**РАЗДЕЛ II.
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ
СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

УДК 004.738

**ОБЗОР И АНАЛИЗ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ПЛАТФОРМЕ
ОБМЕНА ДАННЫМИ ДЛЯ СЛУЖБ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ**

Андрианова Людмила Прокопьевна

д-р техн. наук, профессор

Павлова Зухра Хасановна

д-р техн. наук, профессор

Хакимьянов Марат Ильгизович

д-р техн. наук, профессор

Уфимский государственный нефтяной
технический университет

Аннотация: В работе представлены результаты анализа нормативных требований к платформе обмена данными для различных служб Интернета вещей (IoT). Приведена краткая информация об отличиях между IoT и существующим интернетом людей. Приведены базовые принципы концепции создания IoT; функциональные блоки платформы обмена данными (DER IoT); конфигурации сети для различных служб IoT; сценарии использования платформы DER IoT в системе IoT, отражающие взаимосвязь между службами IoT и другими службами; алгоритмы функционирования DER IoT в сценариях использования; требования к функциональным блокам; архитектура сосуществования приложений IoT и других приложений; схема передачи данных между протоколами связи в DER IoT; операции контроля информации с использованием DER IoT; конфигурации реализации DER IoT на транспортном

уровне с адаптацией и без адаптации; примеры систем мониторинга конечных точек IoT и системы управления энергопотреблением IoT для промышленных объектов, созданных на основе платформы обмена данными DEP IoT.

Ключевые слова: информационные технологии, интернет вещей, платформа обмена данными, служба интернета вещей, компоненты платформы обмена данными, алгоритмы функционирования в сценариях использования платформы обмена данными, конфигурации реализации платформы обмена данными.

OVERVIEW AND ANALYSIS OF THE REGULATORY REQUIREMENTS FOR THE DATA EXCHANGE PLATFORM FOR INTERNET SERVICES

Andrianova Lyudmila Prokopyevna

Pavlova Zukhra Khasanovna

Hakimyanov Marat Ilgizoviç

Abstract: The paper presents the results of the analysis of regulatory requirements for the data exchange platform for various Internet services (IoT). There is a brief information about the differences between IoT and the existing Internet people. Available: basic principles of the concept of creating IoT; Data exchange platform function blocks (DEP IOT); network configurations for various IOT services; Scenarios using the DEP IOT platform in the IOT system, reflecting the relationship between IOT services and other services; Dep IoT functioning algorithms in use scenarios; Requirements for functional blocks; The coexistence architecture of IOT applications and other applications; data transfer circuit between communication protocols in DEP IOT; information control operations using DEP IOT; DEP IOT implementation configurations at the transport level with adaptation and without adaptation; Examples of IOT terminal monitoring systems are given and IOT power management system for industrial objects created based on the DEP IOT data exchange platform.

Key words: Information technologies, Internet of Things, Data Exchange Platform, Internet Service Components, Data Exchange Platform, Operation Algorithms in Data Exchange Platform Scripts, Data Examination Platform Configuration.

1. Базовые принципы Интернета – вещей (IoT)

Наиболее важными отличиями Интернета вещей от существующего интернета людей являются: фокус на вещах, а не на человеке; существенно большее число подключенных объектов; существенно меньшие размеры объектов и невысокие скорости передачи данных; фокус на считывании информации, а не на коммуникациях; необходимость создания новой инфраструктуры и альтернативных стандартов [1, 2].

Концепция сетей нового поколения NGN (Next Generation Network) предполагает возможность коммуникаций людей, непосредственно или через компьютеры, в любое время и в любой точке пространства. Концепция Интернета вещей включает еще одно направление – коммуникация любых устройств или вещей.

Официальное определение Интернета вещей приведено в предварительном национальном стандарте ПНСТ 518-2021 Информационные технологии. Интернет вещей. Термины и определения [1], согласно которому «IoT – инфраструктура взаимосвязанных сущностей, систем и информационных ресурсов, а также служб, позволяющих обрабатывать информацию о физическом и виртуальном мире и реагировать на неё».

