

УДК 620.9:658.26

DOI: 10.46548/21vek-2021-1056-0016

## ОБЗОР ПРОТОКОЛОВ И СТАНДАРТОВ ДЛЯ ДАТЧИКОВ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

© 2021

**Зикирбай Куаныш**, phd, докторант Института автоматизации и информационных технологий  
кафедры «Робототехника и технические средства автоматизации»

*НАО КазНУТУ имени К.И. Сатпаева*

*(050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22 e-mail: kuanish\_921@mail.ru)*

**Михайлов Петр Григорьевич**, доктор технических наук, профессор,  
ведущий научный сотрудник Центра сопровождения научных исследований

*Пензенский государственный технологический университет*

*(440039, Россия, Пенза, проезд Байдукова/улица Гагарина, 1А/11 e-mail: pit\_mix@mail.ru)*

**Бактыбаев Мурат Кыргызбаевич**, кандидат физико-математических наук,  
ассоциированный профессор Института автоматизации и информационных технологий

*НАО КазНУТУ имени К.И. Сатпаева*

*(050013, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22, e-mails: m.baktybayev@satbayev.university)*

**Аннотация.** Быстрый рост устройств и систем, подключенных к Интернету, позволил Интернету вещей стать одной из важных областей информационных технологий. Стандарты, технологии и платформы, ориентированные на экосистему Интернета вещей, развиваются очень быстрыми темпами. Интернет вещей позволяет корреспондентам обмениваться данными и координировать решения в различных областях и сферах, включая здравоохранение, домашнее оборудование, возникающие аварийные ситуации и промышленные технологии. Ожидается, что в будущем эти сферы и области расширятся до еще большего числа приложений. В статье содержится краткий обзор возможностей нескольких всемирных информационных стандартов, которые позволяют использовать технологии, обеспечивающие быстрый рост Интернета вещей. Приведено обоснование некоторых перспективных технологий Интернета вещей. Рассмотрены общепринятые стандарты, используемые повсеместно в локальных и удаленных сетях, приведены их основные качественные параметры.

**Ключевые слова:** интернет вещей, локальные сети, удаленные сети, экосистема, технологии

## OVERVIEW OF PROTOCOLS AND STANDARDS FOR INTERNET SENSORS

© 2021

**Zikirbai Kuanysh**, phd, doctoral student of the institute of automation and information technologies  
of the department of robotics and automation equipment

*K.I. Satpayev KazNITU*

*(22 Satpayev str., Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan, e-mail: kuanish\_921@mail.ru)*

**Mikhailov Pyotr Grigoryevich**, doctor of technical sciences, professor,  
leading researcher of the center for scientific research support

*Penza State Technological University*

*(440039, Russia, Penza, Baydukova Passage/Gagarina Street, 1A/11 e-mail: pit\_mix@mail.ru)*

**Baktybaev Marat Kyrgyzbaevich**, candidate of physical and mathematical sciences,  
associate professor of the institute of automation and information technologies

*K.I. Satpayev KazNITU*

*(050013, Republic of Kazakhstan, Almaty, Satpayev str., 22, m.baktybayev@satbayev.university)*

**Abstract.** The rapid growth of devices and systems connected to the Internet has allowed the Internet of Things to become one of the important areas of information technology. Standards, technologies and platforms focused on the Internet of Things ecosystem are developing very rapidly. The Internet of Things allows correspondents to exchange data and coordinate solutions in various fields and spheres, including healthcare, home equipment, emerging emergencies and industrial technologies. It is expected that in the future these areas and areas will expand to even more applications. The article provides a brief overview of the capabilities of several global information standards that allow the use of technologies that ensure the rapid growth of the Internet of Things. The substantiation of some promising technologies of the Internet of Things is given. The generally accepted standards used everywhere in local and remote networks are considered, their main qualitative parameters are given.

