

## ДИСТАНЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ НА ОСНОВЕ СЕТИ MESH

*Чжан Тэнфэй<sup>1</sup>, Суходоев М.С.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Томский политехнический университет, ИШИТР, 8ТМ21 e-mail: tenfey1@tpu.ru*

<sup>2</sup>*Томский политехнический университет, ИШИТР, доцент e-mail: smike@tpu.ru*

### **Аннотация**

В этом исследовании представлена интеллектуальная система управления освещением, разработанная с использованием микроконтроллера ESP32 и интегрированная с платформой Baffa IoT. Система объединяет светодиодные индикаторы на главной плате управления и создает сеть MESH для облегчения передачи данных и взаимодействия через MQTT и облачную платформу Baffa IoT, позволяя пользователям удаленно управлять домашними устройствами и получать доступ к информации из любого места.

**Ключевые слова:** сеть MESH, ESP32, IoT, ESP-MESH, MQTT.

### **Введение**

На развитие умных домов в Китае глубокое влияние оказывают зарубежные умные дома, которые проложили путь для отечественных умных домов. За последние два десятилетия индустрия умного дома в Китае постепенно развилась с азов. Все началось с внедрения концепции умного дома, а затем постепенно развивалось за счет продвижения и рекламы крупных производителей, постепенно формируя производственную цепочку на рынке умного дома. Позже, с внедрением технологий 5G, искусственного интеллекта и Интернета вещей (искусственный интеллект и Интернет вещей, AIoT) [1], в развитие индустрии «умного дома» был придан новый импульс. Благодаря новым технологиям, таким как 5G, большие данные, искусственный интеллект и Интернет вещей, продукты для умного дома открыли новые тенденции развития. Умные продукты и системы постоянно обновляются и трансформируются для удовлетворения разнообразных потребностей пользователей, расширяют свои возможности и предоставляют пользователям реальный жизненный опыт использования Интернета вещей [2-3].

В настоящее время, с развитием науки и техники, новые технологии постепенно интегрируются в индустрию умного дома, и индустрия умного дома постепенно развивается в направлении интеллекта, интеграции и экологизации [4]. В будущем умные дома станут отраслевыми стандартами для всей цепочки исследований и разработок, проектирования, производства и продаж, выводя индустрию умных домов на путь стандартизированного развития и улучшая качество развития всей отрасли.

### **Описание интеллектуальной системы управления освещением**

Эта система разработала и спроектировала интеллектуальный функциональный модуль управления освещением, который объединяет светодиодные фонари на главной плате управления. С помощью основной платы управления была создана сеть MESH. Основываясь на преимуществах облачной платформы Baffa IoT, система загрузила собранные информационные данные на облачную платформу, и была достигнута взаимосвязь данных между системой управления и облачной платформой Baffa IoT. с помощью технологии связи Wi-Fi. Благодаря эффективному сочетанию облачной платформы Baffa IoT и интеллектуального оборудования интеллектуальные продукты способствуют развитию интеллектуальных связей, позволяющих домашним пользователям понимать информацию дома в любое время и в любом месте, а также достигать эффекта удаленного управления домашними устройствами.

Инновация этого исследования заключается в использовании микроконтроллера ESP32 и выборе Wi-Fi в качестве метода передачи для построения сети MESH. Собранные данные информации отображаются на облачной платформе Baffa Internet of Things. Легкий протокол передачи телеметрии очереди сообщений (message queuing telemetry transport, MQTT) используется для подключения устройств к облачной платформе Baffa IoT для единого управления. Он реализует многофункциональные требования пользователя к умному дому и сокращает цикл разработки и общую стоимость.

## **Выбор облачной платформы Vaffa IoT**

Платформа Vaffa Cloud IoT использует концепцию разделения клиентской и серверной частей и стремится создавать высокопроизводительные асинхронные и параллельные серверы IoT для обеспечения целостности данных при низком энергопотреблении. Платформа Vaffa Cloud IoT поддерживает многорежимное взаимодействие данных для удовлетворения потребностей различных разработчиков и имеет спецификации протоколов, которые полностью совместимы с различными сервисами платформы. Документация является всеобъемлющей и содержит примеры разработки, позволяющие разработчикам быстро создавать приложения и быстро внедрять Интернет вещей в конечные продукты пользователей.

## **Выбор протокола на основе облачной платформы**

Существует множество протоколов для терминальных устройств для доступа к облачной платформе Vaffa IoT, включая MQTT, протокол передачи гипертекста (hypertext transfer protocol, HTTP), протокол расширенного устройства (enhanced device protocol, EDP), протокол последовательной связи (Modbus), облегченный протокол (LwM2M), протокол управления передачей (transmission control protocol, TCP) и т.д. [5].

