

УДК 621.391

А.Е. КУДРЯВЦЕВ, аспирант гр. ЭКС-22-2 (ЛГТУ)
Научный руководитель В.И. ЗАЦЕПИНА, д.т.н., доцент (ЛГТУ) г. Липецк

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕННОГО ДОМА

Технологический прогресс, происходящий в области электроники, обуславливает растущий спрос на устройства или объекты Интернета вещей (IoT), особенно в области подключенного цифрового дома. В целом рынок предлагает все более специфические беспроводные датчики и исполнительные устройства (лампочки, встроенные розетки, термостаты, динамики к микроконтроллерам или встраиваемым системам с ограниченными ресурсами, которые обладают относительно высокой мощностью и потребляют мало энергии, обеспечивая при этом превосходную IP-связь с протоколами TCP для доступа в Интернет [1].

Во многих случаях такие подключенные объекты также являются интеллектуальными, поскольку они способны взаимодействовать и сотрудничать с другими устройствами или системами, доступными через Интернет, что позволяет им принимать решения, адаптированные к окружающей среде. Например, "умный" термостат может принимать решение о действии по управлению котлом на основе заданной пользователем температуры и состояния окружающей среды, в которой он находится, подключаясь к метеорологической системе, предоставляющей прогнозы погоды [2].

В этой среде взаимодействия подключенного цифрового дома происходит взаимодействие не только между IoT-объектами, но и между сервисами, приложениями, платформами, коммуникационными сетями и людьми, причем последние - через свои мобильные, носимые или сенсорные устройства. Все эти взаимодействия и составляют экосистему Интернета Вещей. В этом контексте, который называют Интернетом Всего (IoE, Internet of Everything) и который станет основой Интернета будущего, станет возможным развертывание агентов или автономных приложений, способных выполнять интеллектуальные функции и проактивное поведение путем изучения, обучения, обработки и анализа данных, полученных в результате взаимодействия или сотрудничества с остальными участниками экосистемы Интернета вещей [3].

Процесс создания и создания IoT-объекта требует объединения таких аспектов, как электронный дизайн, механический дизайн, производство аппаратного обеспечения, разработка программ контроллеров, подключение цифрового дома и его интеграция в экосистему IoT, а также оценка концептуальной идеи IoT-объекта и бизнес-возможностей, которые он предлагает, как и любой другой продукт потребительской электроники [4].

Существует несколько вариантов процесса создания и развития объекта Интернета вещей, которые существенно зависят от процедуры интеграции IoT-объекта в IoT-экосистему [5]. По сути, можно выделить два основных этапа: проектирование и создание самого объекта Интернета вещей и его интеграция в экосистему Интернета вещей, как показано на рис. 1. В обоих случаях каждый этап состоит из набора последовательных подэтапов.

Создание IoT-объекта включает в себя ряд этапов, которые начинаются с описания функций, ожидаемых от нового IoT-объекта, электронного проектирования (выбор печатной платы, пассивных компонентов), механического проектирования, которое требует герметизации датчиков или исполнительных механизмов или механики самого объекта, интеграции различных аппаратных элементов (микроконтроллер, датчики, исполнительные механизмы) с учетом выполненного электронного проектирования, и, наконец, программирования программного обеспечения.

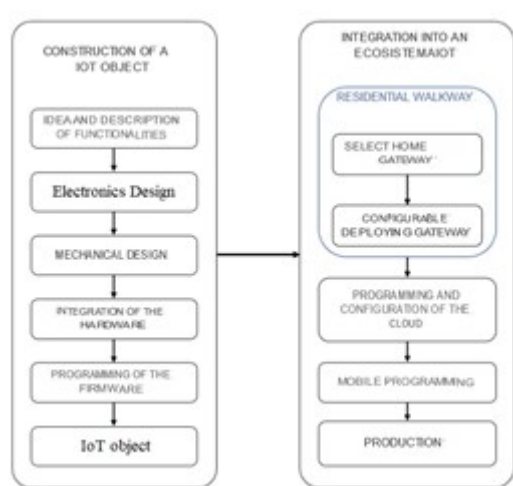


Рис. 1. Этапы создания IoT-объекта и его интеграция в IoT-экосистему.

После разработки объекта Интернета вещей важно изучить, как конечный продукт будет интегрирован с экосистемой Интернета вещей, которая используется в качестве основы. Для этого необходимо

определить дополнительные элементы, которые следует учесть, чтобы IoT-объект мог открыто демонстрировать свою функциональность в Интернете и, соответственно, быть доступным для любого клиента, работающего на компьютере или мобильном устройстве. Более подробно различные подэтапы будут рассмотрены позже, когда будет определена эталонная архитектура.