**Keywords:** internet of things, local area networks, remote networks, ecosystem, technologies.

**Введение.** Интернет вещей (IoT) приобретает большой интерес и популярность как в промышленности, так и в научных сферах. Его основное преимущество состоит в том, чтобы создать интеллектуальные устройства типа «plug-and-play», которые можно развертывать в любой среде и которые могут

обмениваться данными и взаимодействовать с другими устройствами. Это стало возможным только с недавней эволюцией интернет-протоколов, сенсорных устройств, эффективных вычислений, анализа больших данных и межмашинного взаимодействия (M2M). Согласно отчету международной аналитиче-

ской компании IDC, в РФ прогнозируется стабильный интерес к *IoT* технологиям и ожидается, что среднегодовые темпы роста на период до 2023 достигнут двухзначного значения – 19,7%.

Терминологически понятие «Интернет вещей» состоит из двух составляющих: «Интернет» и «вещи». *IoT* позволяет вещам или некомпьютерным устройствам слышать, видеть, думать, вычислять и организовано действовать, что дает возможность им общаться и координировать друг друга при принятии решений. Другими словами, это позволяет вещам действовать разумно и принимать консенсусные решения, приносящим пользу многим приложениям. Они превращают объекты или сенсоры из пассивных наблюдателей в активные объекты, имеющие возможность сотрудничества и принятия важных решений. Фундаментальные технологии встроенных мощных датчиков, новые вычислительные парадигмы, аналитика данных, облегченная связь и интернет-протоколы побуждают *IoT* предлагать указанные важные услуги и действия, однако они же создают потребность в специализированных стандартах и протоколах связи для решения возникающих проблем [1-5].

*IoT* играет важную роль в различных типах приложений, включая здравоохранение, транспорт, автоматизацию, сельское хозяйство, транспортные средства и экстренное реагирование на стихийные бедствия. Кроме того, ожидается, что он будет играть дополнительную роль в улучшении качества жизни, бизнес-приложений и умных домов. Примером доступной в настоящее время экосистемы *IoT* являются

умные дома, оснащенные датчиками, которые служат для удаленного контроля температуры, тепла и кондиционирования воздуха [6-10]. Будущие расширения такой системы могут включать приготовление кофе, управление телевизором, отслеживание личной статистики здоровья и вождение наших транспортных средств. Эти приложения вызовут дополнительные проблемы и потребуют стандартов для удовлетворения разнообразных требований приложений. Мы представляем стандарты, разработанные соответствующими законодательными коллективами: инженеров Интернета – *IETF*, института инженеров электротехники и радиоэлектроники – *IEEE*, международным союзом электросвязи – *ITU* и другими органами метрологии и стандартам. Кроме того, мы кратко обсудим о технологиях который широко применяется в *IoT*.

**Материалы и результаты исследования.** *Экосистема Интернета Вещей.* При нынешнем повышенном исследовательском интересе к *IoT* каждый год стандартизируется множество новых протоколов. Постоянно публикуются обзоры, освещающие различные аспекты стандартизации в области *IoT* [11-13]. Так, в [14] обобщены наиболее важные стандарты, которые предлагались различными организациями по стандартизации, основное внимание в которых обращено на такие проблемы *IoT*, как мобильность и масштабируемость. В статье представлен обзор новых стандартов, проектов и протоколов, расширяющих информацию, представленную в ранее представленной аналитике [14].

