

В.А. ВИШНЯКОВ

МОДЕЛИ УСТРОЙСТВ И ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В СЕТЯХ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Республика Беларусь

Предметом исследований является анализ и определение информационной модели устройств, выбор технологий и протоколов сбора и анализа данных, протоколов маршрутизации для сетей Интернета вещей (IoT). Цель статьи – создание информационной модели IoT устройств, определение технологий и протоколов передачи и обработки данных и маршрутизации в системах Интернет вещей.

Построение информационной модели IoT-устройства включает определение источников данных и их форматов, создание модели и структуры данных, их анализ с помощью таких инструментов как: Eclipse Vorto ThingBoard, Ubodots IoT, Node-Red-UI, freeboard.io. Приведен пример описания модели устройств управления микроклиматом с использованием инструментария Eclipse Vorto.

Рассмотрены две основные технологии обработки данных от IoT устройств: IBM Watson IoT, Cisco IWF с примерами их применения. Обсуждены радиочастотная, инфракрасная, оптическая и гальваническая технологии для взаимодействия между устройствами сбора данных и передачи данных в сетях IoT с примерами их использования. Обсуждены области применения трех основных сетевых протоколов IoT: MQTT (большие корпоративные сети), CoAP (ограниченные сети в интернете), Bluetooth Low Energy (локальные сети без интернета с небольшим объемом данных). В качестве дополнительных протоколов для сетей могут использоваться Wi-Fi WebSockets, ZigBee, LoRA, Simple RF, XMPP, RFID, NFC. Обсуждены особенности использования протоколов маршрутизации в IoT сетях: RPL (с низким энергопотреблением), cognitive RPL (для интеллектуальных сетей), CARP (для сетей подводной связи), E-CARP (для многократного использования данных). Результаты исследований применяются для построения сети IoT анализа качества продукции.

Ключевые слова: информационная модель; устройства; технологии; протоколы; инструментарии сети IoT.

Введение

В сетях Интернета вещей (IoT) используются измерительные приборы, обеспечивающие преобразование информации о внешней среде в данные для дальнейшей обработки. Существует большой спектр устройств, от простых датчиков (температуры, давления, освещенности), устройств учета потребления или измерения (интеллектуальные счетчики) до сложных интегрированных измерительных систем [1, 2]. Компания Google разработала свою классификацию IoT-устройств для платформы Google Smart Assistant [3].

Чтобы смоделировать взаимодействие между устройством IoT и платформой IoT, необходимо абстрактное описание устройства в виде информационной модели. На основе модели может быть сгенерирован код на языке программирования, необходимом для платформы [1]. Под информационной моделью IoT-устройства следует понимать модель объекта, которая представлена в виде информации, описывающей основные параметры этого объекта и переменных, связи между ними, входы и выходы, и позволяющая моделировать возможные состояния объекта путем подачи входных данных в модель [3].

Создание информационной модели IoT устройств

Процесс построения информационной модели IoT-устройства включает определение источников персональных данных и их форматов, построение модели и структуры данных и их анализ. На рынке программных инструментов и средств имеются разработки, позволяющие разрабатывать такие модели, отслеживать и обрабатывать информацию с устройств IoT. Они имеют

особенности [2]: добавление информационной модели, отображение полученных данных в реальном времени в виде диаграмм, реализация передачи данных по протоколу Message Queuing Telemetry Transport (MQTT). Это продукты Eclipse Vorto, ThingBoard, Ubodots IoT, Node-Red-UI, freeboard.io [6].

Для каждого функционального блока определяется набор операций для выполнения и событий, которые он обрабатывает. Информационная модель функциональных блоков создается с использованием словарного языка спецификации (DSL) [1, 4].

Программный продукт Eclipse Vorto – это инструмент для создания информационных моделей для различных устройств IoT и генерации кода для различных типов платформ IoT [4]. Vorto решает проблему описания устройств Интернета вещей от разных производителей в виде информационных моделей [5]. Удобство использования компонентов Vorto заключается в том, что пользователи не ограничены форматами устройств IoT или платформ IoT. Vorto предлагает механизмы, позволяющие пользователям использовать генераторы кода, которые могут преобразовывать описание Vorto IoT-устройств в другие форматы [5]. Используются языки программирования Java и C++. Информационная модель устройства Vorto IoT содержит различные функциональные блоки, типы данных, единиц передачи (рисунок 1).