Под «вещами» (things) понимается физическая сущность (физическая вещь) или цифровая сущность (виртуальная вещь, например мультимедийный контент или прикладная программа), которые могут быть идентифицированы и объединены через коммуникационные сети. Кроме понятия «вещь», также используется понятие «устройство IoT» (IoT device), под которым понимается сущность системы IoT, которая обеспечивает связь с материальным миром

через измерение или приведение в действие.

Устройства системы IoT играют ведущую роль в сборе различной информации и распространении ее по коммуникационным сетям различными способами:

- через шлюзы и через сеть;
- без шлюзов, но через сеть;
- напрямую между собой.

Это предусматривает использование в системе IoT множества сетевых технологий:

- глобальных сетей,
- локальных сетей,
- беспроводных самоорганизующихся (ad-hoc) и ячеистых (mesh) сетей.

Указанные сети связи переносят данные, собранные устройствами системы IoT, к соответствующим программным приложениям, а также передают команды от программных приложений к устройствам системы IoT [1].

Интернет вещей (IoT) основывается на трех базовых принципах [2, 3]:

- повсеместно распространенная коммуникационная инфраструктура;
- глобальная идентификация каждого объекта;
- возможность каждого объекта отправлять и получать данные

посредством персональной сети или сети Интернет, к которой он подключен.

2. Требования к платформе обмена данными для служб

Интернета вещей (IoT) (на основе ПНСТ 433-2020 [2])

Система IoT включает различные службы для улучшения социальной жизни. Однако на этапе зрелости системы IoT возникает необходимость в общей платформе для различных служб. К архитектуре IoT может быть применен вертикальный и горизонтальный подходы. Для небольших развертываний в ограниченных областях возможно применение вертикального подхода. Для крупномасштабных развертываний требуется горизонтальный

подход, а именно представление обработки информации и сетевое взаимодействие в виде общей платформы для различных служб. Ниже представлены характеристики высокоуровневой архитектуры такой платформы, а также сценарии использования на практике, включая операции.

Анализ сценариев использования показывает, что:

- а) при горизонтальном подходе службы IoT должны сосуществовать с ранее разработанными службами в сетях связи, включая Интернет;
- б) службы IoT требуют различных эксплуатационных характеристик конечных точек в сетях связи;
- в) конфигурации сети связи для служб IoT подразделяются на несколько типов. Некоторые типы должны поддерживать специальные функции IoT для эффективного развертывания служб IoT;
- г) для реализации служб IoT необходимы дополнительные структуры и требования к сетям связи;
- д) для развертывания служб IoT целесообразны рекомендации по реализации типовых компонентов.

3. Компоненты платформы обмена данными интернета вещей

Платформа обмена данными IoT (IoT data exchange platform) включает в себя функциональные блоки, которые обеспечивают абстракцию малых блоков данных IoT, например, большого количества датчиков в разных сетях [2]. Затем требуется уменьшение объема трафика и передача данных IoT с различными требованиями качества обслуживания (QoS). Функциональные блоки платформы обмена данными IoT реализуются в конечных точках и узловых точках сети IoT. Функциональные блоки взаимодействуют как платформа.

Платформа обмена данными IoT состоит из компонентов промежуточного программного обеспечения, связанных с сетевыми функциями, включая сетевые конфигурации, механизмы связи и функциональные возможности компонентов для IoT (Таблица 1).

Таблица 1

Компоненты платформы обмена данными IoT

Компонент	Определение
Механизм связи	Механизм, определяющий последовательности и форматы сообщений, которые используются сущностями с интерфейсами связи
Промежуточный программный компонент	Компонент, реализуемый программными модулями и включающий базовые функциональные программы с интерфейсами связи.
Функциональность сети	Функциональность, предоставляемая функциональными блоками путем обработки информации для передачи в сущность с интерфейсами связи.
Узловая точка	Точка анализа информации из блоков передачи данных в соответствии с протоколами связи.
Сокет:	Интерфейс между прикладным уровнем и транспортным уровнем, идентифицируемый номерами портов.

