ГЛАВА I

УДК 004.738

АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ АРХИТЕКТУРНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ 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 изложены принципы построения концептуальной модели системы Интернета вещей (IoT) на основе унифицированного языка моделирования (UML). Приведена функциональная диаграмма концептуальной модели на основе сущностей и доменов с указанием физических и цифровых сущностей, пользователей IoT и сетей связи. Представлены взаимосвязи между виртуальной сущностью, физической сущностью и устройством IoT. Показана взаимосвязь между концептуальной моделью, типовой моделью и типовой архитектурой. Изложенный материал построен на основе предварительных национальных стандартов в области ИТ-технологий: Интернет вещей.

Ключевые слова: информационные технологии, интернет вещей, концептуальная модель, физическая сущность, виртуальная сущность,

пользователи интернета вещей, высокоуровневой представление концептуальной модели.

ASPECTS OF CREATING A CONCEPTUAL MODEL FOR ARCHITECTURAL REPRESENTATION INTERNET OF THINGS SYSTEMS

Andrianova Lyudmila Prokopyevna

Pavlova Zukhra Khasanovna

Hakimyanov Marat İlgizoviç

Abstract: The paper outlines the principles of building a conceptual model of the Internet of Things (IoT) system based on the unified modeling language (UML). A functional diagram of a conceptual model based on entities and domains is presented, indicating diagram of a conceptual model based on entities and domains is presented, indicating physical and digital entities, IoT users and communication networks. The interrelations physical and digital entities, IoT users and communication networks. The interrelations between a virtual entity, a physical entity and an IoT device are presented. The relationship between the conceptual model, the standard model and the standard architecture is shown. The presented material is based on preliminary national standards in the field of IT technologies: Internet of Things.

Key words: information technology, internet of things, conceptual model, physical entity, virtual entity, internet of things users, high-level representation of the conceptual model.

Введение

Интернет вещей (IoT) является одной из наиболее динамичных и перспективных информационно-коммуникационных технологий, с помощью которых подключают физические сущности (вещи) к ИТ-системам через сети.

В настоящее время IoT широко применяется в промышленности и обществе, его развитие будет продолжаться в течение многих лет. Различные IoT-приложения и службы, использующие методы IoT, обеспечивают возможности, которые были недоступными еще несколько лет назад [1, 2, 3].

Основой Интернета вещей являются электронные устройства, которые взаимодействуют 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. Технология Интернета вещей может быть интегрирована в существующие технологии. Добавление датчиков к существующей технологии обеспечит проведение измерений в режиме реального времени, что способствует усовершенствованию существующей функциональности и снижению эксплуатационных расходов (например, умные светофоры адаптируются к дорожной обстановке, снижая перегруженность на дорогах и загрязнение воздуха). Данные, генерируемые IoT-датчиками, могут поддерживать новые бизнес-модели и адаптировать товары и услуги к пониманию и потребностям заказчика. Помимо приложений, технологии необходимо поддерживать контроль над самой системой IoT и ее адаптацию.

Прогнозная статистика указывает на то, что к 2020-2025 гг. интернет вещей соединит 50 миллиардов устройств по всему миру [3].

Возможные применения включают такие области как умный город, интеллектуальные энергосети, умный дом/здание, цифровое сельское хозяйство, умное производство, интеллектуальные транспортные системы, электронное здравоохранение [3].

Интернет вещей является инновационной технологией, которая включает поддерживающие технологии, например, различные сетевые технологии, информационные технологии, технологии зондирования и контроля, программные технологии, приборные / аппаратные технологии.

Широко используемые инновационные технологии определены в стандартах таких организаций, как ИСО (ISO), МЭК (IEC), Международный союз электросвязи (ITU), Инженерный совет Интернета (IETF), Институт инженеров электротехники и электроники (IEEE), Европейский институт телекоммуникационных стандартов (ETSI), Проект партнерства третьего поколения (3GPP), Консорциум Всемирной паутины (W3C) и т.д.

