

EDN: VMJLPY

УДК 502.2–047.36:004.773.6

Some Features of the Modern Concept of the Internet of Things

Nadyrbek R. Yusupbekov, Shuxrat M. Gulyamov,
Ulugbek T. Muxamedxanov and Zokir Zh. Kuziev*

*Tashkent State Technical
University named after Islam Karimov
Tashkent, Republic of Uzbekistan*

Received 11.02.2023, received in revised form 21.06.2023, accepted 07.07.2023

Abstract. The analysis and directions of development of the theory and practice of developing information technology for monitoring the parameters of the surrounding air environment on the basis of the modern concept of the Internet of Things, taking into account the a priori uncertainty of information sources, are carried out. The principles of constructing technological solutions and directions for the development of systems for monitoring the environment of industrial zones are analyzed and the expediency of constructing mathematical models, methods and algorithms for communication protocols of WSN wireless communication networks with random access and corresponding monitoring information technologies to ensure high performance, quality and survivability of their functioning is substantiated.

Keywords: air monitoring, industrial area, wireless data transmission system, Internet of things concept, a priori uncertainty.

Citation: Yusupbekov, N. R., Gulyamov, Sh. M., Muxamedxanov, U. T. and Kuziev, Z. Zh. Some features of the mo of the internet of things. J. Sib. Fed.Univ. Eng. & Technol., 2023, 16(5), 636–643. EDN: VMJLPY



Некоторые особенности современной концепции интернета вещей

**Н. Р. Юсупбеков, Ш. М. Гулямов,
У. Т. Мухамедханов, З. Ж. Кузиев**

*Ташкентский государственный технический университет
имени Ислама Каримова
Республика Узбекистан, Ташкент*

Аннотация. Даны анализ и направления развития теории и практики разработки информационной технологии мониторинга параметров окружающей воздушной среды на базе современной концепции интернета вещей с учетом априорной неопределенности источников информации. Изучены принципы создания технологических решений и направлений развития систем мониторинга окружающей среды промышленных зон, обоснована целесообразность построения математических моделей, методов и алгоритмов коммуникационных протоколов беспроводных сетей связи WSN со случайным доступом и соответствующих информационных технологий мониторинга для обеспечения высокой производительности, качества и длительности их функционирования.

Ключевые слова: мониторинг воздушной среды, промышленная зона, беспроводная система передачи данных, концепция интернета вещей, априорная неопределенность.

Цитирование: Юсупбеков Н. Р. Некоторые особенности современной концепции интернета вещей / Н. Р. Юсупбеков, Ш. М. Гулямов, У. Т. Мухамедханов, З. Ж. Кузиев. Журн. Сиб. федер. ун-та. Техника и технологии, 2023, 16(5). С. 636–643. EDN: VMJLPY

Введение

Современное развитие электроники, информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) обусловило реализацию идеи измерений, контроля и диагностики необходимых физических величин окружающей среды, технологических процессов промышленных производств и т.д. Такой обширный объем применений измерительной техники требует решений, относящихся к сбору, передаче и обработке информации. Разрабатываются и внедряются сетевые решения на базе опыта реализации ИКТ в концепции интернета вещей (IoT), представляющие собой вычислительные сети физических предметов (т.е. собственно вещей). В этих решениях доминируют детерминистические методы доступа к функционированию сети. Количество решений достаточно велико и разнообразно: сети LAN, MAN, WAN, WLAN, Wi-Fi, мобильная телефония, Bluetooth, ZigBee и т.д.

Особенности современной концепции интернета вещей

Современная концепция интернета вещей (IoT) предусматривает коммуникацию объектов, использующих технологии для взаимодействия между собой и с окружающей средой, без вмешательства и влияния человека [1]. Следовательно, все устройства в различных системах инфраструктуры (в том числе и в критической) должны выполнять обработку информации, ее анализ и обмен между собой и в зависимости от результатов принимать решения и выполнять определенные действия. Фактически IoT может служить эффективным инструментом для принятия управленческих решений [2].

