

АРХИТЕКТУРЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Т. А. Москаленко¹, Р. В. Киричек^{1*}, А. С. Бородин²

¹ СПбГУТ, Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

² ПАО «Ростелеком», Российская Федерация

* Адрес для переписки: kirichek@sut.ru

Аннотация

В настоящий момент экосистема промышленного Интернета Вещей (IIoT) находится на стадии формирования, которая характеризуется решениями в рамках отдельно взятых компаний. Вывод промышленного Интернета Вещей на государственный уровень подразумевает переход к цифровой экономике, а именно к цифровизации производства. На сегодняшний день осуществлению этого процесса мешают многие факторы, главной проблемой является отсутствие единых стандартов взаимодействия различных платформ IIoT. **Предмет исследования.** Статья посвящена существующим архитектурам промышленного Интернета Вещей. **Метод.** Рассмотрены стандарты IIC, ISO/IEC, МЭК, произведен анализ фреймворка и функций элементов, представленных архитектурных решений. **Основные результаты.** Произведено сравнение существующих архитектурных решений с точки зрения пригодности к использованию при построении сети промышленного Интернета вещей, элементы которой работают по различным правилам и протоколам. **Практическая значимость.** Проведенный сравнительный анализ может служить основой для создания новых стандартов взаимодействия систем промышленного Интернета Вещей.

Ключевые слова

M2M, IoT, промышленный Интернет Вещей, референсная архитектура.

Информация о статье

УДК 004.72

Язык статьи – русский.

Поступила в редакцию 23.11.17, принята к печати 01.12.17.

Ссылка для цитирования: Москаленко Т. А., Киричек Р. В., Бородин А. С. Архитектуры промышленного Интернета Вещей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Том 5. № 4. С. 49–56.

THE ARCHITECTURE OF INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS

T. Moskalenko¹, R. Kirichek^{1*}, A. Borodin²

¹ SPbSUT, St. Petersburg, 193232, Russian Federation

² PJSC Rostelecom, Russian Federation

* Corresponding author: kirichek@sut.ru

Abstract—Now the ecosystem of industrial Internet of things (IIoT) is at the stage of formation, which is characterized by decisions within the framework of individual companies. The withdrawal of the industrial Internet to the state level implies a transition to a digital economy, namely, the digitization of production. To date, this process is hindered by many factors, and the main problem is the lack of common standards for interaction of various IIoT platforms. **Research subject.** The article is devoted to the existing architecture of the industrial Internet of things. **Method.** The standards IIC, ISO/IEC, IEC, the analysis of the framework and the functions of the elements of architectural solutions are considered. **Core results.** A comparison of various architectural solutions is made from the point of view of suitability for use in constructing networks used in various rules and protocols. **Practical relevance.** The comparative analysis can serve as a basis for creating new standards for the interaction of industrial Internet systems.

Keywords—M2M, IoT, industrial Internet of Things, reference architecture.

Article info

Article in Russian.

Received 23.11.17, accepted 01.12.17.

For citation: Moskalenko T., Kirichek R., Borodin A.: The architecture of industrial Internet of Things // Telecom IT. 2017. Vol. 5. Iss. 4. pp. 49–56 (in Russian).

В настоящее время концепция Интернета Вещей в целом согласовывается как основное направление развитие сетей связи для горизонта планирования в среднесрочной перспективе (до 2020 г.) и долгосрочной перспективе (до 2025 г.)¹. Критическая важность этой концепции заключается в том, что ее широкое распространение реализация кардинально изменит как количественные, так и качественные характеристики сетей связи [1, 2].

В настоящее время прослеживается отставание России от ведущих европейских стран в вопросе производительности труда. Инструменты промышленного Интернета Вещей могут стать одним из факторов, способных сократить данное отставание.

