

УДК 620.9:658.28

## СОЗДАНИЕ СЕТИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ «УМНЫЙ ДОМ»

В.А. ВИШНЯКОВ<sup>1</sup>, К.А. РАДКЕВИЧ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»,  
ул. П. Бровки, 6, Минск, 220600, Беларусь

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи»,  
ул. Ф. Скорины, 8/2, Минск, 220076, Беларусь

Поступила в редакцию 5 ноября 2021

В статье приведен обзор отдельных технологий создания сетей Интернета вещей (IoT). Рассмотрен процесс создания и моделирования сети «Умный дом» с использованием средства Packet Tracer, приведены вариации с изменением состава сети. Дано описание IoT облачной платформы Azure, ее возможности по созданию сетей, разработаны алгоритмы построения прототипа сети IoT Умный дом на ее основе.

*Ключевые слова:* Интернет вещей, создание IoT сетей, Packet Tracer, облачная платформа Ахига.

**Введение.** Интернет вещей (IoT) – это совокупность встроенных систем, сетей беспроводных датчиков, систем управления и средств автоматизации обработки информации, получаемой от сенсоров [1]. Сети IoT позволяют на новом уровне реализовать автоматизацию производственных процессов, управление объектами транспорта, энергетики, сельского хозяйства, медицины, создавать интеллектуальные магазины, «умные» дома, районы и города [2]. Активно они получили развитие в последние десять лет. Отдельные вопросы построения и моделирования элементов сетей IoT представлены в монографиях [3, 4].

Для быстрой разработки компьютерных сетей, в том числе сетей IoT компания Cisco выпустила средство Packet Tracer [5]. Для автоматизации создания и моделирования сетей IoT ведущие мировые компании разработали средства проектирования в виде облачных платформ IoT, обзор отдельных из них приведен в работе [6]. Анализ таких платформ и алгоритм создания примера сети приведен в статье [7]. Вместе с тем практически отсутствующими отечественными работами, содержащими методику построения сетей Интернета вещей с использованием зарубежных инструментальных средств, что важно как для дипломников, так и для молодых исследователей.

Целью данной статьи является разработка процессов создания сети Интернета вещей «Умный дом» как с использованием Packet Tracer, так и облачной платформы. Задачами являются: процесс построения и модификации сети Интернет вещей «Умный дом» средствами Packet Tracer; рассмотрение процесса создания и алгоритмов построения сети IoT на базе облачной платформы Azure.

**Функции Packet Tracer.** Cisco Packet Tracer разработан компанией Cisco и рекомендован использоваться при изучении и настройке телекоммуникационных сетей и сетевого оборудования, а также для проведения лабораторных работ в высших заведениях [5]. Функционально он поддерживает:

- дружелюбный графический интерфейс (GUI), что способствует к лучшему пониманию организации сети, принципов работы устройства;
- возможность смоделировать логическую топологию: рабочее пространство для того, чтобы создать сети любого размера на CCNA-уровне сложности;

- моделирование в режиме real-time (реального времени);
- режим симуляции;
- многоязычность интерфейса программы: что позволяет изучать программу на своем родном языке.
- усовершенствованное изображение сетевого оборудования со способностью добавлять/удалять различные компоненты;
- позволение сетевым инженерам, студентам и преподавателям создавать шаблоны сетей и использовать их в дальнейшем;
- проектирование физической топологии: доступное взаимодействие с физическими устройствами, используя такие понятия как город, здание, стойка и т. д.

Широкий круг возможностей пакета позволяет сетевым инженерам: конфигурировать, отлаживать и строить вычислительную сеть. Также данный продукт незаменим в учебном процессе, поскольку дает наглядное отображение работы сети, что повышает освоение материала учащимися.

Эмулятор сети позволяет сетевым инженерам проектировать сети любой сложности, создавая и отправляя различные пакеты данных, сохранять и комментировать свою работу. Специалисты могут изучать и использовать такие сетевые устройства, как коммутаторы второго и третьего уровней, рабочие станции, определять типы связей между ними и соединять их.

На заключительном этапе, после того как сеть спроектирована, специалист может приступить к конфигурированию выбранных устройств посредством терминального доступа или командной строки.