Интернет вещей, являясь одной из самых перспективных технологий последних лет, уже сегодня создает ряд новых продуктов и приводит к появлению новых ИТ-компаний. Во многих домах уже установлены системы «умного дома», в которые встроены десятки сенсоров Io T.

Концепция IoT впервые была сформулирована еще в 1999 году, а сегодня это один из главных мировых трендов. Любые даже ныне функционирующие устройства могут становиться частью IoT и выполнять новые функции. Таким образом, интернет вещей считают двигателем четвертой индустриальной революции [1].

Фактически количественный переход от так называемого интернета людей к IoT произошел в 2008–2009 годы: именно в это время количество IoT-устройств превысило количество интернет-пользователей, поэтому мир постепенно перешел в новую фазу развития технологий – фазу Io T.

Аналитики, в ближайшие годы ожидали настоящего бума IoT – к 2020 году количество подключенных к интернету устройств должно было составить 26 миллиардов, а доход от продаж оборудования, программного обеспечения (ПО) и услуг составить 1,9 трлн долларов. Эти ожидания подтвердились с лихвой.

Крупнейшие мировые ИТ-компании, в частности Intel, Google, IBM и др., уже начали масштабную работу на рынке IoT и заняли свою лидерскую нишу в этом направлении. Например, компания Intel в 2014 году создала собственное подразделение под названием «Internet of Things Solutions Group» для развития Io T. Другая известная корпорация Google в начале 2014 года за 3,2 млрд долларов купила небольшую фирму Nest Labs, занимающуюся выпуском интеллектуальных термостатов. Специалисты Google занимаются широким внедрением на рынке технологий IoT различного назначения.

Примером внедрения IoT служит система «умный дом», одной из функций которого является контроль параметров окружающей среды в зависимости от температуры в контексте экономии энергоносителей. Данная концепция подразумевает использование привычных в быту, но ставших интеллектуализируемыми приборов [1]: термостатов, систем видеонаблюдения и сигнализации, холодильников, морозильных камер, телевизоров и т.д.

Такие технологии используют децентрализованные беспроводные сенсорные сети WSN, и в современных домах уже можно увидеть множество таких систем, появляются все новые сервисы – удаленное наблюдение через смартфон за собственной квартирой, автоматические климат-системы зданий (для дома, офиса, склада и т.п.). Основные функции таких систем – безопасность и оптимальное использование энергоресурсов.

Кроме того, важной функцией IoT является облегчение повседневной жизни людей. В качестве примера можно отметить разработку компании Edyn – универсальный садовый прибор, предоставляющий пользователю точные сведения об уровне влажности, интенсивности света, температуре верхних слоев почвы, его насыщенности минеральными веществами и т.д. В отличие от аналогов эти сенсоры абсолютно автономны с точки зрения питания – электроэнергию они получают от встроенной солнечной батареи, а результаты измерений передают через Wi-Fi на собственный облачный сервис. Как следствие, владелец имеет доступ к статистике из любой точки планеты, где есть доступ в интернет.

Также значительный интерес IoT представляет для мониторинга движущихся объектов, в первую очередь для автомобильного транспорта. Это позволяет диагностировать работу ав-

томобилей в процессе эксплуатации, предупреждать возможные аварийные ситуации, заказывать запасные части, а также рекомендации по поиску необходимой станции и устанавливать время обслуживания транспортного средства [1].

В результате анализа нормативных документов и научных публикаций [3, 4, 5–10, 11, 12–20], [3–20] установлено, что концепция IoT имеет три взаимосвязанные базовые проблемы:

- обеспечение информационной безопасности (IoT Security);
- масштабирование растущего объема технических устройств и данных (IoT Scalability);
- учет требований к снижению энергопотребления (IoT Technical Solutions and Low-Power Consumption).

Также проведен анализ протоколов для решения задач IoT [5–10]:

- MQTT: протокол для сбора данных устройств и передачи их серверов (D 2S). Легкий и простой протокол обмена сообщениями, реализуемый так называемую модель «публикация/подписка» и предназначенный для связи компьютеризированных устройств, подключенных к локальной или глобальной сети, между собой, и различными общественными или частными веб-сервисами.

