

УДК 621.651

# Развитие сетей «интернета вещей» и подготовка специалистов по инфокоммуникациям

Представлен анализ состояния и перспективы развития сетей «интернета вещей» (СИВ). Рассмотрены архитектуры и организация управления в СИВ. Приведены протоколы взаимодействия в СИВ. Представлены платформы для построения различных СИВ. Обсуждены проблемы программирования в СИВ. Даны перспективы развития автоматизации проектирования СИВ. Представлены учебные дисциплины специализации для совершенствования подготовки специалистов в области построения СИВ.

**В.А. ВИШНЯКОВ,**

профессор, д. т. н., профессор кафедры ИКТ

УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

**Ключевые слова:**

сети «интернета вещей», протоколы, программирование, платформы разработки интеллектуализация, подготовка

**Введение.** Наряду с развитием традиционных сетей в инфокоммуникациях все большую роль будут играть разнообразные и многочисленные сети «интернета вещей» (СИВ). СИВ – совокупность встроенных систем, сетей беспроводных датчиков, систем управления и средств автоматизации. Все это позволяет реализовать подключенные производства, объекты транспорта, энергетики, сельского хозяйства, медицины, интеллектуальные магазины, умные дома и города, а также носимые устройства. Если в интернете, обслуживающих людей, работает от 5 до 6 миллиардов пользователей, то в сетях ИВ объектов управления на два порядка больше и эта тенденция различия в численности будет увеличиваться, прогнозируется рост объектов ИВ (реальных и виртуальных) в несколько триллионов к 2025-30 годам [1].

**Архитектура ИВ.** В структуре сети «интернета вещей» (IoT) различают четыре уровня: приложений; поддержки приложений и услуг; сетевой и устройств (датчик + обработчик) [1, 2].

Уровень приложений IoT в Рекомендации Y.2060 детально не рассматривается. Уровень поддержки приложений и услуг включает возможности для различных объектов IoT по обработке и хранению данных, а также возможности, необходимые для некоторых приложений IoT или групп таких приложений.

Сетевой уровень включает функции управления: ресурсами сети доступа и транспортной сети (управления мобильностью, функции авторизации, аутентификации и расчетов – AAA) и транспортные

функции (обеспечение связности сети для передачи информации приложений и услуг IoT). Уровень устройств включает функции сетевых элементов по съему информации, ее предобработке и возможности обмена через шлюз.

Функции устройства предполагают прямой обмен с сетью связи, обмен через шлюз, обмен через беспроводную динамическую ad-hoc-сеть, а также временный останов и возобновление работы устройства для энергосбережения. Функции шлюза предполагают поддержку множества интерфейсов для устройств (шина CAN, ZigBee, Bluetooth, WiFi и др.) и для сетей доступа/транспортных сетей (3G, LTE, DSL и др.) [3-6]. Другой возможностью шлюза является поддержка конверсии протоколов, в случае, если протоколы интерфейсов устройств и сетей отличаются друг от друга [4].

Существует также два вертикальных уровня – уровень управления и уровень безопасности, охватывающие все четыре горизонтальных уровня. Возможности вертикального уровня эксплуатационного управления предусматривают управление последствиями отказов, возможностями сети, конфигурацией, безопасностью и данными для биллинга.

Основными объектами управления являются устройства, локальные сети и их топология, трафик и перегрузки на сетях. Функции вертикального уровня безопасности зависят от горизонтального уровня. Для уровня поддержки приложений и услуг определены функции AAA, антивирусная защита,

тесты целостности данных. Для сетевого уровня – возможности авторизации, аутентификации, защиты информации протоколов сигнализации. На уровне устройств – возможности авторизации, аутентификации, контроль доступа и конфиденциальность данных.

**Типы сетей ИВ [6].** Сети с низким энергопотреблением и малым диапазоном подходят для дома, офиса и других небольших сред. Для их применения достаточно небольших аккумуляторов, а иногда их можно настроить и без использования аккумулятора. Протокол Zigbee лучше всего подходит для личных сетей с небольшими устройствами, которые потребляют мало энергии, обладают низкой пропускной способностью и используются в замкнутом диапазоне [3]. 4G LTE сети обеспечивают высокую мощность и малую задержку, работают на длинные расстояния. Это хороший вариант для построения «интернета вещей», в которых нужно получать сведения или обновления в реальном времени. LTE Cat-M1 сети полностью совместимы с сетями LTE [4]. Они позволяют оптимизировать стоимость и мощность второго поколения микросхем LTE, разработанных специально для приложений «интернета вещей». NB-IoT/Cat-M2 использует модуляцию расширенного спектра с последовательным перебором (DSSS) для отправки данных непосредственно на сервер. Это устраняет необходимость в использовании шлюза. Настройка сетей NB-IoT стоит дороже, но благодаря отсутствию шлюза их работа сопровождается меньшими затратами.