Ключевым фактором, препятствующим развитию промышленного Интернета Вещей в России, является отсутствие единых стандартов IIoT. В России функционируют различные структуры, развивающие концепцию Интернета Вещей. Однако если они будут действовать разрозненно, то это замедлит ее реализацию. В связи с этим, необходима разработка единых стандартов и требований к исследованиям, технологиям, их безопасности и эксплуатации. Важно

¹ Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» – распоряжение № 1632-р о 28 июля 2017 года.

предусмотреть совместимость новых технологий с уже существующими ИТ-системами. При возникновении разногласий все участники понесут материальные и временные затраты.

Учитывая опыт развития сетей цифровой связи, а затем сетей пакетной связи, хорошо известно, что одна из самых сложных проблем стабильной работы сетей связи является проблема совместимости систем и устройств, образующих эти сети. Кроме того, часто случается, что совместимость влияет на фактические процессы предоставления услуг, которые, даже находясь в условиях стабильной производительности сети, не могут быть обеспечены из-за несовместимости на уровне обслуживания [3].

Формированием концепции Интернета Вещей (IoT) в России занимается несколько общественных и государственных компаний. Например, Национальная ассоциация участников рынка промышленного интернета (НАПИ), Ассоциация интернета Вещей, Российская ассоциация Интернета Вещей. Интернет Вещей носит всеобъемлющий характер, следовательно, в его развитии должны принимать участие все участники рынка для будущего массового использования различных платформ IoT. Роль каждой группы представлена в таблице.

Таблица.

Роль участников рынка в развитии IoT в России

	Потребители	Поставщики	Государство
Роль участника рынка	<ul style="list-style-type: none"> – повышение эффективности экономики; – стимулирование модернизации экономики; – наращивание спроса на IoT. 	<ul style="list-style-type: none"> – развитие области ИКТ; – повышение конкурентоспособности отечественной экономики. 	<ul style="list-style-type: none"> – создание стимулирующих развитие IoT условий; – поддержка IoT-проектов; – стимулирование спроса на IoT-технологии.
Инструменты реализации	<ul style="list-style-type: none"> – модернизация производства; – использование новых бизнес-моделей. 	<ul style="list-style-type: none"> – разработка IoT-платформ, сервисов и приложений; – построение IoT-сетей. 	<ul style="list-style-type: none"> – разработка нормативно-правовой базы; – формирование программ развития IoT; – инвестиционная поддержка.

При обсуждении рынка промышленного Интернета Вещей (*Industrial Internet of Things*, IIoT) часто происходит отождествление этого технологического явления с решениями, поддерживающими межмашинное взаимодействие (*machine-to-machine*, M2M), такими как телеметрия или наблюдения за состоянием производственных объектов. Решения в этой области существуют достаточно давно и активно используются в машиностроении, транспорте, энергетике, добыче полезных ископаемых, торговле и логистике. Технологии M2M используются в системах физической безопасности и наблюдения. Эти решения имеют ярко выраженную индустриальную принадлежность и представляют собой закрытые системы, часто реализуемые на специальном оборудовании со встроенным программным обеспечением. M2M-решения являются важной частью рынка Интернета Вещей. Уже сегодня компании, использующие их, демонстрируют результаты оптимизации своих бизнес-процессов. Это является хорошей стартовой площадкой для развития в компаниях полноценных решений,

основанных на технологиях IIoT. Использование M2M позволяет получить достаточное количество надежной информации для принятия решений, но требует человеческого участия для осуществления последующих операций [4, 5].

Процесс перехода от M2M к IIoT подразумевает, что информация, полученная в ходе интеллектуального анализа данных, позволит быстрее и надежнее принимать решения, влиять на процессы без привлечения человека. Именно аналитика большого количества данных, которые создаются различными устройствами, выводит оптимизацию процесса на другой уровень. Аналитическая система в составе IIoT проводит анализ данных и понимает, какое действие нужно предпринять. Большое количество рутинных процессов (например, мониторинг данных с объекта и осуществление действий на основании этих данных) может происходить автоматически и существенно влиять на производительность и оптимизацию операционной деятельности. Интернет Вещей сегодня представляет собой сеть слабо связанных между собой разрозненных сетей, каждая из которых имеет свое специфическое назначение [6]. Для каждого типа взаимодействия между сетями используются свои стандарты передачи данных (например, CoAP, ETSI SmartM2M, MQTT, LWM2M). По мере развития Интернета Вещей разрозненные сети будут объединяться в связную сеть, и стимулировать унификацию и стандартизацию протоколов и коммуникационных решений [7].