Функциональный блок обеспечивает абстрактное представление о необходимых функциях устройства IoT для использования с конкретным приложением. Таким образом, это согласованный набор функций. Соответствующий набор может быть связан с конкретным компонентом устройства, например, аккумулятором, датчиком или переключателем. Функциональные

блоки имеют атрибуты и операции. Функции, которые являются специфическими для устройства и не могут

быть смоделированы абстрактно, могут быть инкапсулированы в функциональный блок устройства [4, 5].

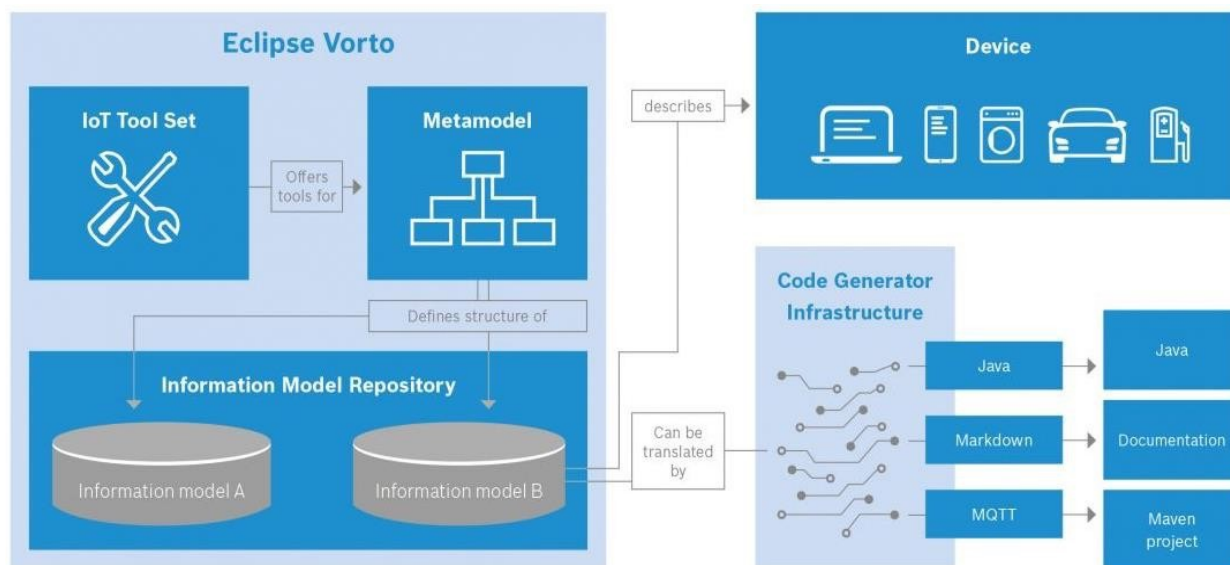


Рисунок 1 - Схема процесса создания информационной модели Eclipse Vorto

Приведем пример информационной модели устройства IoT для управления микроклиматом в комнате, созданный в Eclipse Vorto и состоящий из трех частей: описания датчика, типов данных и информационной модели устройства:

```
Functional temperature sensor unit:
functionblock TemperatureSensor {
    status {
        mandatory currentTemperature as
float with {
        measurementUnit :
TemperatureUnit.Celsius
    }
}
```

```
Generated Data Types (Listing):
description «Enum containing temperature measurement units.»
enum TemperatureUnit {
    Celsius «Measurement unit: degree celsius.»,
    Fahrenheit «Measurement unit: degree fahrenheit.»
}
```

```
The information model of the device for obtaining the data of the
environment conditions of the room:
infomodel EnvironmentState {
    functionblocks {
        humiditysensor as HumiditySensor
        temperaturesensor as TemperatureSensor
    }
}
```

Сетевые коммуникационные протоколы для сетей IoT

После завершения создания информационной

модели IoT-устройства и генерации кода для выбранной IoT-платформы необходимо определить протоколы подключения IoT-устройств к сети [1, 2]. Рассмотрим протоколы подключения устройств в сети ИВ [7, 8]:

1. MQTT. Транспортный протокол телеметрии очереди сообщений [2] был создан для мониторинга удаленных сенсорных узлов и разработан для экономии энергии и памяти. Протокол основан на коммуникационной модели Publish-Subscribe, в которой посредник отвечает за передачу сообщений клиентам MQTT. Он позволяет нескольким клиентам отправлять сообщения и получать обновления по различным темам с центрального сервера. Протокол MQTT работает на встраиваемых устройствах и мобильных устройствах платформы, одновременно подключаются к масштабируемым веб-серверам по проводным или беспроводным сетям. Он также хорошо подходит для мобильных приложений, работающих с небольшими объемами передаваемой информации. Высокую производительность и надежность протокола MQTT демонстрируют облачные платформы Amazon IoT, IBM Node-Red и другие [3].

2. Constrained Application Protocol (CoAP) предназначен для применения между устройствами в одной и той же ограниченной сети, между устройствами и общими узлами. Это протокол прикладного уровня, предназначенный для сетевых устройств IoT с ограниченным доступом, таких как узлы сетевых датчиков. Он может работать на большинстве устройств, поддерживающих протокол пользовательских дейтаграмм (UDP). В отличие от MQTT, CoAP не требует работы брокерского сервера. Что касается реализации, то проект Eclipse Californium охватывает реализацию протокола Java CoAP, включая поддержку безопасности Datagram Transport Layer Security (DTLS). Существует также проект MicroCoAP, который обеспечивает реализацию CoAP для Arduino [2, 9].

3. Bluetooth и Bluetooth Low Energy (BLE). Протокол Bluetooth обеспечивает беспроводную связь

через радиочастоту (спектр 2,4 ГГц в диапазоне ISM) с использованием стандарта, который первоначально использовался для обмена файлами между мобильными телефонами. Bluetooth, как правило, делится на две категории [2].

Bluetooth Classic предназначен для работы на высокоскоростных IoT-устройствах, например, для беспроводной передачи аудиоданных [3]. Bluetooth Smart или Low Energy/BLE предназначен для устройств IoT с низким уровнем заряда батареи, которые несут небольшие объемы пакетных данных.

Под Bluetooth следует понимать сетевой протокол, разработанный специально для ИВ, обеспечивающий стабильное соединение с низким энергопотреблением. Примером является соединение между Bluetooth и BLE смартфоном и фитнес-трекером. При постоянном подключении и небольшом заряде батареи трекера беспроводная передача данных находится на высоком уровне [10, 11].

4. Существует протоколы и отраслевые стандарты для подключения IoT-устройств, такие как Wi-Fi WebSockets, ZigBee, LoRA, Simple RF, Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP), Radio Frequency Identification (RFID), Near Field Communication (NFC) и др. Тем не менее, выбор должен основываться на требованиях системы IoT. Протокол MQTT эффективен при разработке больших корпоративных IoT-систем. В случае CoAP разработчик может создать свою собственную ограниченную сетевую среду и передавать информацию в Интернет через прокси-сервер. Если система не имеет подключения к Интернету и нет больших объемов передаваемых данных, то Bluetooth Low Energy может быть лучшим решением [12].

Технологии сбора и анализа данных с устройств Интернета вещей

Устройство захвата данных – это физическое устройство, которое имеет функции чтения/записи и способность взаимодействовать с физическими вещами. Устройство общего назначения имеет встроенные возможности обработки и связи и может обмениваться данными с использованием проводных или беспроводных технологий [1]. Сенсорные и исполнительные устройства взаимодействуют с физическими вещами в окружающей среде. Устройства сбора данных считывают / записывают данные о физических вещах, взаимодействуя с устройствами передачи данных или носителями данных [1].

Рекомендация Y. 2060 включает следующие технологии, используемые для взаимодействия между устройствами сбора данных и передачи данных или носителями данных: радиочастотная, инфракрасная, оптическая и гальваническая [2, 12].