Важным аспектом инновационных технологий является доверенность, и для ее обеспечения в Интернете вещей необходимо использовать существующие и будущие передовые практики. Например, для поддержания надежности, безопасности и защищенности имеет важное значение мониторинг и анализ развернутых систем IoT. Контролируемый доступ обеспечивает защищенность системы.

Концептуальная модель системы IoT определяет понятия и их логическую взаимосвязь и представляют собой основу и обоснование для архитектурного представления системы интернета вещей [3].

1. Общие принципы создания концептуальной модели IoT

Концептуальная модель IoT устанавливает общую структуру и определения для описания концепций и взаимосвязей между сущностями в системах IoT. Концептуальная модель может быть общей, абстрактной и простой, поэтому перед ее созданием необходимо уточнить основные требования системы IoT, ответив на следующие вопросы [1, 2]:

- Какова общая модель сущностей IoT и их взаимосвязей?
- Каковы ключевые понятия в типичной системе IoT?
- Каковы взаимосвязи между сущностями, в частности, между

цифровыми сущностями и их физическими сущностями?

- Кто и где является участником?
- Как вещи и службы взаимодействуют через сеть?

В соответствии с ПНСТ 438 -2020 [3] концептуальная модель системы IoT представлена с использованием унифицированного языка моделирования (Unified Modeling Language, UML) на основе двух разных видов отношений между сущностями: обобщение и ассоциация.

Обобщение – это отношение «есть», например, датчик является устройством IoT (**рис. 1**).

Рис. 1. Пример отношения Обобщение [3]

Ассоциация. Названия ассоциаций являются глаголами. На **рис. 2** показано отношение ассоциации, когда датчик проводит мониторинг физической сущности (предмета).

Рис. 2. Пример отношения Ассоциация [3]

Ограничения количества элементов на концах ассоциации (см. рис. 2) не показаны, т.к. они варьируются от одного вида ассоциации к другому.

2. Диаграмма концептуальной модели IoT на основе сущностей и доменов

Основными понятиями концептуальной модели IoT являются сущности и домены, представленные на рис. 3.

Сущность – это обособленно и независимо существующий предмет, например, человек, организация, устройство, подсистема или группа таких предметов. Концептуальная модель IoT содержит четыре фундаментальных сущности: вещь (физическая сущность), пользователь (пользователь IoT), ИТ-системы (цифровая сущность), сети связи (сеть).

Рис. 3. Диаграмма концептуальной модели IoT [3]

Цифровая сущность – это один из вычислительных элементов и элементов данных системы IoT, который включает в себя приложения, службы, виртуальные объекты, хранилища данных, устройства IoT и шлюзы IoT.

Пользователь IoT – это сущность, которая может быть человеком или не человеком.

Физическая сущность – это дискретная, идентифицируемая и наблюдаемая сущность.

Сеть – сущность системы IoT, через которую другие сущности взаимодействуют друг с другом. Сеть – это инфраструктура, которая соединяет множество цифровых сущностей и обеспечивает обмен данными между ними. Сеть – это специализированная сущность.

Сущности имеют идентичность через связанный идентификатор. Идентификаторы необходимы цифровым сущностям для взаимодействия с другими цифровыми сущностями через сеть. Существует множество форм идентификаторов, используемых в зависимости от свойств сущности. При рассмотрении системы IoT необходимо провести декомпозицию системы на части и сгруппировать сущности, которые служат общей цели, например, определенной доменом. Сущности домена часто работают в подсистеме, связанной с этим доменом. Подсистемы и сущности домена могут взаимодействовать с подсистемами и сущностями другого домена. В таких случаях говорят, что два домена взаимодействуют друг с другом [3].

На **рис. 4** показано, что один домен IoT А взаимодействует с другим доменом IoT В. Один домен IoT может взаимодействовать с несколькими доменами IoT.