**Платформы ИВ.** Они поддерживают интернет функции для приложений - запуск, обслуживание, аналитика, хранение данных и меры безопасности. Рассмотрим наиболее известные из них [7].

AWS IoT Core - основа, на которой может быть построено любое приложение IoT. Через AWS IoT Core устройства могут подключаться к интернету и друг к другу и обмениваться данными. Платформа поддерживает различные протоколы связи, в том числе и пользовательские, что позволяет осуществлять связь между устройствами разных производителей. Сервис AWS IoT Device Management позволяет добавлять и организовывать устройства. Он обеспечивает безопасную и масштабируемую производительность с возможностью мониторинга, устранения неполадок и обновления функциональности устройства. Сервис AWS IoT Analytics, предназначен для автоматической аналитики больших объемов различных данных IoT, включая неструктурированные данные с различных типов устройств. Данные, собранные и обработанные службой, готовы для использования в машинном обучении. Сервис AWS IoT Device Defender, поддерживающий настройку

механизмов безопасности для систем IoT. AWS IoT Device Defender позволяет настраивать и управлять политиками безопасности, контролируя аутентификацию и авторизацию устройства, а также обеспечивая механизмы шифрования.

Платформа Google Cloud IoT включает в себя ряд служб, с помощью которых можно создавать сети IoT: Cloud IoT Core - полностью управляемый сервис для простого и безопасного подключения, а также управления и приема данных с различных устройств. Cloud Pub/Sub - сервис, который обрабатывает данные о событиях и предоставляет аналитику потоков в реальном времени. Cloud Machine Learning Engine, позволяющий создавать модели ML и использовать данные, полученные с устройств IoT.

Платформа Microsoft Azure IoT Suite предлагает как предварительно сконфигурированные решения, так и возможность настраивать их и создавать новые в соответствии с требованиями проекта. Можно получить механизмы безопасности, высокую масштабируемость и интеграцию с любыми существующими или будущими системами. Платформа позволяет подключать сотни устройств различных производителей, собирать аналитические данные и использовать данные IoT для целей машинного обучения.

Платформа SAP - это среда для удаленного управления и мониторинга всех подключенных устройств, принадлежащих системе IoT. Удаленные устройства могут быть подключены либо напрямую, либо через облачный сервис. Аналитические возможности позволяют обрабатывать, систематизировать и изучать данные, полученные от датчиков, счетчиков и других устройств IoT.

SAP предоставляет возможность использовать данные IoT для создания приложений искусственного интеллекта и машинного обучения.

Платформа Oracle Internet of Things связывает программное обеспечение предприятия с «реальным миром» устройств и их метрик. Будучи признанным лидером в секторе управления базами данных, Oracle поддерживает обработку очень большого объема данных, что позволяет вам создавать крупномасштабные сети IoT. Используются современные механизмы безопасности, которые защищают системы IoT от внешних угроз.

Платформа IBM поддерживает эффективное удаленное управление устройствами, безопасную передачу и хранение данных в облаке, обмен данными в режиме реального времени, а также возможности машинного обучения благодаря интеграции с технологией ИИ.

Cisco фокусируется на создании удобной платформы для мобильных IoT-решений на основе

облачных технологий. Сервис Cisco поддерживает передачу голоса и данных, обширную настройку приложений IoT и различные возможности монетизации.

**Программирование в сетях ИВ.** Будущее «интернета вещей» зависит от развития возможностей дистанционного программирования и управления топологически сложных сетей устройств. Когда устройства будут соединены с публичными и частными облаками, принимающими показания датчиков, акцент сместится со сбора и анализа данных к разработке приложений для сложных систем. В результате появится возможность управления предметами, находящимися вокруг нас и в любой точке мира, с помощью сред программирования и готовых приложений [8].