**Моделирование сети умный дом с использованием Packet Tracer.** В статье [9] авторы представили структуру сети «Умный дом». Рассмотрим, как аналогичную сеть представить и моделировать в Packet Tracer, где управление происходит с помощью планшета. Описание создания сетей на базе Packet Tracer приведено в работе [5].

Создаваемая сеть Интернета вещей «Умный дом» также состоит из инфраструктурных устройств, таких как домашний шлюз. При нажатии иконки Home Gateway, открывается окно Home Gateway. Для просмотра настроек нужно перейти на вкладку Config.

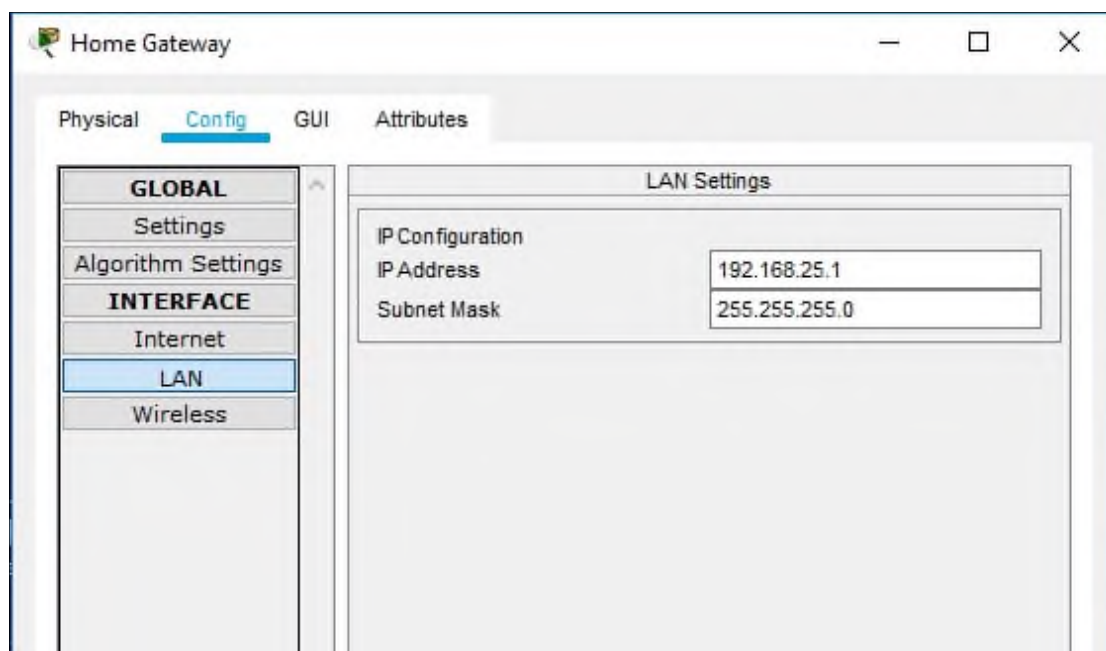


Рис. 1. Окно свойств главного шлюза

На рис. 1 виден IP адрес сети. При выборе опции Wireless можно увидеть настройки беспроводной сети (рис. 2).