- XMPP: протокол для соединения устройств с людьми, частный случай D 2S-схемы, когда люди соединяются с серверами. Расширяющийся протокол обмена сообщениями и информацией о присутствии. Он был разработан для системы мгновенного обмена сообщениями для связи между людьми посредством текстовых сообщений.

- DDS (Data Disturbing Service): быстрая шина для интегрирования интеллектуальных устройств (D 2D);

- AMQP: система организация очередей для соединения серверов между собой (S 2S). Усовершенствованный протокол организации очереди сообщений, который иногда рассматривают как протокол Io T. Как следует из названия, AMQP обслуживает исключительно очереди. Он пересылает транзакционные сообщения между серверами. Этот протокол в качестве ориентированного на сообщение промежуточного ПО был создан для банковской отрасли и способен обрабатывать тысячи организованных транзакций в очередь.

Экосистема типовой мультиуровневой архитектуры IoT должна соответствовать международному стандарту ITU-T Y. 2060 «Overview of the Internet of Things» [21] и других современных научных публикаций [22–33].

Широкому внедрению интернета вещей препятствуют сложные технические и организационные проблемы, в частности, связанные со стандартизацией. Единых стандартов для интернета вещей пока нет, что усложняет возможность интеграции предлагаемых на рынке решений и во многом сдерживает появление новых. К факторам, замедляющим развитие интернета вещей, следует отнести сложности перехода существующего интернета к новой, 6-й версии сетевого протокола IP, прежде всего, необходимость больших финансовых затрат со стороны телекоммуникационных операторов и провайдеров услуг на модернизацию своего сетевого оборудования.

Цель работы состоит в анализе коммуникационных протоколов, которые могут быть использованы в концепции IoT: определение их преимуществ и недостатков, обоснование особенностей их применения для конкретных нужд.

Указанные недостатки IoT негативно влияют на ее базовые функции, в частности, ее применение для мониторинга, кроме проблем безопасности, сталкивается с проблемой возникновения коллизий во время масштабирования, а также высокими энергетическими потребностями известных решений, которые в подавляющем большинстве являются детерминистическими.

В табл. 1 сведены преимущества и недостатки беспроводных технологий, которые могут быть использованы в концепции ИIoT, а также в области их потенциального применения.

Таблица 1. Преимущества и недостатки технологий, которые могут быть использованы в концепции IoT
Table 1. Advantages and disadvantages of technologies that can be used in the IoT concept

| Технические характеристики | Wi-Fi | Wi-Fi HaLow | ZigBee | LoRaWAN | Z-Wave | Bluetooth LE |
|--|----------------|-----------------------|-------------------|--------------------------------|---------------|---------------|
| Стандарт | IEEE 802.11 | IEEE 802.11 ah | IEEE 802.15.4 | LoRaWAN | Z-Wave | Bluetooth 4.0 |
| Частота | 2,4 ГГц, 5 ГГц | 900 МГц | 915 МГц / 2,4 ГГц | 863–870 МГц | 900 МГц | 2,4 ГГц |
| Дальность действия | До 100 м | До 1 км | 100 м / Mesh | 2–5 км в городе; до 15 км поза | 30 м / Mesh | 80 м |
| Скорость передачи | 7 Гбит/с | 50 кбит/с – 18 Мбит/с | 250 кбит/с | 290 бит/с – 50 Кбит/с | 10–100 кбит/с | < 1 Мбит/с |
| Энергопотребление | Высокое | Пониженное | Низкое | Низкое | Низкое | Низкое |
| Масштабируемость | Да | Да | Да | Да | Ограниченный | Да |
| Диапазон ISM | Да | Да | Да | Да | Да | Да |
| Аутентификация | Да | Да | Да | Да | Да | Проблематично |
| E2E шифрование | Да | Да | Да | Да | Да | Да |
| Стоимость оборудования | Высокая | Высокая | Низкая | Низкая | Высокая | Низкая |
| Местонахождение сенсора известно | Да | Да | - | Да | - | Нет |
| Полная двунаправленность | Да | Да | Да | Да, в зависимости от режима | Да | Да |
| Поддержка сенсоров, которые двигаются между хабами | Да | Да | Да | Да | Да | Да |

Заключение

Таким образом, рассмотрена актуальная и востребованная научно-техническая задача разработки информационной технологии мониторинга параметров окружающей воздушной среды промышленной зоны в современной концепции интернета вещей с учетом априорной неопределенности источников информации, и возможности возникновения кризисных ситуаций.