Согласно публикации Промышленного Интернет Консорциума² референсная архитектура Интернета Вещей служит шаблоном для разработки различных систем Интернета Вещей (IIoT в частности). Схема референсной архитектуры IIC представлена на рис. 1.

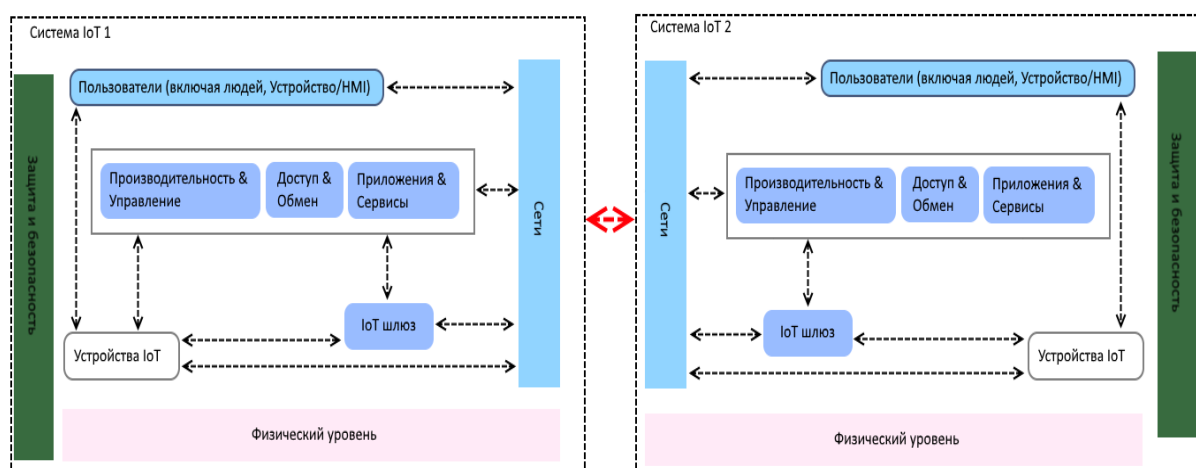


Рис. 1. Архитектура Интернета Вещей согласно IIC

Все стадии развития Интернета Вещей и взаимодействия между системами поддерживаются комплексным набором технологий и решений от большого количества поставщиков, входящих в экосистему рынка индустриального Интернета Вещей. С точки зрения технологий, индустриальный Интернет Вещей включает в себя следующие компоненты:

- устройства и датчики, способные фиксировать события, собирать, анализировать данные и передавать их по сети;

² Industrial Internet of Things Consortium Reference Architecture vol.1.7, 06/2015.

- средства связи – гетерогенная сетевая инфраструктура, объединяющая разнородные каналы связи – мобильные, спутниковые, беспроводные (Wi-Fi) и фиксированные;
- платформы для промышленного Интернета Вещей от различных ИТ-поставщиков и промышленных компаний, предназначенные для управления устройствами и связью, приложениями и аналитикой.
- приложения и аналитическое ПО – слой программного обеспечения, отвечающий за аналитическую обработку данных, создание предсказательных моделей и интеллектуальное управление устройствами;
- решения по безопасности, отвечающие не только за информационную безопасность всех компонентов решения, но и за безопасность операционного процесса.

ISO (Международная организация по стандартизации) и IEC (Международная электротехническая Комиссия) создали совместный технический комитет – ISO/IEC JTC 1 в области информационных технологий и сформировали собственный стандарт³, описывающий архитектуру Интернета Вещей (рис. 2).