Рис. 4. Взаимодействия доменов [3]

Домен является основной функциональной группой системы IoT. Каждая сущность в системе IoT включена (или содержится) в один или несколько доменов. Взаимосвязи сущностей и доменов для концептуальной модели показаны в таблице 1.

Таблица 1

Взаимосвязи сущностей и доменов в концептуальной модели

Тип отношений	Название	Соответствующий элемент	Описание
Сущность			
Ассоциация	имеет	Идентичность	Сущность имеет идентичность
Домен			
Ассоциация	включает	Сущность	Домен включает одну или несколько сущностей
Ассоциация	взаимодействует	Домен	Домен взаимодействует с другими доменами
Цифровая сущность			
Обобщение	является	Сущность	Цифровая сущность является специализированной сущностью
Ассоциация	содержит	Цифровая сущность	Цифровая сущность содержит другие цифровые сущности
Физическая сущность			
Обобщение	является	Сущность	Физическая сущность является специализированной сущностью
Ассоциация	содержит	Физическая сущность	Физическая сущность содержит другие физические сущности
Пользователь IoT			
Обобщение	является	Сущность	Пользователь IoT является специализированной сущностью, представляющей пользователя человека или цифрового пользователя
Сеть			
Обобщение	является	Сущность	Сеть является специализированной сущностью

3. Аспекты идентичности в концептуальной модели

Многие сущности в IoT, особенно физические сущности (вещи), имеют идентичность. Понятие идентичности в отношении сущностей показано на диаграмме (рис. 5).

Рис. 5. Диаграмма концептуальной модели с идентификатором [3]

Идентификатор – это набор атрибутов сущности, используемый для уникальной идентификации сущности в контексте. Сущность может иметь более одного идентификатора, но требуется как минимум один уникальный идентификатор в контексте идентичности, через который к ней можно получить доступ. Например, идентификационная информация из метки может использоваться в качестве идентификатора для идентификации физической сущности, к которой он присоединен (таблица 2).

Таблица 2

Идентификатор

Тип отношений	Название	Соответствующий элемент	Описание
Ассоциация	идентифицирует	Сущность	Идентификатор идентифицирует сущность
Ассоциация	отличает	Идентичность	Идентификатор отличает идентичность. Идентичность может иметь более одного идентификатора
Ассоциация	идентифицирует	Контекст идентичности	Идентификатор идентифицируем в заданном контексте идентичности

Идентификатор идентифицирует сущность. Идентификаторы характеризуют идентичность сущности. Сущность может иметь более одного идентификатора. Идентификаторы применяются в данном контексте идентичности [3].

4. Службы, сети, устройства и шлюзы IoT концептуальной модели

Взаимосвязи служб, устройств IoT, шлюзов IoT и соединяющих их сетей в концептуальной модели представлены на **рис. 6**.

Служба является абстрактным понятием. Служба реализуется одним или несколькими компонентами. Может быть несколько реализаций одной и той же службы. Сущности взаимодействуют через сети путем представления одной или нескольких конечных точек в сети. Сеть соединяет конечные точки. Служба представляет одну или несколько конечных точек, с помощью которых может быть вызвана.

Оконечная точка имеет один или несколько сетевых интерфейсов. Удаленные службы могут быть достигнуты конечными точками через сетевые интерфейсы по сети связи. Конечные точки существуют в одной или нескольких сетях. Данные, связанные со службами, устройствами и шлюзами

IoT, могут храниться в хранилище данных, используемом одним или несколькими сущностями.

Рис. 6. Диаграмма службы, сети, устройства и шлюза IoT [3]

Оконечная точка либо реализует интерфейс, который может вызываться другими сущностями, либо соединяет сущность с интерфейсами других сущностей. Оконечная точка может содержать более одного интерфейса. Интерфейс – это набор операций и связанных параметров, которые могут использоваться одной цифровой сущностью для запроса действий у другой цифровой сущности (таблица 3).