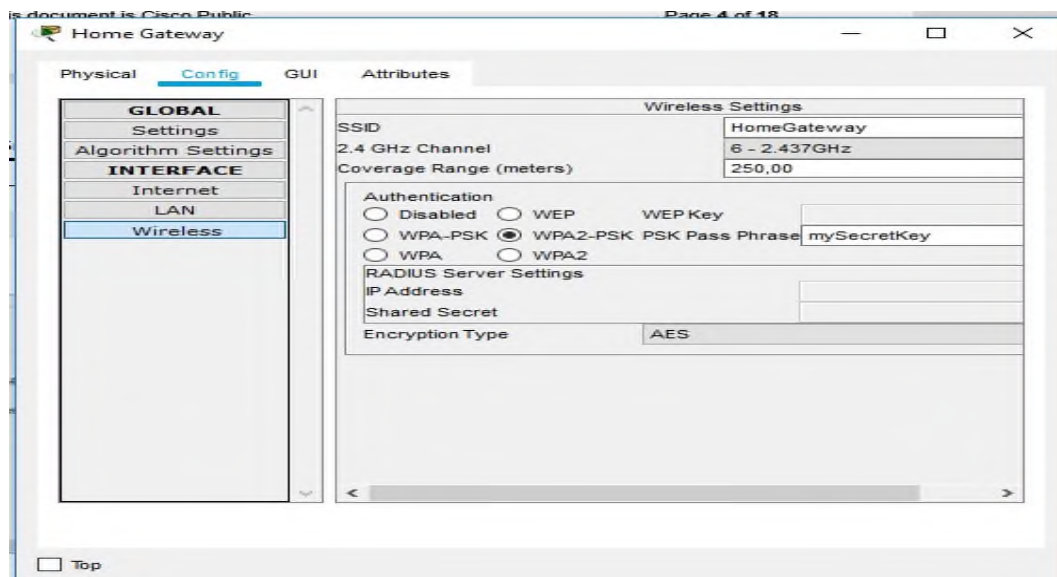


Рис. 2. Настройка беспроводной сети

С помощью планшета можем контролировать состояние подключенных устройств, а также управлять ими через вкладку Desktop. Для подключения к web-интерфейсу Home Gateway, необходимо на планшете зайти в браузер и ввести в поле URL IP адрес Home Gateway 192.168.25.1. При вводе имени пользователя и пароля открывается список всех подключенных устройств, которые добавлены ранее (рис. 3).

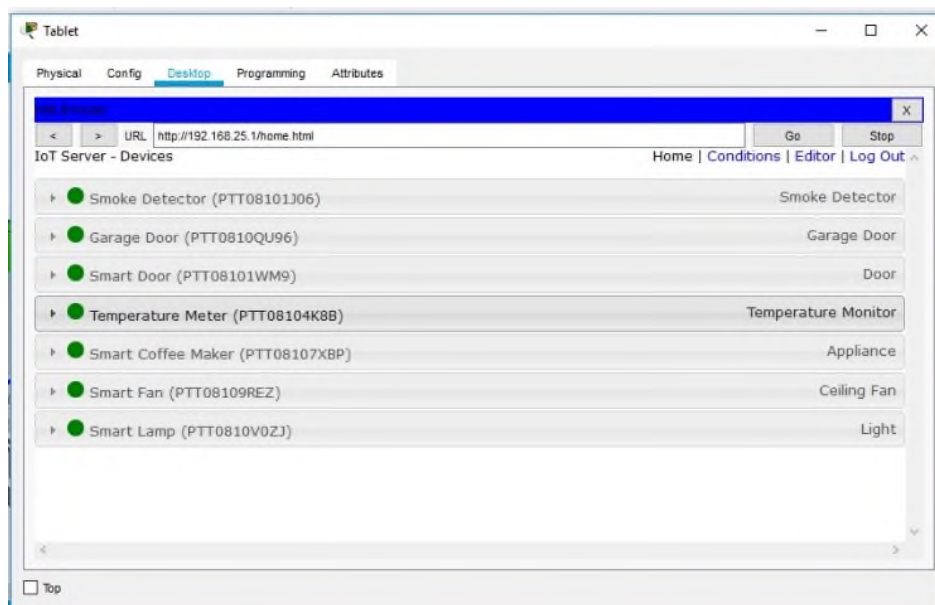


Рис. 3. Список подключенных устройств

Рассмотрим процесс модификации сети. Подключение устройства в систему умный дом, рассмотрим на примере добавления проводного устройства для полива (газонный разбрызгиватель – Lawn Splinker). Для этого перетаскиваем его на любую область Умного Дома и соединяем типом Copper Straight Through FastEthernet0 Sprinker с любым свободным портом Ethernet у главного шлюза Home Gateway.

Но чтобы новое устройство присоединилось к домашней сети, необходимо произвести его настройку, для этого откроем окно свойств нашего газонного распылителя и выберем протокол в Gateway/DNS Ip v4 – DHCP и в IoT Server выберем Home Gateway.

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) – протокол динамической настройки узла, позволяющий сетевым устройствам автоматически получать IP-адрес и другие параметры, необходимые для работы в сети TCP/IP. Новое устройство появилось в общем списке на планшете (рис. 4).