4. Конфигурации сети для служб интернета вещей (IoT)

В Интернете вещей (IoT) малые блоки данных от различных датчиков передаются по сетям. Для уменьшения объема трафика и соответствия различным требованиям пользователей целесообразно развертывание платформы обмена данными IoT (DEP IoT). Платформа обмена данными DEP IoT находится на прикладном уровне модели взаимодействия открытых систем (OSI). Передача данных IoT проводится на абстрактных нижних уровнях, включая Интернет. DEP IoT соответствует типовой архитектуре IoT [1]. DEP IoT не оказывает влияния на обмен данными, кроме данных IoT, и не допускает обмен данными IoT и другими данными при использовании подхода, который изолирует обмен данных IoT от обмена другими данными.

Общая схема конфигураций сети для IoT представлена на **рис. 1**. Сети обеспечивают связи между пользователями IoT, шлюзом IoT и устройствами

IoT, определенными в [1]. Устройства IoT включают в себя устройства IoT, соответствующие серии стандартов ИСО/МЭК 30118.

Рис. 1. Сети в типовой архитектуре IoT [2]

Каждая сеть может иметь несколько узловых точек. В типовой архитектуре IoT роль узловых точек играют подсистемы, например, подсистема эксплуатации и управления, подсистема приложений и служб и подсистема доступа и обмена ресурсами, в типовых моделях на основе сущностей. Указанные подсистемы соответствуют домену эксплуатации и управления, домену приложений и служб и домену доступа и обмена ресурсами в типовой модели на основе доменов. Конфигурации сети IoT для различных служб показаны на **рис. 2**.

Конфигурации сети (**рис. 2**) включают пять типов служб:

- тип службы 1 предоставляет локальные службы для ограниченных областей:
- типы служб 2, 3, 4, 5 предоставляют глобальные службы.

Рис. 2. Конфигурации сети для различных служб [2]

В глобальных службах для связи между пользователями IoT и устройствами IoT может использоваться шлюз IoT.

Бесконтактная сеть обеспечивает связь для ограниченных областей. Для глобальных служб развертываются пользовательская сеть, сеть служб и сеть доступа. Пользовательская сеть используется для приложений IoT и управляется пользователем IoT. Сеть служб и сеть доступа поддерживают общие приложения, в том числе специальные приложения IoT и устаревшие приложения, например, телефонию, распространение видео и доступ в Интернет. Сеть служб включает функции переключения между местоположениями. Сеть доступа обеспечивает функции мультиплексирования потока трафика из определенной области [2].

5. Конфигурации сети для платформы обмена данными (DEP IoT) в типовой архитектуре IoT

Платформа DEP IoT обеспечивает совместную работу с информацией в системах IoT, распространяется на сущности IoT и работает как платформа для

объединения распределенных частей [2].

Платформа DER IoT эффективно передает большое количество малых блоков данных с датчиков и исполнительных устройств и на них. Платформа может быть использована всеми службами, включая локальные и глобальные службы IoT. DER IoT должна работать в любой сети, включая бесконтактные сети, сети доступа, сети служб и пользовательские сети, даже если в этих сетях развернуты приложения, отличные от IoT [2].

С точки зрения DER IoT пять конфигураций сети, указанные на **рис. 2**, объединяются в три конфигурации (**рис. 3**), переопределенные как конфигурации X, Y и Z.

Рис. 3. Конфигурации сети для DER IoT [2]

Функции DER IoT реализуются у пользователя IoT, в подсистеме доступа и обмена ресурсами, шлюзе IoT и устройствах IoT, которые указаны в модели на основе сущностей. Взаимосвязь между платформой DER IoT и типовой моделью IoT показана на **рис. 4**. В типовой архитектуре IoT [3] определены две типовые модели: типовая модель на основе сущностей и на основе доменов.