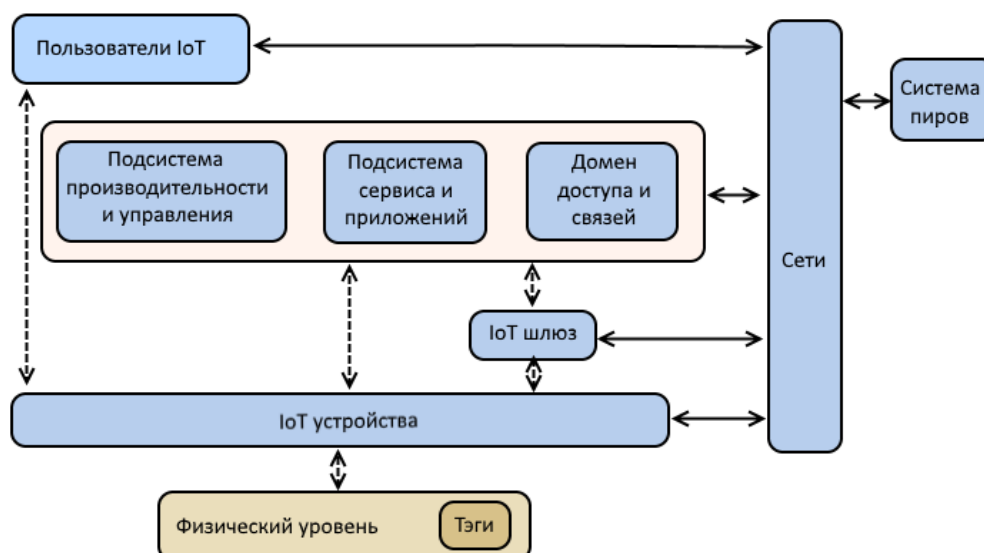


Рис. 2. Архитектура Интернета Вещей согласно ISO/IEC

Архитектура, представленная в документе ISO/IEC, является нейтральной точкой для определения стандартов Интернета Вещей, которую можно рассматривать как структурированную схему для разработки систем Интернета Вещей. Данная архитектура подразумевает открытость и прозрачность создания систем IIoT и разработана специально с учетом всех участвующих во взаимодействии сторон, включая производителей программного и аппаратного обеспечения, пользователей, операторов сети. На основе данной архитектуры планируется создание ряда стандартов, описывающих каждую подсистему.

Кроме того, модель IIoT является частью эталонной модели Интернета Вещей, представленной в рекомендации МСЭ Y.4000/Y.2060⁴. Эта модель включает в себя четыре уровня, а также возможности управления и возможности

³ ISO/IEC 21823-1 IoT – Interoperability for Internet of Things Systems – Part 1: Framework.

⁴ Рекомендация МСЭ-T Y.4000/Y.2060. Обзор Интернета Вещей. 2012.

обеспечения безопасности, связанные с этими уровнями. На рис. 3 изображена эталонная модель Интернета Вещей с четырьмя уровнями: уровень устройств, уровень сети, уровень поддержки услуг и поддержки приложений, и уровень приложения.



Рис. 3. Эталонная модель Интернета Вещей согласно МСЭ Y.4000/Y.2060

Уровень устройства включает в себя функциональность устройств и шлюзов связи. Уровень сети обеспечивает инкапсуляцию данных устройства. Этот слой включает функциональные возможности организации сетей (функции управления, мобильности, аутентификации, авторизации и учета) и транспортировки данных. Уровень поддержки услуг и поддержки приложений включает в себя две группы возможностей: общие и специальные. Общие возможности, могут использоваться и одновременно различными приложениями IIoT, например, обработка и хранение данных. А специальные возможности поддержки предназначены для удовлетворения индивидуальных требований разнообразных приложений. Уровень приложения, самый высокий иерархический уровень, включает приложения IIoT. Вертикальный уровень управления – сквозной слой, включающий в себя как общие, так и прикладные функции, специфичные для домена. Аналогично уровню управления, вертикальный уровень безопасности, включает в себя как общие, так и прикладные функции, специфичные для домена. Общая функциональность обычно относится к функциям, связанным с авторизацией, аутентификацией, целостностью и конфиденциальностью на всех уровнях, конфиденциальностью на уровне приложения, защищенной маршрутизацией на сетевом уровне, контролем доступа на всех уровнях и так далее.