В этом исследовании используется протокол MQTT, который представляет собой протокол обмена мгновенными сообщениями, используемый для приложений Интернета вещей. Целью протокола является решение задач подключения большого количества устройств к единому серверу с небольшим объемом служебной информации. Протокол обеспечивает возможность подключения удаленных датчиков и устройств управления в ненадежных сетях с низкой пропускной способностью. Протокол MQTT основан на принципах клиент-сервер, прост, открыт и легко реализуется. Он поддерживает три уровня качества обслуживания (quality of service, QoS) для удовлетворения различных потребностей в передаче сообщений, а также решает вопросы авторизации и безопасности с использованием шифрования TLS/SSL.

## **Выбор протокола для локальной сети - ESP-MESH**

ESP-MESH – это набор сетевых протоколов, построенных на протоколе Wi-Fi. ESP-MESH позволяет большому количеству устройств (узлов), распределенных на большой территории, подключаться друг к другу в одной WLAN (беспроводной локальной сети). ESP-MESH обладает характеристиками самоорганизующейся сети и самовосстановления, что обеспечивает возможность расширения зоны охвата сети.

Технология Wi-Fi имеет высокую скорость передачи. Поскольку умный дом, изучаемый в этой системе, должен быть подключен к платформе Интернета вещей и имеет высокие требования к скорости передачи данных, в конечном итоге в качестве метода беспроводной связи был выбран Wi-Fi [6] с расширением топологии до ячеистой сети с использованием протокола ESP-MESH [7].

## **Реализация сети ESP-MESH**

Протокол ESP-MESH требует от каждого устройства (являющегося узлом ячеистой сети) реализации возможности ретрансляции полезных данных до последующих узлов.

Реализованная программа отображает статус подключения к сети (с указанием номера узла, а также переданной и полученной информации).

В результате работы программа была загружена на три микроконтроллера ESP32 соответственно.

Затем, открыв различные мониторы последовательного порта, можно наблюдать за информацией, отправленной другими устройствами в сети ESP-MESH (с указанием идентификаторов узлов), а также некоторую информацию об изменении состояния сети (рис. 1).

Включив одну из плат ESP32, можно увидеть сообщение об изменении состояния соединения. Когда новое устройство включается и присоединяется к сети ESP-MESH, информация о присоединении нового устройства отображается в последовательном порту.

```

08:37:44.822 -> startHere: Received from 4146263753 msg=Hello from node 4146263753
08:37:49.103 -> startHere: Received from 4146263753 msg=Hello from node 4146263753
08:37:51.577 -> dhcp: send_nak>>udp_sendto result 0
08:37:52.085 -> Changed connections
08:37:52.085 -> --> startHere: New Connection, nodeId = 85201153
08:37:52.395 -> startHere: Received from 85201153 msg=Hello from node 85201153
08:37:53.796 -> startHere: Received from 4146263753 msg=Hello from node 4146263753
08:37:54.383 -> startHere: Received from 85201153 msg=Hello from node 85201153
08:37:58.270 -> startHere: Received from 4146263753 msg=Hello from node 4146263753
08:37:59.330 -> startHere: Received from 85201153 msg=Hello from node 85201153
08:38:00.190 -> startHere: Received from 4146263753 msg=Hello from node 4146263753
08:38:01.846 -> startHere: Received from 4146263753 msg=Hello from node 4146263753
08:38:04.073 -> startHere: Received from 85201153 msg=Hello from node 85201153
08:38:04.878 -> startHere: Received from 4146263753 msg=Hello from node 4146263753
08:38:06.245 -> startHere: Received from 4146263753 msg=Hello from node 4146263753

```

*Рис. 1. Результаты печати монитора последовательного порта:  
85201153 – адрес узла второго устройства;  
4146263753 – адрес узла третьего устройства ;  
Result 0 – ни одно устройство не подключено;  
Changed connections – изменение структуры сети: подключение нового узла*

Эта информация полностью указывает на то, что сеть ESP-MESH успешно создана.

Сетевые подключения добавляются на основе сети ESP-MESH. Статус сетевого подключения можно увидеть с помощью средства просмотра последовательного порта (рис.2).

```

输出 串口监视器 x
消息 (按回车将消息发送到"COM5"上的"ESP32 Dev Module")
12:49:29.393 -> STARTUP: init(): 0
12:49:29.518 -> STARTUP: AP tcp server established on port 5555
12:49:30.262 -> ok1
12:50:00.230 -> CONNECTION: stationScan(): 9528
12:50:00.308 -> CONNECTION: eventScanDoneHandler: ARDUINO_EVENT_WIFI_SCAN_DONE
12:50:00.340 -> CONNECTION: scanComplete(): Scan finished
12:50:00.340 -> CONNECTION: scanComplete():--> Cleared old APs.
12:50:00.340 -> CONNECTION: scanComplete(): num = 1
12:50:00.340 -> CONNECTION: found : 9528, -79dBm
12:50:00.340 -> CONNECTION: Found 1 nodes
12:50:00.340 -> CONNECTION: connectToAP(): Best AP is 3780487839<---
12:50:00.340 -> CONNECTION: connectToAP(): Trying to connect, scan rate set to 4*normal
12:50:04.366 -> My IP is 192.168.196.205
12:50:04.366 -> CONNECTION: eventSTAGotIPHandler: ARDUINO_EVENT_WIFI_STA_GOT_IP
12:50:06.125 -> Public emqx mqtt broker connected

```

*Рис. 2. Статус сетевого подключения*

После успешного подключения сообщение «Hi EMQ X I'm ESP32», отправленное точкой моста, поступает на облачную платформу Vaffa [8] (рис. 3).