Рис. 4. Функции DEP IoT в типовых моделях IoT [2, 3]

На рис. 4 показано расположение функций DEP IoT. DEP IoT реализует передачу данных в приложения IoT как часть сетевых функций. DEP IoT не включает обработку данных и облачные вычисления. DEP IoT обеспечивает следующую функциональность [2]:

- 1) DEP IoT функционирует независимо от средств и протоколов связи для обеспечения эффективных служб приложений IoT. DEP IoT должна осуществлять передачу данных между пользователями IoT и устройствами IoT через шлюз IoT или напрямую. Например, когда большой объем сенсорных данных передается по глобальным сетям с использованием интернет-технологий, DEP IoT обеспечивает передачу данных с небольшими накладными расходами, например, с небольшой задержкой обработки и/или небольшим объемом трафика, за счет уменьшения обработки на сложных протоколах, связанных с IP;

2) DER IoT должна динамически контролировать соответствующие функции для приложений IoT, например, контролировать потоки трафика для приложений IoT и предоставлять требуемое качество обслуживания (QoS);

3) DER IoT должна управлять проверкой путей связи и устройств IoT.

На **рис. 4** подсистема доступа и обмена ресурсами установлена как узловая точка для каждой сети в соответствии с ситуацией (см. **рис. 3**).

6. Сценарии использования платформы DER IoT в системе IoT

На **рис. 5** показана логическая конфигурация с точками развертывания функций DER IoT в 4 сценариях использования. С точки зрения реализации совместно с точками взаимодействия для ранее разработанных приложений могут использоваться шлюз IoT и подсистема доступа и обмена ресурсами, поддерживающие функции DER IoT.

Рис. 5. Сценарии использования DER IoT и взаимосвязь между службами IoT и другими службами [2]

Описание функционирования DEP IoT в сценариях использования приведено в таблице 2.

Таблица 2

Функционирование DEP IoT в сценариях использования

Сценарий использования А
<p>DEP IoT разделяет последовательные потоки данных от пользователя IoT на блоки данных, которые должны быть переданы подключенным сетевым интерфейсам, поддерживающие общие службы, например, Интернет. DEP IoT должна изолировать каналы связи для приложений IoT от других каналов для обеспечения требуемого QoS.</p> <p>В данном сценарии использования применяются технологии виртуализации.</p>
Сценарий использования Б
<p>DEP IoT выполняет роль узловой точки. Типы сетей включают бесконтактные сети, сети доступа, сети служб и пользовательские сети [1]. DEP IoT должна применяться во всех типах сетей, кроме бесконтактных сетей. Приложения IoT должны предоставляться между сетевыми интерфейсами через DEP IoT. Другие приложения должны предоставляться между сетевыми интерфейсами без DEP IoT. DEP IoT должна изолировать каналы связи для приложений IoT от других приложений для обеспечения требуемого QoS.</p>
Сценарий использования В
<p>DEP IoT интегрирована в шлюз IoT. Шлюз IoT подключается между бесконтактными сетями и сетями доступа [1]. DEP IoT передает приложения IoT между бесконтактными сетями и сетями доступа, как показано на поясняющем рисунке. DEP IoT должна изолировать каналы связи для приложений IoT от других приложений для обеспечения требуемого QoS.</p>

Продолжение таблицы 2

Сценарий использования Г
<p>The diagram shows a blue 3D box labeled 'DEP IoT' at the top. Below it are two white 3D boxes: 'Устройство IoT' (IoT Device) on the left and 'Сетевой интерфейс (IoT)' (IoT Network Interface) on the right. Two black arrows point from the bottom of the 'DEP IoT' box to the top of each of the two bottom boxes.</p>	<p>DEP IoT интегрирована с устройствами IoT, которые включают физические сущности, например, датчики и исполнительные устройства. На основе сигналов от физических сущностей формируются блоки данных, которые передаются в бесконтактную сеть, как показано на поясняющем рисунке.</p>

7. Требования к функциональным блокам платформы DEP IoT

Состав функциональных блоков DEP IoT показан на рис. 6.

Рис. 6. Функциональные блоки DEP IoT [2]

Взаимосвязи между функциональными блоками DEP IoT и сценариями использования представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Взаимосвязи между функциональными блоками
и сценариями использования DER IoT**

Блок	Сценарий использования А	Сценарий использования Б	Сценарий использования В	Сценарий использования Г
Контроль коммуникационного доступа	+	+	+	+
Контроль данных	-	+	+	-
Трансляция данных	-	-	-	+
Контроль IoT	+	+	+	+
Управление IoT	+	+	+	+
Адаптация	+	+	+	+
Примечание : "+" - наличие взаимосвязи, "-" – отсутствие взаимосвязи.				