Разработка ПО для IoT отличается от создания обычных мобильных и веб-приложений по ряду характеристик. Во-первых, отдельные устройства IoT всегда являются частью более крупной системы взаимосвязанных устройств. Во-вторых, системы IoT никогда не находятся в режиме бездействия. В-третьих, системы IoT имеют большое количество вычислительных модулей, а число датчиков гораздо больше, чем в традиционных вычислительных средах, – оно может исчисляться тысячами и более. В-четвертых, устройства IoT нередко встроены в окружение и остаются незаметными и физически недоступными. Они могут находиться глубоко под землей или быть внедренными в различные материалы (вибродатчики в горнодобывающем оборудовании). В-пятых, системы IoT отличаются высокой степенью гетерогенности — их вычислительные модули могут сильно различаться по мощности, емкости хранилищ, пропускной способности сети и энергозатратам. В-шестых, у систем IoT обычно слабые средства связи, характеризующиеся прерывистыми, не всегда надежными сетевыми соединениями. С точки зрения разработчика ПО, эти особенности среды накладывают требование постоянной готовности к отказу. И наконец, топологии систем IoT могут характеризоваться высокой степенью изменчивости. Например, на заводах может быть большое число непрерывно движущихся единиц техники, оснащенной различными датчиками, при этом сами выпускаемые изделия остаются в пределах цеха лишь ненадолго. Для таких условий потребуются методики программирования и развертывания, рассчитанные на динамически меняющиеся обширные группы («рои») устройств [8].

Среди программистов распространены следующие ложные предположения: сеть надежна; задержка нулевая; пропускная способность неограниченная; сеть защищена; топология не меняется;

администратор только один; транспортные расходы нулевые. Однако в сетях ИВ ситуация с точностью до наоборот. Для программирования сетей IoT используются практически те же языки и инструменты программирования, что и для мобильной и веб-разработки. В частности, создание кода для популярных сегодня плат Arduino, Espruino, Tessel, Intel Edison и Galileo осуществляется на C, C#, Java, JavaScript и Python [8].

При решении проблем информационной безопасности в сетях IoT используются протоколы шифрования, в частности TLS, а также сертификаты безопасности, физическая изоляция и другие общепринятые технологии и методы, однако всего этого недостаточно для устранения угроз. Серьезный риск связан с тем, что у множества устройств «интернета вещей» сохраняются стандартные настройки безопасности, в том числе заданные по умолчанию, что требует интеллектуальной поддержки.

**Интеллектуализация и аналитика в ИВ.** Сбор, сохранение и визуализация первичных данных – это только начало любого IoT-проекта. Экономический эффект достигается управленческими решениями, направленными на оптимизацию существующих процессов и вывод на рынок новых продуктов и сервисов для конечных заказчиков. Это достигается путём агрегации, обработки и анализа данных, полученных с различных устройств. Однако для каждого крупного решения эти операции будут уникальны – оптимизация хранения собранных сельскохозяйственных культур отличается от данных в «умных» электросетях или управления парком автотранспорта. Одним из инструментов для аналитической обработки данных в сетях IoT является сервис AggreGate, его возможности варьируются от простых оповещений о внештатных ситуациях до продвинутой обработки данных модулями машинного обучения, позволяющими находить аномалии и предсказывать события, например, выход турбины электростанции из строя [9]. Обнаружение взаимосвязей в структурированных и слабоструктурированных данных – одна из ключевых особенностей данной платформы. Более 20 алгоритмов и сотни параметров удовлетворят любые ожидания аналитиков данных, в том числе «больших данных».

**Подходы к автоматизации проектирования сетей ИВ [10].** Для следующего этапа эволюции IoT: «вещи» уже рассматриваются не как отдельные интеллектуальные сетевые изделия, а как элементы сети систем («Система + Умное Изделие + Взаимодействие Систем»). На предыдущем этапе были две системы изделий IoT (транспортные средства и облако), описывающие ситуацию в соответствии со своей спецификой, и естественно, что эти две



системы связаны между собой намного слабее, чем изделия внутри каждой из них. Появляется необходимость учитывать результаты работы с данными из одной системы при работе с данными в другой, например, результаты прогноза погоды учитываются в управлении сельским хозяйством, транспортом и т.д. Этап эволюции мира вещей — это обязательное включение «вещи» в контуры межсистемного обмена информацией внутри ее среды эксплуатации. На рынке систем автоматизации CAD/CAM/CAE/PDM нет полноценной промышленной САПР, которая бы позволяла создавать такие системы вещей. Речь не идет о проектировании компонентов IoT (сенсоров, датчиков, локальной сети, приложений, средств отображения поступающей из сети информации и т. д.) — своего решения требует более сложная задача проектирования изделий, в которых такие компоненты совместно используются.