При подаче команды «led1on» на облачной платформе Vaffa включается индикатор устройства 1; при подаче команды «led1off» индикатор устройства 1 гаснет (рис. 4). Информацию о полученных сообщениях протокола MQTT можно просмотреть в средстве просмотра последовательного порта (рис. 5).

Управление статусом светодиодов осуществляется с помощью передачи команд на облачную платформу Vaffa с любого узла сети ESP-MESH – система реализует интеллектуальное управление освещением.

led1off	2024-04-03 21:39:39
led1on	2024-04-03 21:38:40
led1on	2024-04-03 21:38:37
Hi EMQ X I'm ESP32 ^^	2024-04-03 21:33:27

Рис. 3. Сообщения, полученные и отправленные облачной платформой

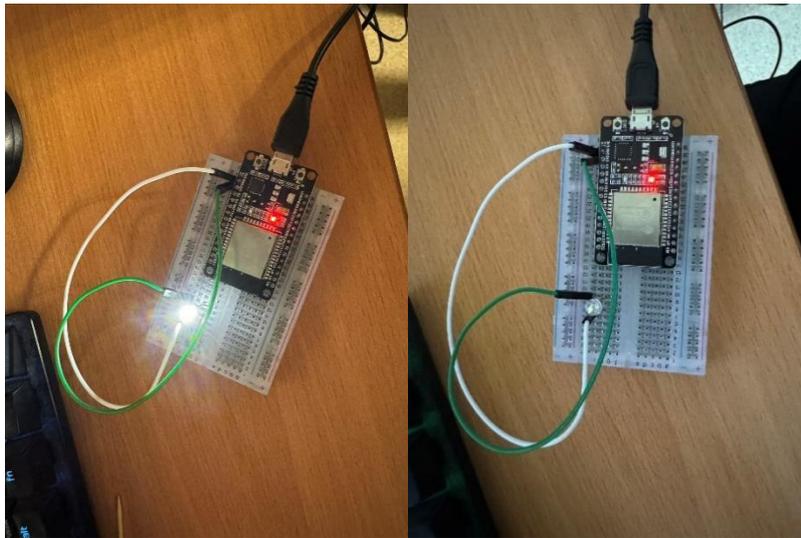


Рис. 4. Результаты тестирования в экспериментальной среде

```

21:37:47.705 -> CONNECTION: Time out reached
21:37:47.705 -> CONNECTION: eraseClosedConnections():
21:38:37.598 -> Received msg=led1on
21:38:37.598 -> Received rargetStr=topic111
21:38:37.598 -> LED1on!

```

Рис. 5. Информация о команде, полученная средством просмотра последовательного порта

## Заключение

В этой статье изучается и разрабатывается интеллектуальная система управления освещением на базе ESP32. В целях экономии затрат и снижения энергопотребления в качестве основного ядра системы был выбран контроллер ESP32. Облачная платформа Vaffa была выбрана для записи и хранения информации и данных об устройствах, при этом можно подавать команды и просматривать динамическую информацию в режиме реального времени.

Но есть еще недостатки в программе, такие как некоторая задержка в системе. В будущем планируется модернизация программы и добавления новых функциональных возможностей.

## Список использованных источников

1. 金纯用. 基于 iOS 的智能家居系统设计与实现[D]. 桂林: 广西师范大学. – 2022.
2. Li S., Li D.X., Zhao S. The internet of things: a survey // Information Systems Frontiers. – 2015. – Vol. 17(2).
3. Ai-Mutawa R F, Albouraey F E. A smart home system based on internet of things // International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA). – 2020. – Vol. 11(2).
4. Wang Y.J, Liao Z.P, Shen Y.L. Research on the development of smart home based on multi-perspectives // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1486(3).

5. 成澜. 基于 Baffa 物联网云平台与 MQTT 协议智能家居模型通用控制小程序设计[J]. 电脑与电信. – 2022. – No.306(07). – С. 10–13.
6. Bathae S., Fereidunian A., Hagha, et al. Design and implementation of a novel home plug-based solution for low cost and high-performance smart home networking // Journal of Electronic Science and Technology. – 2014. – Vol. 12(1) – P. 33-38.
7. ESP-MESH // URL: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/v3.3.3/api-guides/mesh.html> (дата обращения: 04.04.2024).
8. Облачная платформа Baffa IoT // URL: <https://cloud.bemfa.com/tcp/topic.html?did=topic111&v=1> (дата обращения: 04.04.2024).