В сценарии использования **А** не требуется контроль данных и трансляция данных, поскольку DER IoT расположена на границе служб;

В сценарии использования **Г** не требуется контроль данных, поскольку DER IoT находится в точке соединения с устройствами. Однако сценарий использования **Г** должен включать трансляцию данных, потому что DER IoT собирает сигналы от устройств в блоки данных.

В сценариях использования **Б** и **В** платформа DER IoT действует как точка взаимодействия.

Контроль коммуникационного доступа (САС) должен обеспечивать обработку протокола для приложений IoT в соответствии с **рис. 7**.

Рис. 7. Взаимодействия между блоками САС [2]

САС в DEP IoT должен транслировать в оконечных точках исходные данные от устройств IoT или пользователей IoT в блоки данных и наоборот. В точках взаимодействия САС должен передать блоки данных другим САС, независимо от протоколов нижнего уровня и среды передачи. В блоке САС должен проводиться контроль большого числа малых блоков данных от датчиков и исполнительных устройств и к ним. Такой контроль позволит упростить операции, например, уменьшенные издержки и простые последовательности связи. Для контроля могут применяться новые сетевые технологии, например, технология ICN [Информационно-ориентированная сеть (Information Centric Network)]. Типы технологии и свойства типов технологии ICN для платформы обмена данными включают согласно данным таблицы 4:

- сетевая архитектура, ориентированная на данные (DONA);
- контентно-ориентированная сеть (CCN);
- парадигма издатель-подписчик интернет-маршрутизации (PSIRP);
- сеть информации (NetInf).

Таблица 4

Свойства типов технологий ICN [2]

Свойство	DONA	CCN	PSIRP	NetInf
Пространство имен	Плоское со структурой	Иерархическое	Плоское со структурой	Плоское со структурой
Целостность именованных данных	Подпись, PKI -независимое	Подпись, внешний доверенный источник	Подпись, PKI - независимое	Подпись или хэш-контент, PKI - независимое
Удобочитаемые имена	Нет	Возможны	нет	нет
Абстрактная модель информации	Нет	нет	нет	да
Уровень детализации NDO	Объекты	Пакеты	Объекты	Объекты
Агрегация маршрута	Подписка / явная	Подписка	Область / явная	Подписка
Маршрутизация запросов NDO	На основе имен (через RH)	На основе имен	Служба разрешения имен NRS	Гибридная схема NRS и на основе имен
Маршрутизация NDO	Обратный путь запроса или прямое соединение IP	Обратный путь запроса на основе состояния маршрутизатора	Маршрутизация по источнику с фильтром Блума	Обратный путь запроса или прямое соединение IP
API	Синхронное получение	Синхронное получение	Публикация / подписка	Синхронное получение
Протокол передачи данных	IP	Большинство, включая IP	IP/PSIRP	Большинство, включая IP

PSIRP – это асинхронная архитектура с использованием публикации и подписки. Протокол MQTT относится к данному типу. Другие типы являются синхронной архитектурой с использованием запроса данных по требованию и ответа, которые являются парными.

В технологии ICN выполняются простые последовательности связи с уменьшенными издержками, поскольку отсутствует необходимость определения физических адресов из информации о передаче. Например, в Интернете IP-адреса обнаруживаются DNS. В технологиях ICN процесс

обнаружения не требуется. Данный блок должен применяться во всех сценариях использования. DEP IoT относится к прикладному уровню, как показано на **рис. 8**.

Рис. 8. Структура уровней платформы обмена [2]

Следовательно, САС должен быть адаптирован между приложениями IoT и нижними уровнями, как показано на **рис. 9 согласно [2]**. САС должен абстрагировать протоколы нижнего уровня.

Рис. 9. Независимость между САС и низкоуровневыми протоколами

Платформа DEP IoT должна обеспечивать сосуществование между приложениями IoT и другими приложениями, например, ранее разработанными приложениями в Интернете, если другие приложения развернуты (рис. 10).