Таблица 3

Оконечная точка

Тип отношений	Название	Соответствующий элемент	Описание
Ассоциация	Имеет	Интерфейс	Оконечная точка может содержать более одного интерфейса
Ассоциация	существует в	Сеть	Оконечная точка существует в сети

Шлюзы IoT образуют мост между различными сетями: между бесконтактными сетями, к которым подключены устройства IoT, и сетями доступа (как правило, глобальными сетями), которые используют другие сущности в системе IoT. Шлюзы IoT могут использовать локальные хранилища данных (таблица 4).

Таблица 4

Шлюзы IoT [3]

Тип отношений	Название	Соответствующий элемент	Описание
Ассоциация	взаимодействует через	Сеть	Одна или несколько сетей, через которые осуществляются взаимодействия с другими сущностями
Ассоциация	представляет	Оконечная точка	Одна или несколько конечных точек, через которые осуществляются взаимодействия
Ассоциация	использует	Хранилище данных	Ноль или более хранилищ данных использованы шлюзом IoT
Ассоциация	соединяет	Устройство IoT	Одно или несколько устройств IoT, соединенных через шлюз IoT

Шлюзы могут включать функции безопасности для защиты обеих конечных точек от сетевых атак или для защиты транзитных сетей от вредоносных или поврежденных конечных точек. Такие службы могут быть включены поставщиками служб либо в эксплуатационные, либо в дополнительные задачи.

Устройство IoT – это цифровая сущность, которая соединяет физические сущности реального мира с другими цифровыми сущностями системы IoT через функции восприятия и приведения в действие. Устройство IoT является как цифровой, так и физической сущностью, так как некоторые физические характеристики устройства IoT влияют на его использование в системе IoT, например, местоположение, движение и ускорение устройства. Устройство IoT взаимодействует с одной или несколькими сетями для связи с другими сущностями (Таблица 5).

Устройство IoT должно иметь подключаемость сети и предоставлять одну или несколько конечных точек, может содержать вычислительные возможности и опционально использовать локальные хранилища данных [3].

Таблица 5

Устройство IoT [3]

Тип отношений	Название	Соответствующий элемент	Описание
Ассоциация	взаимодействует через	Сеть	Одна или несколько сетей, через которые осуществляются взаимодействия с другими сущностями
Ассоциация	представляет	Оконечная точка	Одна или несколько конечных точек, через которые осуществляются взаимодействия
Ассоциация	использует	Хранилище данных	Нуль или более хранилищ данных использованы шлюзом IoT

Служба – это набор отдельных возможностей, предоставляемых через определенный интерфейс. Служба может включать другие службы. Служба обычно реализуется как программное обеспечение. Служба определяет сетевые интерфейсы и представляется конечной точкой. Служба взаимодействует с другими сущностями через одну или несколько сетей. Служба взаимодействует

с нулевым или большим количеством шлюзов IoT, с нулевым или большим количеством устройств IoT, с нулевым или большим количеством других служб (таблица 6). Службой может использоваться нуль или большее количество хранилищ данных.

Таблица 6

Служба [3]

Тип отношений	Название	Соответствующий элемент	Описание
Ассоциация	взаимодействует через	Компонент	Служба реализуется одним или несколькими компонентами
Ассоциация	представляет	Оконечная точка	Служба определяет интерфейсы сети и представляется конечной точкой
Ассоциация	взаимодействует через	Сеть	Служба взаимодействует через другие сущности через одну или несколько сетей
Ассоциация	взаимодействует с	Шлюз IoT	Служба взаимодействует с нулем или более шлюзами IoT
Ассоциация	взаимодействует с	Устройство IoT	Служба взаимодействует с нулем или более устройствами IoT
Ассоциация	взаимодействует с	Служба	Служба взаимодействует с нулем или более другими службами
Ассоциация	использует	Хранилище данных	Службой используется нуль или более хранилищ данных

Приложение – это программное решение, предназначенные для содействия пользователям IoT в осуществлении определенных задач или обработке конкретных видов задач информационных технологий посредством автоматизации процесса или функции бизнеса [адаптировано из ГОСТ Р ИСО/МЭК 27034-1-2014].

