IMT-2020, SigFox, LoRaWAN и NB-IoT. Для связи на короткие расстояния рекомендуется использовать технологию BLE для носимых устройств. Для связи на большие расстояния есть несколько вариантов для использования. Ожидается, что 5G/IMT-2020 и NB-IoT будут использоваться для предоставления услуг и сервисов в сфере здравоохранения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-37-00215 мол_а Биодрайвер.

Литература

1. Кучерявый А. Е. Интернет вещей // Электросвязь. 2013. № 1. С. 21–24.
2. Liu Y. H. et al. A 1.9 nJ/b 2.4 GHz Multistandard (Bluetooth Low Energy/ZigBee/IEEE802.15.6) Transceiver for Personal/Body-Area Networks // Solid-State Circuits Conference Digest of Technical Papers (ISSCC). 2013. pp. 446–447.
3. Gabriel Brown. White Paper Designing 5G-Ready Mobile Core Networks. Heavy Reading. 2016. 14 p.
4. Кучерявый А. Е., Прокопьев А. В., Кучерявый Е. А. Самоорганизующиеся сети. СПб.: Любавич. 2011. 312 с.
5. Кучерявый А. Е., Маколкина М. А., Киричек Р. В. Тактильный интернет. Сети связи со сверхмалыми задержками // Электросвязь. 2016. № 1. С. 44–46.

⁵ NB-IoT vs LoRa Technology. URL: https://docs.wixstatic.com/ugd/eccc1a_fb4ea35d44a5492b8c7c58c3b64cdc3d.pdf

References

1. Koucheryavy A. Internet of Things // *Electrosvyaz*. 2013. No. 1. pp. 21–24.
2. Liu Y. H. et al. A 1.9 nJ/b 2.4 GHz Multistandard (Bluetooth Low Energy/ZigBee/IEEE802.15.6) Transceiver for Personal/Body-Area Networks // *Solid-State Circuits Conference Digest of Technical Papers (ISSCC)*. 2013. pp. 446–447.
3. Gabriel Brown. White Paper Designing 5G-Ready Mobile Core Networks. Heavy Reading. 2016. 14 p.
4. Koucheryavy A., Prokopiev A., Koucheryavy Y. *Self-Organizing Networks*. SPb.: Lyubavich. 2011. 312 p.
5. Koucheryavy A., Makolkina M., Kirichek R. Tactile Internet. *Ultra-Low Latency Networks // Electrosvyaz*. 2016. No. 1. pp. 44–46.

Фам Ван Дай

– магистрант, СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация, daipham93@gmail.com

Киричек Руслан Валентинович

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

Глушаков Руслан Иванович

– кандидат медицинских наук, доцент, СПбГПМУ, Санкт-Петербург, 194353, Российская Федерация, glushakovruslan@gmail.com

Пирмагомедов

Рустам Ярахмедович

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

Pham Van Dai

– Undergraduate, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, daipham93@gmail.com

Kirichek Ruslan

– Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation, kirichek@sut.ru

Glushakov Ruslan

– Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, SPbSPMU, St. Petersburg, 194353, Russian Federation, glushakovruslan@gmail.com

Pirmagomedov Rustam

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