Возможность подключения IoT-объекта важна, поскольку IoT-объект должен быть открыт для возможного доступа, который может осуществляться приложениями или сервисами, потребляющими IoT-объект, из любой точки мира и в любой момент времени.

В домашних условиях используются различные типы протоколов связи, в основном беспроводные, в зависимости от необходимости автономности, энергопотребления, дальности, частоты и скорости передачи. В табл. I приведены основные характеристики, связанные с этими стандартами связи, включая область применения и возможность взаимодействия между несколькими IP-сетями.

Коммуникационные протоколы на базе TCP/IP используют один и тот же протокол как для частных, так и для локальных и глобальных сетей. Это упрощает доступ из широкополосных сетей, а также из мобильных сетей, таких как 4G. В табл. II приведены наиболее распространенные прикладные протоколы TCP/IP, определенные для реализации Интернет-услуг. В этом списке можно выделить протоколы, основанные на двух парадигмах взаимодействия: парадигме запроса/ответа и парадигме публикации/подписки.

Парадигма "запрос/ответ" является наиболее распространенной и, в частности, использует протокол HTTP (Hypertext Transfer Protocol). Однако протоколы на основе публикации/подписки могут сократить обмен сообщениями, особенно при отправке небольших пакетов, как это происходит при передаче данных датчиков или их срабатывании. В этом смысле CoAP (Constrained Application Protocol) и MQTT являются хорошими кандидатами для "цифрового дома", поскольку это очень легкие протоколы по сравнению с классическим HTTP.

MQTT - это протокол связи M2M (machine-to-machine) с открытым исходным кодом, разработанный компанией IBM как чрезвычайно легкий транспортный протокол публикации/подписки для обмена сообщениями. Система состоит из двух элементов: клиентов, которые могут быть издателями или подписчиками, и брокера или сервера, который отвечает за распределение сообщений между издателями и подписчиками. Подписчики регистрируются у брокера,

указывая интересующие их темы или предметы. Когда издатели посылают брокеру сообщения по определенным темам, брокер отвечает за пересылку сообщений всем подписчикам по этой теме.

MQTT, в частности, гарантирует надежность связи, поскольку ориентирован на соединение и использует парадигму публикации/подписки, что позволяет использовать архитектуру, ориентированную на события, вместо архитектуры клиент/сервер, основанной на запросах/ответах. С другой стороны, в MQTT реализована поддержка безопасности, основанная на использовании TLS (Transport Layer Security) по TCP-каналу.

Таблица 1

Сравнение существующих беспроводных протоколов в IoT для
подключенного цифрового дома

Протокол	Поток	Частотный диапазон	Объем	IP-совместимость
EnOcean	125 кбит/с	868 МГц	30 м (по прямой)	Нужен мост
Z-Wave	50 кбит/с	868 МГц	1-40 м (прямая)	EnOcean
ZigBee	20 кбит/с	868 МГц, 2,4 ГГц	10 м (прямая)	Необходим Z-мост.
6LoWPAN	250 кбит/с	915 МГц, 868 МГц	20 м	Волна
Bluetooth	1 Мбит/с	2402 - 2480 МГц	10 м (прямая)	Нужен мост
BLE	2 Мбит/с	2,4 ГГц	70 м (прямая)	ZigBee.
802.11a	25 Мбит/с	5,15 - 5,35 ГГц,	25 м	Да
802.11b	6,5 Мбит/с	5,47 ГГц	35 м	Нужен мост.
802.11g	25 Мбит/с	2,4, 5,0 ГГц	25 м	Нужен мост.
802.11n	200 Мбит/с	2,4, 5,0 ГГц	50 м	Да
802.11ax	0,6-8,0 Мбит/с	2,4, 5,0 ГГц	100 м (препятствия)	Да

Экосистема IoT определяет, как будет происходить взаимодействие с IoT-объектом и другими объектами, распределенными в сети, такими как приложения, сервисы, агенты и даже другие люди через мобильные устройства. Наиболее общая архитектура экосистемы Интернета вещей для цифрового дома, состоит из трех уровней: уровня восприятия, уровня локального или удаленного шлюза и уровня потребитель-клиент.

Уровень восприятия включает в себя объединение всех IoT-

объектов в частной локальной сети. Уровень Home Gateway отвечает за координацию действий/запросов к/от IoT-объектов в домашней локальной сети, а также за сбор/отправку запросов, поступающих из Интернета. На этом уровне также осуществляется управление хранением и состоянием данных с помощью облачных систем или менеджеров баз данных. Наконец, на клиентском уровне рассматриваются различные средства, используемые пользователями для доступа к локальной сети системы.