Радиочастотная идентификация. INF инфракрасные метки используются в военных целях, медицинских и других средах, где необходимо отслеживать местоположение и передвижение людей. Пульты дистанционного управления, используемые дома или в других средах для управления электронными устройствами, также могут быть легко интегрированы в IoT;

Штрих-коды и коды быстрого реагирования (QR) могут служить примерами оптических носителей

данных. Примером гальванической могут служить медицинские имплантаты, использующие электропроводящие свойства человеческого организма [9]. В процессе связи между имплантатом и поверхностью тела гальваническая пара передает сигналы от имплантата к электродам. Эта схема требует очень мало энергии, что уменьшает размер и сложность имплантируемого устройства.

Последний тип устройств – устройства общего назначения. Они обладают способностью обрабатывать данные. Хорошим примером является технология «Умный дом», которая позволяет интегрировать практически любое устройство в сеть IoT для централизованного или удаленного управления [12].

Внутри компьютера или устройства связи расстояния между различными блоками слишком малы. Таким образом, обычной практикой является передача данных между подразделениями по отдельному проводу. Существуют параллельные и последовательные (последовательные) режимы передачи данных. Параллельный режим работы приводит к минимальным задержкам при передаче каждого сигнала.

В случае параллельной передачи все биты данных передаются одновременно на отдельные линии связи и линий используются для передачи n битов. Таким образом, каждый бит имеет свою собственную линию. Все n битов одной и той же группы передаются с каждым тактовым импульсом от одного устройства к другому, то есть с каждым тактовым импульсом передается несколько битов.

При последовательной передаче данных между двумя отдельными устройствами, особенно если расстояние превышает несколько километров, по соображениям стоимости более экономично использовать одну пару линий. Данные передаются по одному биту за раз, используя фиксированный интервал времени для каждого бита [6]. На стороне приемника полученные последовательные данные снова преобразуются в параллельную форму [1].

Технологии обработки данных

В настоящее время существует небольшое количество технологий обработки данных от IoT-устройств. Все они так или иначе интегрированы в конкретные устройства или платформы обработки данных. Рассмотрим несколько известных технологий обработки данных.

1. IBM Watson IoT – одна из известных технологий когнитивной обработки данных с устройств ИВ. Она включает средства в области машинного обучения и автоматической обработки данных, поступающих от нескольких сенсорных устройств. Также позволяет проводить комплексный анализ и обеспечивает автоматическую реакцию в соответствии с целями объекта [13]. Японская корпорация Panasonic объявила о своих планах использовать облачную платформу IoT Watson для интеграции своих датчиков и интеллектуальных устройств. Например, система безопасности не будет реагировать, если дети войдут во двор, в то время как она все еще будет эффективна в случае проникновения злоумышленника [14].

Компания North Star BlueScope Steel, произво-

датель прокатной стали для строительной отрасли, использует когнитивную технологию Watson IoT и собственные устройства для создания инновационных решений для защиты работников в экстремальных условиях. Работники, работающие в сложных производственных условиях, ежедневно подвергаются различным рискам: тепловым, химическим и токсическим воздействиям, открытому огню, механическому контакту с промышленным оборудованием. Компания может получить комбинацию температуры тела, ускоренного пульса и неживимости в течение нескольких минут, что может указывать на тепловой шок с возможным летальным исходом. Одни и те же показатели могут показаться незначительными, если брать их отдельно [3].

Во многих IoT-системах распределенная сеть IoT-устройств может генерировать большие объемы данных. Нефтяные месторождения и нефтеперерабатывающие заводы могут генерировать до терабайт данных ежедневно. Самолет может генерировать несколько терабайт данных в час. Вместо того чтобы хранить все эти данные постоянно (или в течение длительного времени) в централизованном хранилище более целесообразно выполнять большую часть обработки данных ближе к устройствам Интернета вещей. Поэтому задачей уровня периферийных вычислений (edge computing level) является преобразование сетевых потоков данных в информацию, пригодную для хранения и обработки на более высоком уровне.

2. Опубликованные данные Cisco по модели IWF [1, 3] содержат следующие примеры операций на уровне периферийных вычислений: анализ данных по критериям принадлежности к обработке на более высоком уровне; переформатирование данных для одной и той же высокоуровневой обработки; обработка криптографических данных с дополнительным контекстом; сокращение и / или обобщение данных для дальнейшей обработки на высоком уровне.