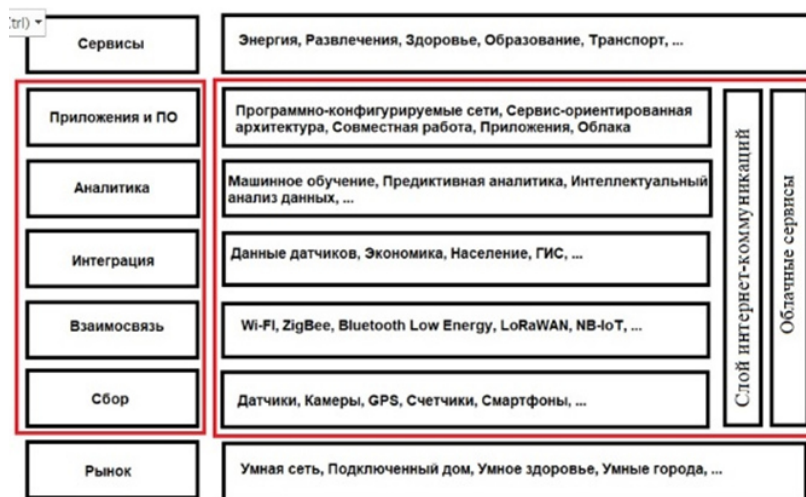


Рисунок 1 – Экосистема Интернета вещей

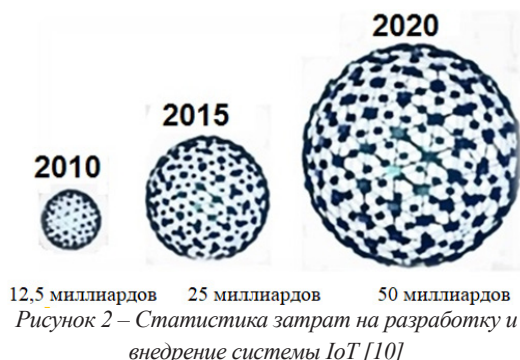
Как приведено на рисунке 1 *IoT*, можно представить в виде многослойной математической модели, в которой в нижнем слое могут быть объекты как бытового и промышленного уровня. Следующий, второй слой (главный слой-ядро системы) включает в себя сенсоры, часто интеллектуальные, тип, количество и распределение которых определяется задачами и функциями системы. В качестве сенсоров могут быть сенсоры неэлектрических параметров, тепла, электрических величин, оптические сенсоры. Следующий

слой обеспечивает надежные интерфейсные связи, которые обеспечивают качественную передачу, при этом информативность и корректность данных проверяются программными и интеллектуальными системами.

Рисунок 2 иллюстрирует рост затрат (в долларах) на реализацию концепции *IoT*, на котором отчетливо видно значительный объем затрат на разработку и внедрение системы интернета вещей.

*Приложение ближней зоны охвата IoT.* Стандартом связи для уровня передачи данных, который ши-

роко используется в *IoT*, является *Bluetooth* с низким энергопотреблением или *Bluetooth Smart*. *Bluetooth Smart* в основном используется в автомобильных сетях и характеризуется небольшой задержкой, которая в 15 раз меньше, чем у других стандартов *Bluetooth* и малым энергопотреблением, примерно в десять раз меньше, чем у классического *Bluetooth*. а контроль доступа использует *MAC* без конкуренции с низкой задержкой и быстрой передачей. Данный стандарт использует архитектуру главный/подчиненный и обеспечивает два типа инженерии знаний: рекламные модули (страницы) и модули опытных данных.



Режим обеспечения оптимального энергопотребления (спящий-бодрствующий) реализуется с использованием оповещающих сигналов от ведущего устройства к ведомому при этом устройства бодрствуют только при общении, иначе они остаются в спящем режиме [15, 16].

Приложение средней зона охвата. *ZigBee Smart Energy*. *ZigBee* в настоящее время является в наибольшей степени распространенным в *IoT*, так как его функциональные возможности и зона покрытия, обеспечивает большинство бытовых объектов, больниц и системах управления. Он обеспечивает управление изделиями и объектами объединенных в различные топологии (звезда, однослойная и многослойные сети).

Если рассматривать топологию *IoT*, включенную по типу «звезда», то координатор, регулирующий систему, может располагаться в центре, в корне, а также в разных точках топологии.

Стандарт *ZigBee* включает две разновидности: и *ZigBee Pro*, которые могут формировать общую сетевую структуру, функционируя с разными приложениями, при этом позволяет работать с малыми объемом

памяти и вычислительной мощностью. *ZigBee Pro* может реализовывать больше функций, чем *ZigBee*, в том числе обеспечить информационную безопасность при применении функции взаимного обмена симметричными ключами, регулируемость масштаба с использованием вероятностного

Приложение дальней зоны охвата и расширенных функциональных возможностей. *LoRaWAN*. Протокол *LoRaWAN* является недавно разработанной новой технологией беспроводной глобальной сети с большим радиусом действия, предназначенная для приложений *IoT*. Разработанный для масштабируемых беспроводных сетей с миллионами устройств, этот стандарт поддерживает избыточную работу, не реагирует на место дислокации, низкую стоимость, низкое энергопотребление. В *LoRaWAN* используется различная технология сбора электроэнергии для обеспечения прогнозируемых возможностей *IoT*, одновременно сохраняя при этом простую эксплуатацию, перенастройку и явность применения ее возможностей [18].