Приложение может использовать одну или несколько служб. Приложение может использоваться человеком (через человеко-машинный интерфейс (HMI)) или цифровым пользователем (через API) [3].

Интерфейс определяется как именованный набор операций, который характеризует поведение сущности. Интерфейс представляет собой набор операций и связанных параметров, которые могут использоваться одной цифровой сущностью для запроса действий от другой цифровой сущности.

Сеть устанавливается путем подключения устройств и шлюза IoT. Все соответствующие оконечные точки доступны через их интерфейсы.

Хранилища данных поддерживаются шлюзом IoT и, опционально, устройствами IoT. Хранилища данных содержат данные, относящиеся к системам IoT. Данные могут быть получены непосредственно от устройств IoT или от служб, обработавшими данные от устройств IoT [3].

5. Пользователи IoT в концептуальной модели

Участники систем IoT, а именно пользователи IoT, представлены на **рис. 7.**

Пользователем IoT может быть либо человек (пользователь-человек), либо цифровой пользователь.

Рис. 7. Диаграмма пользователей IoT [3]

Цифровой пользователь включает в себя службы автоматизации, которые действуют от имени пользователя-человека, например, при взаимодействии между компьютерами. Цифровой пользователь взаимодействует с одной или несколькими службами прямо или косвенно через конечную точку службы. Пользователь-человек взаимодействует через одно или несколько приложений.

Пользователь-человек – это человек, использующий систему IoT. Пользователь-человек является специализированным пользователем IoT. Пользователь-человек взаимодействует в сети через приложение (таблица 7).

Таблица 7

Пользователь-человек [3]

Тип отношений	Название	Соответствующий элемент	Описание
Обобщение	Является	Пользователь IoT	Пользователь-человек является специализированным пользователем IoT
Ассоциация	взаимодействует	Приложение	Пользователь-человек взаимодействует в сети через приложение

Цифровой пользователь – это цифровая сущность, использующая систему IoT. Цифровой пользователь является специализированным пользователем IoT. Цифровой пользователь взаимодействует в сети с одной или несколькими службами, предлагаемыми системой IoT (таблица 8).

Таблица 8

Цифровой пользователь [3]

Тип отношений	Название	Соответствующий элемент	Описание
Обобщение	является	Пользователь IoT	Цифровой пользователь является специализированным пользователем IoT
Ассоциация	взаимодействует	Приложение	Цифровой пользователь взаимодействует с одной или большим количеством служб, предлагаемых системой IoT через сеть

Приложение – это программная сущность или система, которая предоставляет набор функций, с помощью которых пользователь может выполнить задачу или достичь бизнес-цели. Приложение обычно использует службы. Функции приложения могут быть представлены как службы (таблица 9).

Таблица 9

Приложение [3]

Тип отношений	Название	Соответствующий элемент	Описание
Обобщение	является	Служба	Приложение является службой

6. Виртуальная сущность, физическая сущность и устройство IoT

Взаимосвязи между виртуальной сущностью, физической сущностью и устройством IoT представлены на **рис. 8**.