Выполнен анализ принципов построения технологических решений и направлений развития теории и практики систем мониторинга в концепции интернета вещей. Выявлены недостатки известных подходов, и доказана необходимость создания математических моделей, методов, коммуникационных протоколов сетей WSN со случайным доступом и соответствующих информационных технологий для обеспечения высокой производительности, качества и живучести их функционирования.

Показано, что концепцию интернета вещей отличают три взаимосвязанные базовые проблемы: обеспечение информационной безопасности (Internet of Things Security); масштабирование растущего объема технических устройств и данных (Internet of Things Scalability), а также учет требований к снижению энергопотребления (Internet of Things Technical Solutions and Low-Power Construction).

Список литературы / References

- [1] Наконечный А.И. Верес С.Е. Интернет вещей и современные технологии. *Автоматика, измерение и управление*, 2016, 852, 3–9 [Nakonechny`j, A. I. Veres S. E. Internet veshhej i sovremennye`e tehnologii. *Avtomatika, izmerenie i upravlenie*, 2016, 852, 3–9].
- [2] <http://www.mate-expo.ru/ru/article/internet-veshcheyrealnost-ili-perspektiva>
- [3] Gnatyuk S., Sydorenko V., Polishchuk Yu., Kotelianets V. Analysis of modern approaches to security assessment of information resources for critical information infrastructure of the state». *Scientific and Practical Cyber Security Journal*, 2018, 2(4), 81–86.
- [4] ISO/IEC JTC 1/SC 41, *Internet of Things and related technologies*.
- [5] https://solace.com/blog/usecases/understanding-iot-protocols-matching-requirements-right-option?utm_source=adroll&utm_medium=cpc&utm_campaign=iot&utm_content=25
- [6] <http://www.mikrotik.kpi.ua/index.php/courses-list/iot/104-what-network-catch-things>
- [7] <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2060-201206-I>
- [8] http://wiki.kspu.kr.ua/index.php/Технологія_Bluetooth
- [9] Современные телекоммуникации: сети, технологии, безопасность, экономика, регулирование. Изд. 2. Киев: Азимут-Украина, 2013. 608 с. [Sovremennye`e telekommunikacii: seti, tehnologii, bezopasnost`, e`konomika, regulirovanie. Izd. 2. Kiev: Azimut-Ukraina, 2013. 608 s.]
- [10] Fahier N., Fang W.-C. An Advanced Plug-and-Play Network Architecture for Wireless Body Area Network Using HBC, ZigBee and NFC. *IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, 2014, 165–166.
- [11] <http://www.savepearlharbor.com/?m=201602&paged=59>
- [12] <http://www.sut.ru/doci/nauka/review/4-14.pdf>
- [13] Одарченко Р.С. Концепция сенсорной сети сбора метеорологических данных для системы регулирования излучаемой мощности радиопередающих устройств сотовых сетей. *Проблемы создания, испытания, применения и эксплуатации сложных информационных си-*

стем, 2013, 8, 53–61 [Odarchenko R. S. Konceptsiya sensornoj seti sbora meteorologicheskix dannyx dlya sistemy` regulirovaniya izluchaemoj moshhnosti radioperedayushhix ustrojstv sotovy`x setej. Problemy` sozdaniya, ispy`taniya, primeneniya i e`kspluatacii slozhny`x informacionny`x sistem, 2013, 8, 53–61].

[14] <http://www.lorawan.lace.io/lorawan-networks/>

[15] Раскрываем тайны 6LoWPAN. *Новости электроники*, 2015, 11, 30–36 [Raskry`vaem tajny` 6LoWPAN. *Novosti e`lektroniki*, 2015, 11, 30–36].