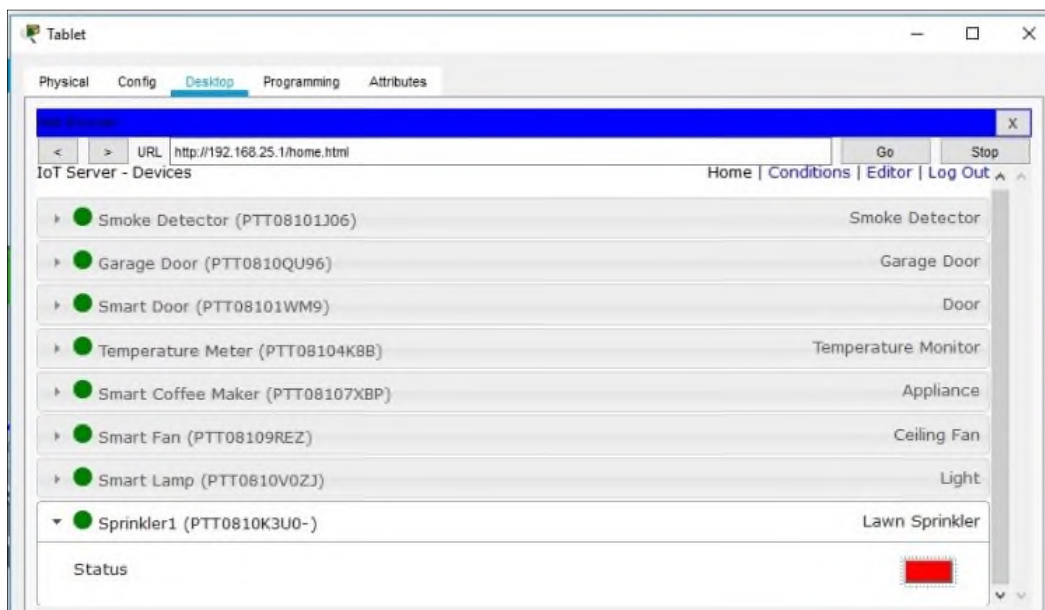


Рис. 4. Sprinkler1 отображается в списке устройств

Из планшета происходит управление, включения и выключения данного устройства. Для демонстрации беспроводного подключения добавим новое беспроводное устройство – датчик ветра Wind Detector. Для этого вновь перетаскиваем наш элемент на экран Умного Дома и заходим в его свойства (рис. 5).

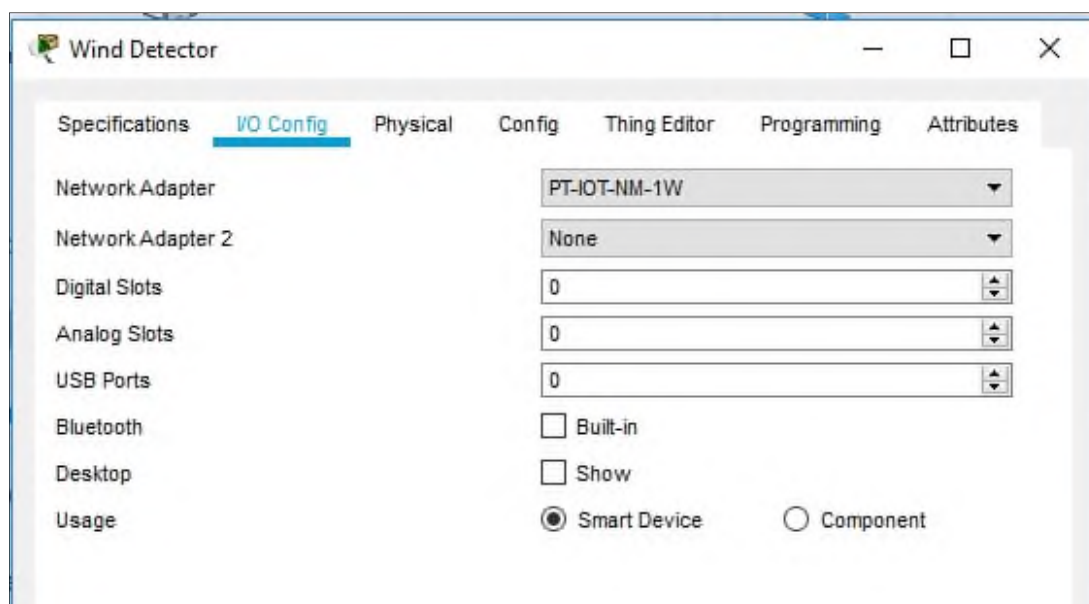


Рис. 5. Свойства элемента Wind Detector

Чтобы наш датчик ветра работал через Wi-Fi, необходимо изменить его сетевой адаптер на PT-IOT-NM-1W. После этого заходим во вкладку Config – Wireless0 выбираем тип

шифрования WPA2-PSK и вводим пароль mySecretKey. Также во вкладке general снова устанавливаем тип протокола DHCP и в IoT server и выбираем Home Gateway.