Рис. 10. Архитектура сосуществования приложений IoT и других приложений [2]

Согласно рис. 10 на транспортном уровне и нижнем уровне (Инфраструктура Интернета) приложения системы IoT и другие приложения могут работать параллельно. САС не должен запрашивать модификации инфраструктуры Интернета, если эта инфраструктура развернута. САС должен работать через интерфейсы транспортных уровней (например, TCP или UDP) и изолировать приложения IoT от других приложений, используя определенные технологии, например, технологии виртуализации [2].

Контроль данных кэширует данные в сетях, чтобы уменьшить потоки трафика за счет устранения повторной передачи тех же данных. Контроль данных уменьшает объем трафика в сетях и должен быть установлен в точках взаимодействия, т.е. в сценариях использования Б и В [2].

Трансляция данных должна формировать блоки данных из битовых потоков от устройств IoT, например, датчиков. Трансляция данных должна проводиться в сценарии использования Г [2].

Контроль IoT должен предоставлять эксплуатационные параметры (например, параметры QoS) для САС и должен проводить мониторинг рабочего состояния. Блок должен управлять передачей маршрутов и QoS приложений IoT в сетях. Блок должен быть развернут во всех сценариях использования [2].

Управление IoT должно проводить мониторинг сбоев DEP IoT и маршрутов связи между DEP IoT и другой DEP IoT [2].

Адаптация. Предполагается, что DEP IoT работает на транспортном уровне в стеке протоколов связи. В других случаях сетевой уровень или нижние уровни подключаются к DEP IoT через функцию адаптации. Функция адаптации зависит от реализации DEP IoT [2].

Требования к DEP IoT определяются с точки зрения протокола связи. DEP IoT должна позиционироваться как верхний уровень протоколов связи, например, протокол прикладного уровня (рис. 11) .

Рис. 11. Передача данных между протоколами связи в DEP IoT [2]

При работе на транспортном уровне DEP IoT должна быть подключена к протоколам транспортного уровня (TCP и UDP) через обычные сокеты. При работе не на транспортном уровне нижние уровни должны быть адаптированы к DEP IoT через функцию адаптации.

Схема служб. DEP IoT должна обеспечивать эффективность доставки информации без исследования и модификации служб, связанных с информацией. DEP IoT должна обрабатывать информацию от/к нижним уровням независимо от пользовательских служб. Физическое расположение DEP IoT показано на (рис. 12, а) без использования DEP IoT схема взаимодействия будет сложнее (рис. 12, б).

**Рис. 12. Связи между пользователями IoT и службами IoT [2]:
а - с использованием DEP IoT; б - без использования DEP IoT**

Для развертывания служб в различных сценариях использования DEP IoT должна абстрагироваться от конфигурации сети, протоколов и служб [2]. Операции DEP IoT показаны на рис. 13, а их описание дано в таблице 5.

Рис. 13. Операции контроля информации с использованием DEP IoT

Таблица 5

Операции DEP IoT

Название операции	Алгоритм выполнения операции
1. Предустановленные маршруты передачи	При подписке пользователей на приложение IoT управление IoT устанавливает маршруты передачи в IoT DEP.
2. Запрос на сбор данных	<p>При сборе пользователями IoT данных от устройств IoT (например, датчиков) передается сообщение запроса в DEP IoT в сетях, использующих предустановленные маршруты.</p> <p>Для данной операции не требуется DNS, хотя он является обязательным для Интернета.</p> <p>В случае нескольких предустановленных маршрутов DEP IoT разрешает выбор маршрута. IP и связанные с ним протоколы изолированы от данной операции.</p>

Продолжение таблицы 5

3. Передача данных	Устройство IoT передает данные в DER IoT в сетях, описанных в операции 2. DER IoT может кэшировать данные. Впоследствии, когда пользователь IoT запрашивает передачу данных, DER IoT передает данные из кэша вместо устройства IoT. К механизмам передачи данных применяются технологии ICN (см. таблицу 5).
4. Схемы доступа к данным	В операциях 2 и 3 применяются две схемы: синхронная и асинхронная.
	Синхронная схема: применяются последовательности запроса / данных в CCN, который является типом ICN. Сообщение запроса применяется для запроса на сбор данных. Сообщение данных применяется для передачи данных, соответствующих сообщению запроса. Последовательности запроса / данных являются парными.
	Асинхронная схема: Последовательности сообщений публикации / подписки в протоколе MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), который является типом ICN. Сообщение подписки используется для получения данных. Сообщение публикации используется для передачи данных. Сообщения публикации и подписки вызываются независимо. DER IoT управляет взаимосвязью между этими сообщениями в соответствии с приложениями IoT.