Таким образом, видно, что различные организации в настоящее время заинтересованы в появлении общего стандарта взаимодействия сетей Интернета Вещей. Существующие стандарты для M2M решений решают большинство проблем и освещают множество аспектов сети, но не отвечают в полной мере требованиям промышленного Интернета Вещей. Внедрение промышленного Интернета Вещей оказывает значительное влияние на экономику отдельных компаний

и страны в целом, способствует повышению производительности труда и росту валового национального продукта, положительным образом сказывается на условиях труда сотрудников и их профессиональном росте. Необходимо разрабатывать стандарты с учетом использования сети Интернет, требований к совместимости протоколов для IIoT, рекомендаций для платформ и устройств IIoT.

Литература

1. Кучерявый А. Е., Прокопьев А. В., Кучерявый Е. А. Самоорганизующиеся сети. СПб.: Любавич. 2011. 312 с.
2. 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.
3. Geng H. The Industrial Internet of Things (IIoT), in Internet of Things and Data Analytics Handbook , 1, Wiley Telecom. 2017. p. 816.
4. Volkov A., Muhathanna A., Pirmagomedov R., Kirichek R. SDN Approach to Control Internet of Thing Medical Applications Traffic // Communications in Computer and Information Science. 2017. Vol. 700. pp. 467–476.
5. Кучерявый А. Е., Маколкина М. А., Киричек Р. В. Приложения дополненной реальности в летающих сенсорных сетях // Материалы Десятых научных чтений памяти А. С. Попова, посвященных Дню радио — празднику работников всех отраслей связи «Связь в революциях. Революции в связи». 2017. С. 168–171.
6. Кучерявый А. Е. Интернет Вещей // Электросвязь. 2013. № 1. С. 21–24.
7. Serpanos D., Wolf M. Internet of Things (IoT) Systems. Architectures, Algorithms, Methodologies. Springer International Publishing. 2018. pp. 37–54.

References

1. 2. Koucheryavy A., Prokopiev A., Koucheryavy Y. Self-Organizing Networks. SPb.: Lyubavich. 2011. 312 p.
2. 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.
3. Geng H. The Industrial Internet of Things (IIoT), in Internet of Things and Data Analytics Handbook , 1, Wiley Telecom. 2017. p. 816.
4. Volkov A., Muhathanna A., Pirmagomedov R., Kirichek R. SDN Approach to Control Internet of Thing Medical Applications Traffic // Communications in Computer and Information Science. 2017. Vol. 700. pp. 467–476.
5. Koucheryavy A., Makolkina M., Kirichek R. Applications of Augmented Reality in Flying Ubiquitous Sensor Networks // Materials of the 10th Scientific Readings in memory of A. S. Popov, dedicated to the Day of Radio – The Holiday of Workers of all Branches of Communications «Communication in Revolutions. Revolutions in Communication». 2017. pp. 168–171.
6. Koucheryavy A. Internet of Things // *Electrosvyaz*. 2013. No. 1. pp. 21–24.
7. Serpanos D., Wolf M. Internet of Things (IoT) Systems. Architectures, Algorithms, Methodologies. Springer International Publishing. 2018. pp. 37–54.

Москаленко Татьяна Андреевна

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

Киричек Руслан Валентинович

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

Бородин Алексей Сергеевич

– кандидат политических наук, представитель РФ в Международном союзе электросвязи, ПАО «Ростелеком», Российская Федерация, alexey.borodin@rt.ru

Moskalenko Tatyana

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

Kirichek Ruslan

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

Borodin Alexey

– Candidate of Political Sciences, the representative of the Russian Federation in the International Telecommunication Union, PJSC Rostelecom, Russian Federation, alexey.borodin@rt.ru