В качестве домашнего шлюза, помимо маршрутизатора, обеспечивающего обмен сообщениями между локальной сетью и широкополосной сетью, следует рассматривать встраиваемую систему с более широкими возможностями, поскольку требуется установить MQTT-брокер, облегчающий передачу сообщений между объектами Интернета вещей, домашним шлюзом в MQTT и клиентами, использующими мобильное устройство.

В данном случае брокер Mosquitto установлен на Raspberry Pi 3 под управлением операционной системы Raspbian Stretch (дистрибутив Debian/Linux).

Аналогично, для установки и настройки MQTT-передатчика рекомендуется выполнить следующие шаги.

1. Установка MQTT- передатчика.
2. Создание сертификата, подписанного паролем брокера.
3. Получение отпечатка пальца и интеграция его в прошивку микроконтроллера.

После установки брокера Mosquitto следует обратить внимание на то, что в конфигурационные файлы включены имя пользователя и пароль брокера в зашифрованном виде и созданы TLS-сертификаты для защиты MQTT-соединения через передатчика.

После создания и разработки нового IoT-объекта, программирования его микропрограммы и окончательной интеграции в IoT-экосистему через резидентный или удаленный шлюз выполняется процесс установки нового объекта. Эти шаги должны быть выполнены клиентом как MQTT-издателем в соответствующей теме.

Как и в случае с любым коммерческим объектом Интернета вещей, процесс настройки для клиента, приобретающего продукт, должен быть максимально простым.

На первом этапе объект находится в режиме AP (точка доступа), который позволяет клиенту ввести SSID-информацию и пароли для различных точек доступа в Интернет. В случае успеха смарт-замок

переходит в режим клиента.

На втором этапе клиент должен заполнить поля, относящиеся к MQTT-брокеру, включая пароль пользователя, IP-адрес брокера и протокол безопасности TLS.

На третьем этапе клиенту необходимо загрузить и настроить приложение IoT MQTT Panel. С этого момента клиент сможет использовать функции нового объекта интеллектуального замка IoT.

Учитывая, что безопасность является важнейшим аспектом при разработке следующего поколения IoT-устройств, мы считаем, что этот аспект должен рассматриваться на этапе проектирования нового IoT-устройства и следовать рекомендациям, подобным недавно предложенным Правительством Англии, которое недавно разработало кодекс лучших практик безопасного проектирования для разработчиков IoT-устройств бытовой электроники [6].

Список литературы:

1. Ли С., Да Сюй Л., Чжао С. Интернет вещей: обзор // Информационные системы. Front. vol. 17, no. 2, pp. 243-259, April 2015.
2. Д. Хан и Дж. Лим, "Система управления энергопотреблением для умного дома с использованием IEEE 802.15.4 и zigbee", IEEE Trans. Consumption Electron, vol. 56, no. 3, pp. 1403-1410, August 2010.
3. P. Pico-Valencia и J. A. Holgado-Terriza, "Agentisation of the Internet of Things: a systematic literature review", Int.J. Int. Distrib. Sensor Networks, vol. 14, no. 10, p. 155014771880594, Oct. 2018.
4. MC VEGA, PO VIVAS, CM RIOS, CG LUIS, BC MARTIN, and AH SECO, "Internet of Things technologies in the connected industry 4.0", IEEE Transactions on the Internet of Things. 2015.
5. M. A. Razzaq, M. Milojevic-Djevic, A. Palade, and S. Clark, "Middleware for the Internet of Things: a survey", IEEE Internet Things J., vol. 3) no. 1, pp. 70-95, February 2016.
6. Дж. М. Блайт, Н. Сомбатруанг и С. Джонсон, "Какие функции безопасности и советы по предотвращению преступлений содержатся в руководствах и на страницах поддержки потребительских устройств Интернета вещей?", 8 апреля 2019 г. [Онлайн]. Доступно: <https://academic.oup.com/cybersecurity/article/5/1/tyz005/55194>

Информация об авторах:

Кудрявцев Артем Евгеньевич, аспирант гр. ЭКС-22-2, ЛГТУ,

**VI Международная молодежная научно-практическая
конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»
213-7 17-23 ноября 2023 года**

398055, г. Липецк, ул. Московская, д. 30, tembich001@mail.ru

Зацепина Виолетта Иосифовна, д.т.н., доцент, ЛГТУ, 398055, г.
Липецк, ул. Московская, д. 30, д. 30, vizatsepina@yandex.ru