При этом часть базовой обработки больших объемов данных снимается с прикладных программ IoT, расположенных централизованно. Обработку на периферийном уровне называют туманными вычислениями (Fog computing). Эти вычисления представляют собой тенденцию в современных сетевых технологиях, противоположную облачным вычислениям. В облачных вычислениях большое количество централизованных хранилищ и ресурсов хранения данных доступно через облачные сетевые структуры для относительно небольшого числа пользователей. В туманных вычислениях большое количество отдельных интеллектуальных объектов взаимодействует с нечеткими сетевыми структурами, которые выполняют вычисления и хранят ресурсы, наряду с периферийными устройствами в IoT. Туманные вычисления решают проблемы, возникшие в результате работы тысяч или даже миллионов «умных» устройств [2, 3, 6].

Данные результаты исследований применяются для построения сети IoT анализа качества продукции.

Протоколы передачи данных и маршрутизации в сетях Интернета вещей

Протоколы передачи данных между IoT-устройствами

делятся на группы в зависимости от области сети, на которой они используются. Существуют следующие зоны: узел датчика (DDS протокол), датчик узел-сервер (CoAP), протокол MQTT, протокол XMPP, текст-ориентированный протокол, сервер-сервер (AMQP)). Рассмотрим некоторые протоколы передачи данных между устройствами ИВ через Интернет [1].

Протокол DDS реализует шаблон публикации и подписки для отправки и получения данных, событий и команд между конечными узлами. Узлы-отправители создают «тему» (например, информацию о температуре, местоположении, давлении) и публикуют шаблоны. DDS доставляет созданные шаблоны узлам, заинтересованным в соответствующих темах. UDP используется в качестве транспортного протокола. Кроме того, DDS позволяет управлять параметрами качества обслуживания (QoS) [2].

Протокол XMPP уже давно используется в Интернете для обмена сообщениями в режиме реального времени. Формат расширяемого языка разметки (XML) подходит для использования в сетях Интернета вещей. Он работает на архитектуре издатель-подписчик и клиент-сервер [2].

Протоколы маршрутизации. Существует условное разделение сетевого уровня на два подуровня: уровень маршрутизации, обрабатывающий передачу пакетов от источника к получателю, уровень инкапсуляции, генерирующий пакеты [6].

Маршрутизация по сетям с низким энергопотреблением и потерями (RPL) – это протокол, который может поддерживать различные протоколы передачи данных. Он создает ориентированный на назначение ориентированный ациклический граф, который имеет один маршрут от каждого конечного узла к базовому узлу. Во-первых, каждый узел отправляет сообщение об информационной модели устройства IoT, представляющей базовый узел. Это сообщение распространяется по сети, и постепенно строится весь граф. Во время трансляции узел передает всю информацию о своем местоположении в сети. Это сообщение актуально для базового узла, который принимает решение о месте отправления в зависимости от пункта назначения. Когда новый узел хочет подключиться к сети, он отправляет запрос, и базовый узел отвечает с сообщением подтверждения. Узлы RPL могут быть без состояний, что является наиболее распространенной практикой, или они могут быть с состояниями [2].

Протокол CORPL (cognitive RPL) является расширением RPL, для когнитивных сетей, CORPL использует условную отправку для пересылки пакетов, выбирая несколько конвейеров (набор конвейеров) и координаты между узлами, чтобы выбрать следующий наилучший шаг для пересылки пакета [14].

Common Address Redundancy Protocol (CARP) – это распределенный протокол маршрутизации, предназначенный для подводной связи. Учитывается качество связи, которое рассчитывается на основе успешной передачи данных, собранных с соседних датчиков.

Основная проблема CARP заключается в том, что он не поддерживает многократное использование ранее собранных данных. Усовершенствование CARP было сделано в протоколе E-CARP, что позволило хранить ранее полученные данные [15].

Conclusion

1. Процесс построения информационной модели IoT-устройства включает определение источников персональных данных и их форматов, построение модели и структуры данных и их анализ. Для этого используются такие средства как: Eclipse Vorto ThingBoard, Ubodots IoT, Node-Red-UI, freeboard.io, которые выполняют добавление информационной модели, отображение полученных данных в реальном времени в виде диаграмм, реализацию передачи данных по протоколу MQTT.