8. Конфигурации реализации платформы DER IoT

В ПНСТ 433-2020 [2] приведены рекомендации по функциональной совместимости в DER IoT, определенных как сценарии использования А, Б, В и Г. Конфигурирование сущностей, включающих DER IoT для связи показано в таблице 6. DER IoT реализуется без адаптации на транспортном уровне. При наличии функции адаптации в DER IoT могут быть включены функции нижнего уровня.

Таблица 6

Конфигурация сущностей с DEP IoT

Конфигурация сущностей DEP IoT с адаптацией		Конфигурация сущностей DEP IoT без адаптации	
Службы	Прикладное программное обеспечение	Службы	Прикладное программное обеспечение
DEP IoT	Промежуточное программное обеспечение	DEP IoT	Промежуточное программное обеспечение
Транспортный уровень Сетевой уровень	Базовое программное обеспечение	Транспортный уровень Сетевой уровень	
Канальный уровень	Драйвер устройств	Канальный уровень	
Физический уровень	Специализированное устройство	Физический уровень	Специализированное устройство

Конфигурация реализации: Абстракция нижнего уровня в DEP IoT

При работе на транспортном уровне DEP IoT должна быть подключена к этому уровню через интерфейс сокетов, указанный в TCP или UDP. Интерфейс сокетов идентифицируется номерами портов, например, присвоенными известными портами или согласованными портами. Когда контроль коммуникационного доступа в DEP IoT поддерживает несколько протоколов доступа с различными технологиями ICN (см. таблицу 5), для интерфейсов между DEP IoT и транспортным уровнем следует назначить несколько портов для идентификации каждого протокола доступа (рис. 14).

Когда в DEP IoT запрашиваются различные возможности связи для передачи информации на нижних уровнях, например, маршрут передачи, QoS и т.д., для интерфейсов между DEP IoT и транспортным уровнем следует назначить несколько портов, чтобы идентифицировать возможности передачи (рис. 15). Выбор порта вызывается в контроле коммуникационного доступа DEP IoT.

Рис. 14. Реализация поддержки нескольких протоколов доступа в DEP IoT [2]

Рис. 15. Реализация поддержки нескольких интерфейсов сокетов в DEP IoT [2]

При работе на канальном или физическом уровне DEP IoT должен быть подключен к уровню через функцию адаптации. Функция адаптации

объединяет различные интерфейсы на канальном или физическом уровне с интерфейсом сокета (рис. 16).

Рис. 16. Реализация поддержки нескольких интерфейсов сокетов в DEP IoT с функцией адаптации [2]

Конфигурации реализации: Внутренние соединения в DEP IoT

Все функциональные блоки реализуются в виде промежуточных модулей базового программного обеспечения. Блоки контроля коммуникационного доступа и контроля данными требуют также наличия аппаратного обеспечения, потому что обработка протокола, включая конечные автоматы и таймер, а также кэш данных могут проводиться аппаратными средствами, например, ASIC или ускорителями.

В качестве примеров систем на основе платформы обмена данными DEP IoT приведены [2]:

- система мониторинга конечных точек IoT (рис. 17);

- система управления энергопотреблением IoT для промышленных объектов (рис. 18) [4].

В системе IoT для удаленного мониторинга критически важной инфраструктуры используется большое количество датчиков (рис. 17). Данные удаленного мониторинга используются во многих приложениях.