[16] <http://www.lorawan.lace.io/faqs/lora/>

[17] <http://www.electronicdesign.com/iot/understanding-protocols-behind-internet-things>

<https://www.rabbitmq.com/resources/specs/amqp0-8.pdf>

[18] https://www.eclipse.org/community/eclipse_newsletter/2014/february/article2.php

[19] Гепко И. А., Олейник В. Ф., Чайка Ю. Д., Бондаренко А. В. Современные беспроводные сети: состояние и перспективы развития. Киев, 2009. 672 с. [Gepko I. A., Olejnik V. F., Chajka Yu. D., Bondarenko A. V. *Sovremennye besprovodny`e seti: sostoyanie i perspektivy` razvitiya*. Kiev, 2009. 672 s.].

[20] <http://www.lessons-tva.info/articles/net/013.html>

[21] ITU-T Y. 2060 «*Overview of the Internet of Things*», 2012, 22 p.

[22] Pathan A. S. K.; Hyung-Woo Lee; Choong Seon Hong, Security in wireless sensor networks: issues and challenges. *Advanced Communication echnology (ICACT)*, 2006, 6

[23] Zia T., Zomaya A., Security Issues in Wireless Sensor Networks, *Systems and Networks Communications (ICSNC)*, 2006, – p.40.

[24] Perrig A., Stankovic J., Wagner D. *Security in Wireless Sensor Networks Communications of the ACM*, 2004, 53–57.

[25] Karlof Ch., Wagner D. Secure Routing in Wireless Sensor Networks: Attacks and Countermeasures. *AdHoc Networks*, 2003, 299–302.

[26] Hu Y., Perrig C., Johnson D. B. Packet leashes: a defense against wormhole attacks in wireless networks. *Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, 2003, 3, 1976–1986.

[27] [http://www.sibac.info/archive/technic/5\(31\).pdf](http://www.sibac.info/archive/technic/5(31).pdf)

[28] Blackert W. J., Gregg D. M., Castner A. K., Kyle E. M., Hom R. L. and Jokerst R. M. Analyzing interaction between distributed denial of service attacks and mitigation technologies. *Proc. DARPA Information Survivability Conference and Exposition*, 2003, 1, 26–36.

[29] Odarchenko R., Abakumova A., Tkalich O., Ustinov O. LTE and wireless sensor networks integration in the concept of "Smart Home". *4th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC)*, 2016, 35–38.

[30] Одарченко Р. С., Гнатюк С. А., Ткалич О. П. Архитектура современной защищенной информационно-коммуникационной сети аэропорта. *Защита информации*, 2015, 3 (17), 240–246 [Odarchenko R. S., Gnatyuk S. A., Tkalich O. P. *Arxitektura sovremennoj zashhishhennoj informacionno-kommunikacionnoj seti ae`roporta*. *Zashhita informacii*, 2015, 3 (17), 240–246].

[31] Александр М. Б., Корченко О. Г., Карпинский М. П., Одарченко Р. С. Исследование уязвимостей сенсорных подсетей архитектуры Интернета вещей к разным типам атак. *Безопасность информации*, 2016, 22(1), 12–19 [Aleksander M. B., Korchenko O. G., Karpinskij M. P.,

Odarchenko R.S. Issledovanie uyazvimostej sensory'x podsetej arxitektury' Interneta veshhej k razny'm tipam atak. *Bezopasnost' informacii*, 2016, 22(1), 12–19].

[32] Корченко О.Г., Александер М.Б., Одарченко Р.С., Наджи А.А., Петренко О.Ю. Анализ угроз и механизмов обеспечения информационной безопасности в сенсорных сетях. *Защита информации*, 2016, 18(1), 48–56 [Korchenko O. G., Aleksander M. B., Odarchenko R. S., Nadzhi A. A., Petrenko O. Yu. Analiz ugroz i mexanizmov obespecheniya informacionnoj bezopasnosti v sensory'x setyax. *Zashhita informacii*, 2016, 18(1), 48–56].