*Weightless* – это недавно созданная беспроводная технологическая платформа для *MAC IoT*, которую предоставляет некоммерческая глобальная организация *Weightless (SIG)*. Можно использовать два стандарта: *Weightless-N* и *Weightless-W*. *Weightless-N* был первым стандартом, разработанным для поддержки требований *IoT* с использованием *TDMA* со скачкообразной перестройкой частоты для минимизации помех. Он использует сверхузкие полосы в диапазоне частот *ISM* ниже 1 ГГц. С другой стороны, *Weightless-W* предоставляет те же возможности, но использует частоты телевизионного диапазона [19].

*EnOcean* – это энергосберегающая беспроводная технология, которая в основном используется для автоматизации, но может использоваться и для других приложений *IoT*. Основная идея этого протокола состоит в использовании любого типа энергии окружающей среды (перемещения, тепла, вибраций, света, ветра и проч.) и преобразовании ее в полезную энергию с помощью энергетических преобразователей (солнечных фотоэлементов, пьезокерамики и т.д.). Этот протокол имеет относительно небольшой размер пакета и в основном используется в приложениях *IoT* для отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в помещениях [20].

В таблице 1 приведены основные технические параметры технологических платформ *IoT* [21].

Таблица 1 – Основные характеристики технологических платформ *IoT*

Характеристики	ZigBee	Bluetooth	Wi-Fi	434/868 МГц	GSM/GPRS/EDGE	3G
Частотный диапазон, МГц	2400–2483	2400–2483	2412–2484	434/868	900/1800	1885–2025; 2110–2200
Скорость передачи данных, кбит/с	250	721	11000/54000	500	14,4/171/473	144/384/2048
Дальность связи, м	200	класс 1 - 100;	100	1000	во всей зоне покрытия	во всей зоне покрытия
Потребление тока, active мА/sleep мкА	30/1	70/20	450	30/1	350/3500	350/3500
Модуляция, доступ к среде	DSSS	FHSS	DSSS	FHSS	TDMA/ FDMA	TDMA/ FDMA/CDMA
Частотный диапазон, МГц	2400–2483	2400–2483	2412–2484	434/868	900/1800	1885–2025; 2110–2200



**Закключение.** Представленный обзор технологий передачи данных для *IoT* позволяет выбрать протокол для *IoT*, исходя из их стоимости и функциональных возможностей. Многие из рассмотренных протоколов были разработаны и стандартизированы *IETF*, *IEEE*, *ITU* и другими организациями, а многие другие все еще находятся в разработке. Обсуждение было достаточно кратким из-за большого количества информации по данному направлению. Поставленная цель проведенных аналитических исследований состояла в том, чтобы ознакомить разработчиков и поставщиков услуг представлением об альтернативных для различных уровней протоколов в *IoT* и предоставить рекомендации по их выбору. Кратко рассмотрены различные протоколы передачи данных с указанием их основных различий и возможностей при доступе к среде Интернета вещей. Эти протоколы в основном разработаны *IEEE*, *ITU* или другими организациями по стандартизации беспроводной связи.