Рис. 8. Диаграмма виртуальной сущности, физической сущности и устройства IoT [3]

Исполнительные устройства и датчики – это устройства IoT, которые имеют прямой или косвенный контакт с физической сущностью. Виртуальная сущность, метка, исполнительное устройство, датчик, идентификатор, шлюз IoT и устройство IoT являются цифровыми сущностями. Исполнительное

устройство оперирует с полученной цифровой информацией для воздействия (изменения) на некоторые свойства физической сущности. Датчик воспринимает определенные характеристики физической сущности и преобразует их в цифровое представление, которое может передаваться. Физическая сущность может иметь одну или несколько прикрепленных меток, и датчики могут контролировать метку, а не непосредственно физическую сущность. Исполнительные устройства и датчики являются устройствами IoT, которые количественно преобразуют изменения в одной физической величине в изменения в другой. Одно устройство IoT может содержать несколько датчиков, например, таких датчик местоположения GPS и акселерометр в смартфоне. Примером является смартфон с датчиком для определения температуры окружающей среды. Другим примером является случай, когда приложение Bluetooth на смартфоне соединяется с кондиционером для контроля температуры в помещении; в этом случае кондиционер является исполнительным устройством. Следующий пример: смартфон имеет приложение для считывания штрих-код.

Приложение может иметь локально установленную базу данных (локальное хранилище данных) для поиска информации о штрих-коде сканируемого объекта или взаимодействовать с удаленной службой с размещением каталога через мобильную сеть. Штрих-код является одной из форм метки, прикрепленной к физической сущности [3].

Датчик – это устройство, которое измеряет некоторые свойства физической сущности и выводит данные цифрового измерения. Цифровое измерение выходного сигнала датчика может значительно отличаться от исходной величины физической среды и может выводиться со значительной задержкой по времени, в зависимости от обработки данных в устройстве. Примером может служить распознавание личности человека из устройства камеры наблюдения. Датчик является специализированным устройством IoT. Датчик проводит мониторинг физической сущности (таблица 10).

Таблица 10

Датчик [3]

Тип отношений	Название	Соответствующий элемент	Описание
Обобщение	является	Устройство IoT	Датчик является специализированным устройством IoT
Ассоциация	воздействует	Физическая сущность	Датчик проводит мониторинг физической сущности

Исполнительное устройство – это устройство, которое принимает цифровые входные данные и воздействует (изменяет) на одно или несколько свойств физической сущности на основе входных данных. Исполнительное устройство является специализированным устройством IoT. Исполнительное устройство воздействует на физическую сущность (таблица 11).

Таблица 11

Исполнительное устройство [3]

Тип отношений	Название	Соответствующий элемент	Описание
Обобщение	Является	Устройство IoT	Исполнительное устройство является специализированным устройством IoT
Ассоциация	Воздействует	Физическая сущность	Исполнительное устройство воздействует на физическую сущность

Виртуальная (цифровая) сущность – это цифровое представление физической сущности в службе. Виртуальная сущность может взаимодействовать через оконечную точку (таблица 12).

Таблица 12

Виртуальная сущность [3]

Тип отношений	Название	Соответствующий элемент	Описание
Ассоциация	взаимодействует	Оконечная точка	Виртуальная сущность взаимодействует через оконечную точку

Продолжение таблицы 12

Ассоциация	Представляет	Физическая сущность	Виртуальная сущность представляет физическую сущность
------------	--------------	---------------------	---

Метка – это физическая сущность, присоединенная к другой физической сущности для проведения ее идентификации и отслеживания. Метки могут иметь различные формы. Некоторые метки являются пассивными, например, штрих-коды, другие – активными, например, метки RFID.

7. Высокоуровневое представление концептуальной модели

Диаграмма высокоуровневого представления ключевых понятий концептуальной модели IoT приведена на рис. 9, где показаны их взаимосвязи и взаимодействия (на диаграмме нет понятий IoT, представленных ранее).

Рис. 9. Диаграмма высокоуровневого представления концептуальной модели [3]

Система IoT включает устройства, которые соединяют физические сущности в реальном мире с цифровыми сущностями путем взаимодействия через одну или несколько сетей. Сущности, определенные на **рис. 9**, включены в систему IoT.