После этого убеждаемся, что на Wind Detector появился в общем списке всех устройств, для этого вновь заходим на главный шлюз через браузер по адресу 192.168.25.1 и проходим авторизацию. Аналогично добавляются и исследуются другие устройства.

**Облачная платформа IoT Azure.** Компания Microsoft предоставляет широкий выбор решений для Интернета вещей на разных уровнях облачных вычислений. Доступны решения как PaaS (Platform as a Service), SaaS (Software as a Service) так и IaaS (Infrastructure as a Service). Облачные решения Microsoft глубоко интегрированы в платформу Azure, позволяют легко подключать дополнительные масштабируемые сервисы и управлять ими, обеспечивая интеграцию с локальными или облачными системами.

Топологически, решения платформы Azure для Интернета вещей – это набор ресурсов и компонентов, разделенных на устройства IoT, платформу IoT и приложения IoT. События, аналитические сведения и действия – это потоки данных и конвейеры обработки, которые выполняются в этих структурных частях [8].

Упрощенная архитектура взаимодействия служб Azure выглядит как система устройств/датчиков Интернета вещей, передающих данные телеметрии в облачное пространство для хранения и обработки данных. Конечные устройства могут также получать команды из облака, принимая сообщения от серверной части согласно модели поведения и алгоритмам, заложенным в общую систему или переданных оператором по средствам интерфейса взаимодействия с Microsoft Azure.

Устройство IoT имеет одну или несколько из следующих характеристик:

- обладает уникальным идентификатором, который отличает его от решения;
- имеет свойства или состояние, доступ к которому имеют приложения;
- отправляет События на платформу IoT для выполнения приложений;
- получает команды из приложений для выполнения.

Платформа Интернета вещей – это набор служб, которые позволяют устройствам и приложениям подключаться друг к другу и взаимодействовать с ними. Платформа Интернета вещей Azure обычно состоит из центра Интернета вещей Azure и служб маршрутизации событий, таких как концентратор событий Azure [8].

Azure IoT Central (Центр Интернета вещей) – это платформа приложений Интернета вещей, которая снижает нагрузку и затраты, связанные с разработкой, управлением и обслуживанием решений развивающейся инфраструктуры Интернета вещей.

Рассмотрим, как конечные производители могут подключать свои ресурсы к облаку с помощью OPC UA (открытая платформа для взаимодействия с платформой) и промышленных компонентов. Они могут отслеживать ключевые параметры оборудования, чтобы обнаружить аномалии, прежде чем они станут критически важными. OPC UA – это независимый от платформы и ориентированный на службы стандарт взаимодействия для безопасного и надежного обмена данными. OPC UA используется в различных производственных системах и устройствах, например в производственных компьютерах, контроллерах ПЛК и датчиках. Это стандарт, который управляется OPC Foundation.

Поток данных проходит через решение следующим образом.

1. Устройства, которые могут взаимодействовать с OPC UA, могут напрямую подключаться к IoT Edge. IoT Edge – среда выполнения промышленных модулей (издатель OPC, OPC двойника и модуль обнаружения). Модули – это контейнеры, в которых выполняются службы Azure, сторонние службы или собственный код.

Модуль издателя OPC подключается к серверам OPC UA и публикует данные телеметрии OPC UA в центре Интернета вещей Azure. OPC двойника создает цифровой двойника сервера OPC UA в облаке и предоставляет возможности просмотра, чтения, записи и вызова метода OPC UA с помощью облачного интерфейса (передачи) на основе облака. Модуль обнаружения предоставляет службы обнаружения на границе, в том числе обнаружение сервера OPC UA.

2. Устройствам, которые не могут взаимодействовать через OPC UA, требуется адаптер 3 стороннего производителя для подключения к IoT Edge. Адаптеры могут быть получены в виде модулей в Azure Marketplace.

3. Сторонние адаптеры с третьей стороны обеспечивают подключение между устройствами и IoT Edge.