Среди них в *IoT* наиболее широко используются стандарты *Bluetooth* и *ZigBee*. Показано, что некоторые провайдеры и рынки *IoT* в поиске более надежных и защищенных технологий будут использовать *HomePlug* для подключения к локальной сети. Недавно появившийся протокол *LoRaWAN* предполагается использовать для применения в системах дальнего действия (удаленные системы) [18-20].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Фрайден, Дж. Современные датчики. Справочник / Дж. Фрайден: пер. Ю.А. Заболотной под редакцией Е.Л. Свиноца. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
2. Портал о современных технологиях мобильной и беспроводной связи [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <http://1234g.ru/novosti/iiot-v-rossii-i-mire> (дата обращения 1.08.2021 г.).
3. Официальный сайт ОАО НИИФИ – Режим доступа : <http://www.niifi.ru>, свободный. – Яз. рус..
4. Официальный сайт BD Sensors GmbH – Режим доступа : <http://www.bdsensors.de>, свободный. – Яз. нем.
5. Гусев, Д.В. Микроэлектронные преобразователи давления для средств регулирования и мониторинга технологических процессов в энергосберегающих системах // Датчики и системы. – 2011. – №4. – С. 49-52.
6. Официальный сайт Keller Group GmbH – Режим доступа : <http://www.keller-druck.com>, свободный.
7. Официальный сайт Kulite Semiconductor Inc – Режим доступа : <http://www.kulite.com>, свободный.
8. Официальный сайт ЗАО МИДАУС – Режим доступа : <http://www.midaus.com>, свободный.
9. Официальный сайт ПГ МЕТРАН – Режим доступа : <http://www.metrans.ru>, свободный.
10. Russia Internet-of-Things Market 2019–2023 Forecast [https://www.idc.com/cis/research/published\\_reports?document=EUR243934519](https://www.idc.com/cis/research/published_reports?document=EUR243934519)
11. П. Зараменских, И. Артемьев Интернет вещей. Исследование и область применения Изд-во Инфра-М 2021, – 188 с.
12. J. Security for the internet of things: A survey of existing protocols and open research issues / J. Granjal, E. Monteiro, J. Sa Silva // IEEE Communications Surveys Tutorials. – 2015. – Vol. 17, No. 3. – P. 1294-1312.
13. V. Karagiannis, P. Chatzimisios, F. Vazquez-Gallego, and J. Alonso-Zarate, “A survey on application layer protocols for the internet of things,” in *Transaction on IoT and Cloud Computing*, vol. 3, no. 1, 2015, pp. 11-17.
14. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. MohaYammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, “Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols and applications,” in *IEEE Communications Surveys Tutorials*, vol. 17, no. 4, 2015, pp. 2347-2376.
15. J. Decuir, “Bluetooth 4.0: Low Energy,” 2010, <https://californiainfoconsultants.org/wp-content/uploads/2014/05/CNSV-1205-Decuir.pdf>, (accessed February 24, 2017).
16. C. Gomez, J. Oller, and J. Paradells, “Overview and evaluation of Bluetooth low energy: An emerging low-power wireless technology,” in *Sensors*, vol. 12, no. 9, 2012, pp. 11734-11753.
17. Zigbee, “Zigbee resource guide,” 2016, [http://www.nxtbook.com/nxtbooks/webcom/zigbee\\_rg2016/#/0](http://www.nxtbook.com/nxtbooks/webcom/zigbee_rg2016/#/0), (accessed February 24, 2017).
18. N. Sornin, M. Luis, T. Eirich, T. Kramp, and O. Hersent, “Lorawan specification,” LoRa Alliance, January 2015, <https://www.loraalliance.org/portals/0/specs/LoRaWAN%20Specification%201R0.pdf>, (accessed February 24, 2017).
19. Poole, “Weightless wireless — m2m white space communications-tutorial,” 2014, <http://www.radioelectronics.com/info/wireless/weightless-m2m-white-space-wireless-communications/basics-overview.php>, (accessed February 24, 2017).
20. EnOcean – The World of Energy Harvesting Wireless Technology,” 2015, <https://www.enocean.com/en/technology/white-papers/>, (accessed February 24, 2017).
21. Михайлов П.Г., Аналиева А.У., Ломтев Е.А. и др. Разработка концепции создания и функционирования системы мониторинга селеопасности в горных и предгорных районах // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль 2016. – № 1. – С. 15-23.

Статья поступила в редакцию 15.09.2021

Статья принята к публикации 07.12.2021