2. Распространенные технологии обработки данных от IoT-устройств: IBM Watson IoT, Cisco IWF. Рекомендация Y. 2060 включает технологии, используемые для взаимодействия между устройствами сбора данных и устройствами передачи данных: радиочастотную, инфракрасную, оптическую и гальваническую.

3. К сетевым протоколам IoT относятся: MQTT, CoAP, Bluetooth Low Energy, Wi-Fi WebSockets, ZigBee, LoRA, Simple RF, XMPP, RFID, NFC и др. Протоколы маршрутизации включают: RPL, cognitive RPL (CRPL), CARP, E-CARP.

ЛИТЕРАТУРА

1. Uckelmann D., Harrison M., Michahelles F. Architecting the Internet of Things. Berlin: Springer-Verlag, 2011. – P. 386.
2. Razzaque M., et al. Middleware for Internet of Things: A Survey in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 3, No. 1, 2016, pp. 70-95.
3. Hussain F. Internet of Things: Building Blocks and Business Models. Cham: Springer, 2017. – P. 73.
4. Laverman J., et al. Integrating Vehicular Data into Smart Home IoT Systems Using Eclipse Vorto, IEEE 84th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall), September 2016, pp. 20-26.
5. Vorto Introduction, Eclipse Vorto, 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.eclipse.org/vorto/documentation/overview/introduction.html>. – Дата доступа: 03.01.2022.
6. Ranjan R., et al. The Next Grand Challenges: Integrating the Internet of Things and Data Science, *IEEE Cloud Computing*, vol. 5, No. 3, 2018, pp. 12-26.
7. Natchimuthu N., Sajeev A. A communication protocol using a Markov type function for stations in a wireless local area network, The 8th International Conference on Communication Systems, November 2002, pp. 829-833.
8. Al-Fuqaha A., et al. Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies Protocols and Applications, *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 17, iss. 4, 2015, pp. 2347-2376.
9. Morns I., et al. Protocols for sub-sea communication networks, *Conference Proceedings on MTS/IEEE Oceans 2001*, November 2001, pp. 2076-2082.
10. Gomez C., Paradells C. Wireless home automation networks: A survey of architectures and technologies, *IEEE Communications Magazine*, vol. 48, No. 6, 2010, pp. 92-101.
11. Sheng Z., Leung Z., Ding Z. Cooperative wireless networks: from radio to network protocol designs, *IEEE Communications Magazine*, vol. 49, No. 5, 2011, pp. 64-69.
12. Novelli L., et al. Application Protocols and Wireless Communication for IoT: A Simulation Case Study Proposal, The 11th International Symposium on Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP), July 2018, pp. 372-378.
13. Huynh N., et al. Design and demonstration of a wireless sensor network platform for substation asset management, *Open Access Proceedings Journal*, vol. 1, 2017, pp. 105-108.
14. Gursu M., et al. A wireless technology assessment for reliable communication in aircraft, *IEEE International Conference on Wireless for Space and Extreme Environments (WiSEE)*, December 2015, pp. 51-57.
15. Visniakou U.A. Model and structure of the network internet of things for monitoring milk quality / U.A. Visniakou, A.H. Al-Masri, S.K. Al-Hajj // Системный анализ и прикладная информатика. – № 1, 2021. – P. 39-44.