4. Для аналитических возможностей ближе к источнику данных существуют такие модули, как машинное обучение на границе или функции, доступные из Azure Marketplace, что обеспечивает низкую задержку и работу в отключенном состоянии.

5. Центр Интернета вещей Azure подключает устройства к облаку для дальнейшей обработки данных. Это позволяет осуществлять двунаправленный обмен данными между приложениями Интернета вещей и устройствами.

6. Промышленные службы состоят из нескольких микрослужб, предоставляя REST API. Все промышленные службы развертываются в кластере службы Azure Kubernetes. Они реализуют бизнес-логику и функции обнаружения, регистрации, удаленного управления и последующей обработки данных телеметрии промышленных устройств. API-интерфейсы RESTFUL можно использовать на любом языке программирования и платформе, которые могут вызывать конечную точку HTTP.

7. Концентраторы событий Azure преобразуют и сохраняют данные, предоставляет платформу для обработки распределенных потоков с низкой задержкой и простой интеграцией.

Azure IoT поддерживает широкий спектр устройств, от микроконтроллеров, использующих Azure RTOS, и Azure Sphere на такие платы разработчика, как микросхем MX и Raspberry Pi. Azure IoT также поддерживает шлюзы Smart Server, способные выполнять пользовательский код. Устройства могут выполнять некоторую локальную обработку через службу, например Azure IoT Edge, или просто подключиться напрямую к Azure, чтобы они могли отправлять данные в ИВ-решение и получать данные из него.

Пакеты средств разработки для устройств ИВ и Центр ИВ поддерживают стандартные протоколы связи такие как HTTP, MQTT и AMQP. Характеристики устройств Интернета вещей отличаются от характеристик других клиентов, таких как браузеры и мобильные приложения. Пакеты SDK для устройств помогают решать задачи безопасного и надежного взаимодействия устройств с серверной службой. Azure IoT Hub позволяет с минимумом программирования настраивать взаимодействие между устройствами и встраивать его в свои проекты на основе Azure.

Чтобы подключить устройства к ИВ Azure, можно создать пользовательский слой подключения или использовать пакеты SDK для устройств Azure IoT, при выборе пакета SDK необходимо учитывать два основных аспекта: возможности устройства и знание языка программирования. Пакеты SDK для устройств также интегрируются с другими привычными средствами, зависящими от языка. Возможность работать с привычным языком программирования и средствами разработки позволяет оптимизировать цикл разработки для исследования, создания прототипов, разработки продуктов и текущего обслуживания. Пакеты SDK для службы от Центра Интернета вещей позволяют создавать приложения, которые легко взаимодействуют с Центром Интернета вещей и упрощают управление устройствами и безопасностью. Эти пакеты SDK можно использовать для отправки сообщений из облака на устройство, вызова прямых методов на устройствах, обновления свойств устройств и многого другого.

Сервис Microsoft Azure IoT Hub позволяет получать данные практически с любого количества различных устройств, реализующих на практике принципы IoT, в реальном времени и отправлять команды на устройства, а также управлять устройствами. Открытый подход Azure IoT упрощает разработку и интеграцию систем и решений в области Интернета вещей, позволяет подключать миллиарды ресурсов ИВ, отслеживать их состояние и управлять ими, включает системы безопасности и операционные системы для устройств и оборудования, а также данные и средства аналитики.

Одним из последних решений для Умного дома являются «Бесконтактные интерфейсы», которые позволяют реже использовать (или совсем не использовать) точки физического контакта, такие как кнопки светофора, сенсорные экраны, дверные ручки и кнопки лифта, за счет средств бесконтактного взаимодействия, безопасных и привлекательных для пользователей.

**Алгоритмы создания сети Интернета вещей на облачной платформе.** Рассмотрим процесс создания простейшей IoT сети «Умный дом», с использованием облачной платформы. В качестве устройства (датчика) используем уличный фонарь.

1. Создадим учетную запись и войдем в консоль облачной платформы.

2. На левой панели навигации выберем Управление устройствами > Продукты и нажмем Создать продукт.

3. На странице Нового продукта, после настройки параметров, нажмем кнопку ОК.

4. На странице создания продукта нажмем кнопку «Перейти», чтобы добавить устройство.