**Развитие подготовки в области СИВ.** В следующей пятилетке (2021-2025 гг.) следует ожидать массового построения сетей ИВ для нашей республики в промышленности, сельском хозяйстве, транспорте, энергетике, управлении городской и сельской инфраструктурами и т.д. Резко возрастет потребность в таких специалистах. Для совершенствования подготовки данных специалистов в области построения и эксплуатации сетей ИВ необходимо в рамках сетевых специальностей таких вузов как БГУИР, БГАС, БГУ и др. развивать специализации по проектированию СИВ на первой, второй ступенях обучения и в рамках переподготовки. В учебные планы таких специализаций целесообразно включить изучение следующих дисциплин:

- архитектура сетей ИВ;
- аппаратные компоненты ИВ;
- интерфейсы ИВ;
- проектирование компонент ИВ;
- программирование в сетях ИВ;
- базы данных и обработка больших данных в ИВ;
- облачные и туманные вычисления для ИВ;
- информационная безопасность в ИВ;
- интеллектуальные технологии и аналитика для ИВ;
- сети ИВ в отраслях экономики.

**Заключение.** Преобладающим направлением в развитии инфокоммуникационных сетей в ближайшее время в нашей республике ожидается массовое проектирование и использование сетей «интернета вещей» различного назначения. Рассмотрены архитектуры и организация управления в СИВ. Приведены протоколы взаимодействия в СИВ для ближнего и дальнего взаимодействия. Представлены платформы ведущих мировых производителей для

построения различных СИВ. Обсуждены особенности программирования в СИВ. Отмечена необходимость развития систем автоматизации проектирования СИВ. Представлены учебные дисциплины для специализации совершенствования подготовки студентов и переподготовки специалистов в области построения СИВ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кучерявый, А.Е., Гольдштейн Б.С. Сети связи пост-NGN. // СПб: БХВ-Петербург, 2013. – 160 с.
2. Росляков, А.В. «Интернет вещей»: учеб. пособие / А.В. Росляков, С.В. Ваняшин, А.Ю. Гребешков. – Самара, ПГУТИ, 2015. – 115 с.
3. Рентюк, В. Краткий путеводитель по беспроводным технологиям «интернета вещей». Часть 1. Сети, шлюзы, облака и протоколы // Control Engineering Россия. – 2017. – № 6. № 6. – С. 61–65.
4. Рентюк, В. Краткий путеводитель по беспроводным технологиям «Интернета вещей». Часть 4. Дальний радиус действия // Control Engineering Россия. 2018. – № 3 (75). – С. 82–87.
5. «Интернет вещей», IoT, M2M, мировой рынок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tadviser.ru/index.php/IoT,M2M>. – Дата доступа: 22.04.2020.
6. Технологии и протоколы «интернета вещей» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/overview/internet-of-things-iot/iot-technology-protocols/>. – Дата доступа: 26.04.2020.
7. Обзор лучших IoT-платформ в 2019 году. Советы по выбору облачного решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.edsson.com/ru/blog/article?id=iot-platforms>. – Дата доступа: 24.04.2020.
8. Особенности создания ПО в эпоху «интернета вещей» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.osp.ru/os/2017/02/13052220/>. – Дата доступа: 29.04.2020.
9. IoT-аналитика – платформа для «интернета вещей» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aggregate.tibbo.com/ru/solutions/iot-platform/iot-analytics.html>. – Дата доступа: 28.04.2020.
10. САПР для Интернета вещей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.osp.ru/os/2015/02/13046276/>. – Дата доступа: 28.04.2020.

*The analysis of the state and prospects of development of Internet of things networks (IoT) is presented. The architecture and organization of management in IoT are considered. The protocols of interaction in IoT are given. Platforms for building of various IoT are presented. Problems of programming in IoT are discussed. Prospects for the development of IoT automation design are given. Educational disciplines for specialization to improve the training of specialists in the field of IoT construction are presented.*

**Keywords:** Internet of things networks, protocols, programming, IoT development platforms, intellectualization, training

Получено 29.04.2020.