REFERENCES

1. Uckelmann D., Harrison M., Michahelles F. Architecting the Internet of Things. Berlin: Springer-Verlag, 2011. – P. 386.
2. Razzaque M., et al. Middleware for Internet of Things: A Survey in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 3, No. 1, 2016, pp. 70-95.
3. Hussain F. Internet of Things: Building Blocks and Business Models. Cham: Springer, 2017. – P. 73.
4. Laverman J., et al. Integrating Vehicular Data into Smart Home IoT Systems Using Eclipse Vorto, IEEE 84th Vehicular Technology Conference (VTC-Fall), September 2016, pp. 20-26.
5. Vorto Introduction, Eclipse Vorto, 2016. [Elektronnyy resurs]. – Mode of access: : <https://www.eclipse.org/vorto/documentation/overview/introduction.html>. – Date of access: 03.01.2022.
6. Ranjan R., et al. The Next Grand Challenges: Integrating the Internet of Things and Data Science, *IEEE Cloud Computing*, vol. 5, No. 3, 2018, pp. 12-26.
7. Natchimuthu N., Sajeev A. A communication protocol using a Markov type function for stations in a wireless local area network, The 8th International Conference on Communication Systems, November 2002, pp. 829-833.
8. Al-Fuqaha A., et al. Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies Protocols and Applications, *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 17, iss. 4, 2015, pp. 2347-2376.
9. Morns I., et al. Protocols for sub-sea communication networks, *Conference Proceedings on MTS/IEEE Oceans 2001*, November 2001, pp. 2076-2082.
10. Gomez C., Paradells C. Wireless home automation networks: A survey of architectures and technologies, *IEEE Communications Magazine*, vol. 48, No. 6, 2010, pp. 92-101.
11. Sheng Z., Leung Z., Ding Z. Cooperative wireless networks: from radio to network protocol designs, *IEEE Communications Magazine*, vol. 49, No. 5, 2011, pp. 64-69.
12. Novelli L., et al. Application Protocols and Wireless Communication for IoT: A Simulation Case Study Proposal, The 11th International Symposium on Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP), July 2018,

pp. 372-378.

13. **Huynh N.**, et al. Design and demonstration of a wireless sensor network platform for substation asset management, Open Access Proceedings Journal, vol. 1, 2017, pp. 105-108.

14. **Gursu M., et al.** A wireless technology assessment for reliable communication in aircraft, IEEE International Conference on Wireless for Space and Extreme Environments (WiSEE), December 2015, pp. 51-57.

15. **Visniakou U.A.** Model and structure of the network internet of things for monitoring milk quality / U.A. Visniakou, A.H. Al-Masri, S.K. Al-Hajj // System Analysis and Applied Informatics. - No. 1, 2021. - P. 39-44.

V.A. VISHNYAKOV

DEVICE MODELS AND TECHNOLOGIES OF DATA TRANSMISSION AND PROCESSING IN THE INTERNET OF THINGS NETWORKS

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Republic of Belarus*

The subject of research is the analysis and definition of the information model of devices, the choice of technologies and protocols for data collection and analysis, routing protocols for the Internet of Things (IoT) networks. The purpose of the article is to create an information model of IoT devices, to define technologies and protocols for data transmission and processing and routing in Internet of Things systems. Building an information model of an IoT device includes identifying data sources and their formats, creating a model and data structure, and analyzing them using tools such as: Eclipse Vorto ThingBoard, Ubodots IoT, Node-Red-UI, freeboard.io. An example of a description of a model of microclimate control devices using the Eclipse Vorto toolkit is given. Two main data processing technologies from IoT devices are considered: IBM Watson IoT, Cisco IWF with examples of their application. Radio frequency, infrared, optical and galvanic technologies for interaction between data collection and data transmission devices in IoT networks with examples of their use are discussed. The areas of application of three main IoT network protocols are considered: MQTT (large corporate networks), CoAP (limited networks on the Internet), Bluetooth Low Energy (local networks without the Internet with a small amount of data). Wi-Fi WebSockets, ZigBee, LoRA, Simple RF, XMPP, RFID, NFC can be used as additional protocols for networks. The features of using routing protocols in IoT networks are discussed: RPL (low power consumption), cognitive RPL (for intelligent networks), CARP (for underwater communication networks), E-CARP (for data reuse).

Keywords: *information model; devices, technologies; protocols; IoT network tools.*



Вишняков Владимир Анатольевич, д.т.н., профессор профессор БГУИР, каф. ИКТ. Область научных интересов: информационное управление и безопасность, электронный бизнес, интеллектуальные системы управления. Член 2-х докторских Советов по защите диссертаций. Автор более 450 научных работ, в том числе 6 монографий (1 на английском языке), 4-х учебных пособий с грифом Министерства образования, 8-и томного учебного комплекса «Информационный менеджмент», 165 научных статей.

Vishniakou U. A., doctor of technical science, professor of ICT department of Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. Research interest: information management and security, electronic business, intellectual management systems. Mingled of two doctoral counsels of thesis's defence. Author more 450 scientific publications including 6 monographs (1 - English), 4 study books with stamp of education Ministry, 8 volumes manual «Information management», 165 scientific articles.

Email: vish2002@list.ru