Пользователь IoT может быть пользователем-человеком или цифровым пользователем, таким как роботы или службы автоматизации, которые действуют от имени пользователя-человека. Цифровой пользователь использует службы через сеть связи. Пользователь-человек взаимодействует с помощью приложений, которые являются специализированной формой служб. Некоторые приложения взаимодействуют с другими службами через сеть.

Физическая сущность – это реальная вещь, которая управляется исполнительным устройством или отслеживается датчиком. Физическая сущность может иметь прикрепленную метку, которая отслеживается датчиком вместо физической сущности.

Виртуальная сущность представляет собой физическую сущность в мире информационных технологий. Виртуальная сущность – это цифровая сущность. Исполнительные устройства и датчики являются типами устройств IoT. Устройства IoT взаимодействуют через сеть и могут либо осуществлять связь на значительном расстоянии напрямую, либо связаны со шлюзом IoT, осуществляющим связь на значительном расстоянии. Хранилища данных содержат данные, относящиеся к системам IoT. Данные могут быть получены непосредственно от устройств IoT или от служб, обрабатывающих данные от устройств IoT.

8. Взаимосвязь между концептуальной моделью, типовой моделью и типовой архитектурой [3]

Типовая модель – это абстрактная структура для понимания значимых связей между сущностями среды и для разработки согласованных стандартов или спецификаций, поддерживающих эту среду.

Типовая модель основана на небольшом числе объединяющих понятий и

может использоваться в качестве основы для обучения и объяснения стандартов неспециалистам. Типовая модель не связана напрямую с какими-либо стандартами, технологиями или конкретными деталями реализации, а обеспечивает базовое понимание.

Ряд понятий является частью типовой модели. Типовая модель является абстрактной и предоставляет определенную информацию об окружающей среде. Типовая модель описывает тип сущностей, которые встречаются в такой среде, а не конкретные сущности в конкретной среде. Типовая модель описывает типы сущностей и доменов и их отношения. Типовая модель описывает не обязательно все сущности в структуре, а только необходимые для конкретной ситуации. Типовая модель используется для:

- создания стандартов для объектов модели и их взаимосвязей;
- обучения третьей стороны;
- определения четких ролей и обязанностей в системе;
- сравнения разных сущностей.

Под типовой архитектурой понимаются контексты, снабженные общими характеристиками, лексиконом, требованиями и вспомогательными элементами. Вспомогательными элементами является описание основных компонентов базовой архитектуры с предоставлением рекомендаций и ограничений для создания экземпляров архитектур решений. Архитектуры решения могут быть определены с разных точек зрения и на многих разных уровнях детализации и абстракции. Архитектуры решения включают список сущностей, функции, соединения, взаимосвязи и взаимодействия друг с другом и с функциями, расположенными вне предопределенных архитектурных шаблонов. На **рис. 10** показана последовательность архитектуры от концептуальной модели до типовой модели на основе сущностей и типовой модели на основе доменов для ряда различных представлений типовой архитектуры.

Рис. 10. Взаимосвязи между концептуальной моделью, типовой моделью и типовой архитектурой [3]

Порядок в последовательности архитектуры может отличаться от указанного и быть «эволюционным». Описания архитектуры должны быть задокументированы. На основе концептуальной модели разработана типовая модель на основе сущностей для демонстрации взаимосвязи между системами IoT на высоком уровне

Концепция доменов позволяет разделить разработку архитектур IoT для конкретных решений. Типовая модель на основе доменов является основой для дальнейшей декомпозиции и разработки представлений архитектуры.

Домены систем IoT определяются путем изучения заинтересованных сторон и аппаратного и программного обеспечения систем IoT. Использование общих и репрезентативных доменов обеспечивает эффективную и актуальную типовую модель систем IoT для различных целей и применений типовой модели.

Список литературы

1. ПНСТ 518-2021 (ИСО /МЭК 20924:2018). Информационные технологии. Интернет вещей. Термины и определения. [Электронный ресурс]: сайт <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.

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