Рис. 17. Система мониторинга оконечных точек IoT [2]

Если датчики и исполнительные устройства критически важной инфраструктуры не работают вследствие сбоя или других инцидентов, это в значительной степени влияет на всю инфраструктуру. Поэтому необходимо отслеживать различные состояния датчиков и исполнительных устройств, например, состояние аккумулятора, версия программного обеспечения и т.д. Крупномасштабные системы имеют большой объем трафика для мониторинга. Кроме того, в таких системах необходимы различные методы получения данных и выдвигаются различные требования к QoS. Каждое приложение подготавливает свои методы сбора данных для централизованного административного контроля, что приводит значительным вложениям в

развитие системы. DER IoT развернута в системе мониторинга как общая платформа для всех приложений. DER IoT установлена на данные оконечной точки, систему мониторинга и / или шлюз IoT [2].

На **рис. 18** показана система управления энергопотреблением для более эффективного использования энергии с использованием различных данных IoT. Система предоставляет некоторые приложения с применением собранных данных.

**Рис. 18. Система управления энергопотреблением IoT
для промышленных объектов [2]**

Для сбора данных для управления энергопотреблением используются различные сети связи на физическом, канальном и транспортном уровнях. Предъявляются различные требования QoS. Для централизованного административного контроля данных каждое приложение должно иметь похожие средства. Это приводит к дорогостоящему развитию системы. DER IoT

разворачивается в системе как общая платформа для всех приложений сбора данных. DER IoT устанавливается в системе управления энергопотреблением (EMS), агенте управления энергопотреблением (EMA) и / или системе накопления энергии (ESS).

Заключение

Интернет вещей (IoT) является одной из наиболее динамичных и перспективных информационно-коммуникационных технологий, способный подключать физические сущности ("вещи") к информационно-технологическим системам через сети. Основой интернета вещей являются электронные устройства, взаимодействующие с физическим реальным миром. Датчики собирают информацию о физическом мире, а исполнительные устройства могут оказывать воздействие на физические сущности. Датчики и исполнительные устройства могут иметь различные формы, например термометры, акселерометры, видеокамеры, микрофоны, реле, обогреватели или промышленное оборудование для производства или контроля процесса. Для сбора и обработки данных используются такие технологии как мобильные технологии, облачные вычисления, большие данные и глубокая аналитика (предиктивная, когнитивная, в режиме реального времени и контекстная). Данные предоставляют контекстную, актуальную и прогностическую информацию, которая оказывает влияние на физические и виртуальные сущности, что в конечном итоге позволяет контролировать физические сущности.

Для обмена данными интернета вещей должна быть создана платформа DER IoT, состоящая из компонентов промежуточного программного обеспечения, связанных с сетевыми функциями, включая сетевые конфигурации, механизмы связи и функциональные возможности компонентов для интернета вещей.

Требования к платформе обмена данными DER IoT для различных служб установлены предварительным национальным стандартом Российской

Федерации ПНСТ 433-2020 «Информационные технологии. Интернет вещей. Требования к платформе обмена данными для различных служб интернета вещей», в котором также содержатся рекомендации по внедрению указанных компонентов.

Список литературы

1. ПНСТ 518-2021 (ИСО /МЭК 20924:2018). Информационные технологии. Интернет вещей. Термины и определения. [Электронный ресурс] / <https://docs.cntd.ru/document/1200177823>; утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 января 2021 г. N 7-пнст; срок действия от 01.07.2021 до 01.07.2024.

2. ПНСТ 433-2020. Информационные технологии. Интернет вещей. Требования к платформе обмена данными для различных служб интернета вещей [Электронный ресурс]: сайт <https://docs.cntd.ru/document/1200174764>; утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 августа 2020 г. N 42-пнст; срок действия от 01.01.2021 до 01.01.2024.

3. ПНСТ 438-2020. Информационные технологии. Интернет вещей. Типовая архитектура [Электронный ресурс]: сайт <https://docs.cntd.ru/document/1200174805>; утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 августа 2020 г. N 47-пнст; срок действия от 01.01.2021 до 01.01.2024.

4. ПНСТ 420-2020. Информационные технологии. Интернет вещей промышленный. Типовая архитектура [Электронный ресурс]: сайт <https://docs.cntd.ru/document/1200174445>; утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 июля 2020 г. N 29-пнст; срок действия от 01.01.2021 до 01.01.2024.

© Л.П. Андрианова, З.Х. Павлова, М.И. Хакимьянов, 2021