6. На вкладке Список устройств нажмем кнопку «Добавить устройство», введите имя устройства (DeviceName) как device2, установим имя заметки как device 2 и нажмем ОК.

7. После успешного создания устройства во всплывающем диалоговом окне «Добавить» нажмем кнопку «Скопировать сертификат устройств», чтобы получить сертификат устройства. На странице сведений об устройстве нажмем «Просмотреть» в правой части DeviceSecret, чтобы получить сертификат устройства. Сертификат устройства содержит компоненты ProductKey, DeviceName и DeviceSecret, которые являются важной проверкой подлинности устройства при взаимодействии с облачной платформой Интернета вещей.

После создания устройства выполним алгоритм построения объектной модели, устройство внутри продукта автоматически унаследует содержимое объектной модели.

1. Войдем в консоль облачной платформы Интернета вещей.

2. В левом верхнем углу консоли выберите регион, в котором расположена платформа, а затем на странице Обзора экземпляров щелкнем «Общедоступные экземпляры».

3. На левой панели навигации выберем Управление устройствами > Продукты. В списке товаров найдем созданный датчик для уличного освещения и нажмем «Просмотреть» на панели действий.

4. На странице Сведений о продукте перейдем на вкладку Определения функций, а затем нажмем «Редактировать».

5. На странице Определения функции нажмем кнопку «Добавить пользовательскую функцию», настроим объектную модель, нажмем кнопку ОК. Установим выключатель света и рабочее положение.

6. После создания полной объектной модели можем щелкнуть TSL этой модели, и на вкладке «Полная объектная модель» увидим файл JSON объектной модели.

Алгоритм подключения датчика к платформе:

1. На странице устройства нажмем кнопку «Добавить устройство».

2. В диалоговом окне «Добавить устройство» введем имя устройства: LightSwitch. Затем нажмем кнопку подтверждения.

3. Настроим параметры файла в проекте.

4. Нажмем кнопку «Форма», чтобы завершить компиляцию проекта.

**Заключение.** 1. Приведен обзор отдельных технологий построения сетей Интернета вещей (IoT) на базе таких средств как пакет разработки и моделирования сетей Packet Tracer и облачных платформ.

2. Рассмотрен процесс создания сети «Умный дом» с использованием средства Packet Tracer, показано, как изменять структуру сети путем добавления новых устройств.

3. Дано описание облачной платформы Azure, описаны возможности построения сети IoT на ее основе, включая безопасность в условиях ковида, приведены алгоритмы создания простейшей сети УД.

## DEVELOPMENT OF THE INTERNET OF THINGS «SMART HOME» NETWORK

U.A. VISHNIAKOU, K.A. RADKEVICH

### Abstract

The article provides an overview of individual technologies for Internet of Things (IoT) networks creating. The process of creating and modeling the Smart Home IoT network using Packet Tracer is considered, variations with changes in the network composition are given. The description of the Azure IoT cloud platform, its networking capabilities are given, algorithms for building the prototype of IoT Smart Home network based on it are developed.

**Список литературы**

1. Internet of things definition [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.hpe.com/us/en/what-is/internet-of-things.html>. – Дата доступа : 18.09.2021.
2. The Internet of Things (IoT) explained [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.dbbest.com/blog/the-internet-of-things/>. – Дата доступа : 05.10.2021.
3. Uckelmann, D. Architecting the Internet of Things / D. Uckelmann, M. Harrison, F. Michahelles. – Berlin : Springer-Verlag, 2011. – 386 p.
4. Hussain, F. Internet of Things: Building Blocks and Business Models / F. Hussain. – Cham : Springer, 2017. – 88 p.
5. Основы работы с Cisco [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://pc.ru/articles/osnovy-raboty-s-cisco-packet-tracer>. – Дата доступа : 05.10.2021.
6. IoT Платформы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:IoT-платформы>. – Дата доступа : 21.09.2020.
7. Вишняков, В. А. Платформы для разработки сетей Интернета вещей / В. А. Вишняков // Вестник связи. – 2021. – № 2. – С. 62–65.
8. Интернет вещей Azure [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://azure.microsoft.com/ru-ru/overview/iot/#overview>. – Дата доступа : 05.10.2021.
9. Вишняков, В. А. Модель множественного доступа к сети / В. А. Вишняков, К. А. Радкевич // Проблемы инфокоммуникаций. – 2021. – № 1. – С. 22–27.