

Ли Чжэнян, магистрант,  
Амурский государственный университет

## ПРИМЕНЕНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ СЕТЕЙ ESP-NOW В СИСТЕМАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ОБЩЕЖИТИЙ

**Аннотация.** Разработана интеллектуальная система мониторинга и управления для университетского общежития на базе ESP32-C3 и протокола ESPNOW, объединяющая данные нескольких датчиков окружающей среды и безопасности. Испытания подтвердили её точность, быстрое действие и энергоэффективность при низкой стоимости реализации.

**Ключевые слова:** Мультисенсорный, мультисенсорное слияние, ESP32C3, ESP-NOW, Беспроводные сети.

Университетские общежития, являясь жизненно важными пространствами для повседневной жизни студентов, напрямую влияют на их качество жизни и успеваемость благодаря качеству окружающей среды и эффективности управления. Традиционное управление общежитиями в значительной степени основано на ручных проверках и контроле, что приводит к таким проблемам, как медленное время реагирования, перерасход энергии и угрозы безопасности. В последние годы, с развитием встраиваемых систем и технологий беспроводной связи, интеллектуальные системы общежитий на базе Интернета вещей постепенно становятся объектом исследований.

В данной статье предлагается интеллектуальная система управления общежитием на основе протокола ESP-NOW. Благодаря объединению данных с нескольких датчиков и беспроводному сетевому взаимодействию (рис. 1) она реализует интеллектуальное восприятие и автоматическое управление средой общежития, а также отличается практичностью и масштабируемостью.

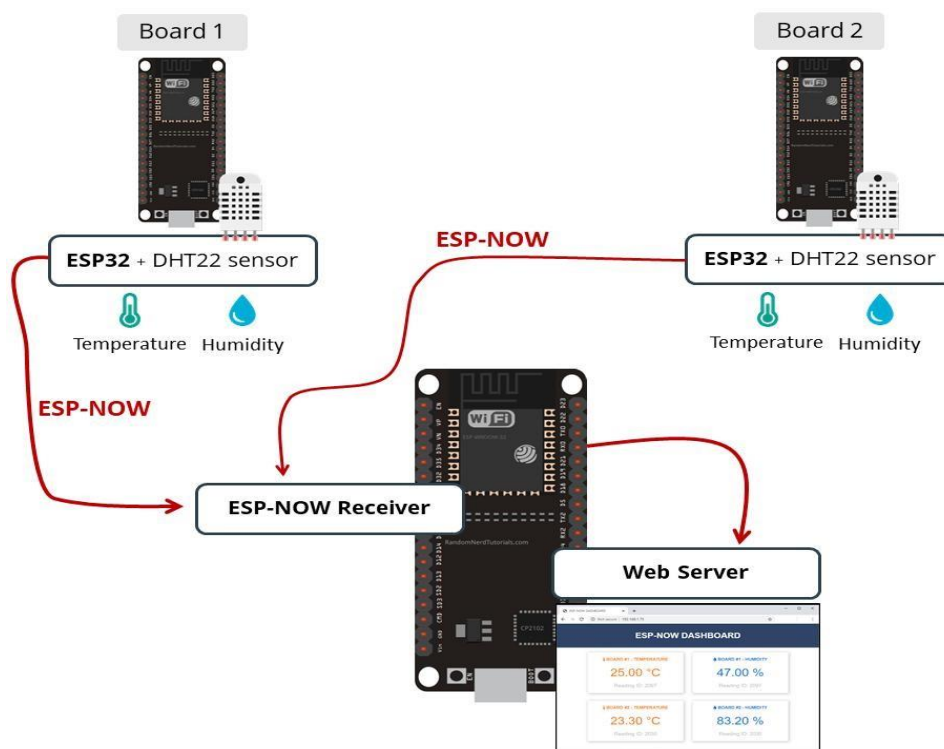


Рисунок 1. Аппаратный состав интеллектуальной системы управления общежитием



Система состоит из трёх частей: узлов сбора данных об окружающей среде, центрального узла управления и узлов исполнительных механизмов. Узлы сбора данных об окружающей среде отвечают за сбор таких данных, как температура, влажность, интенсивность освещения, присутствие человека, погружение в воду и состояние дверей/окон; центральный узел управления отвечает за обработку данных и принятие решений; а узлы исполнительных механизмов отвечают за управление такими устройствами, как вентиляторы, светодиодные светильники и зуммеры. Все узлы взаимодействуют по беспроводной сети по протоколу ESPNOW, образуя децентрализованную локальную сеть.

Эта система использует ESP32-C3 – высокопроизводительный, высокоинтегрированный одноядерный 32-битный микроконтроллер с архитектурой RSIC-V от Espressif Systems. Он специально разработан для приложений Интернета вещей. Он является не только «мозгом» этой интеллектуальной системы управления общежитием, отвечающим за всю обработку данных и логические решения, но и коммуникационным узлом для построения всей беспроводной сети ESP-NOW.

Эта система использует звездообразную гибридную топологию сети с центром в центре контроллера, где центральный блок управления ESP32-C3 выполняет функции координатора сети и центра объединения данных. Несколько сенсорных узлов (таких как датчики температуры и влажности, датчики освещенности и присутствия) и исполнительных узлов (таких как вентиляторы, светильники и зуммеры) действуют как одноранговые устройства. Все сенсорные и исполнительные узлы напрямую взаимодействуют с центральным блоком управления, который обрабатывает входные данные и отправляет команды управления соответствующим исполнительным механизмам. Такая архитектура упрощает управление сетью и обеспечивает заданные каналы связи.

Базовая работа ESP-NOW основана на предварительной регистрации адреса удалённого устройства. Каждое устройство ESP32 имеет уникальный 48битный MAC-адрес, который служит его идентификатором в сети. Для установления соединения каждое устройство должно предварительно запрограммировать MAC-адрес предполагаемого удалённого устройства, что аналогично созданию адресной книги.

Инициализация и сопряжение узлов ESP-NOW являются важнейшим этапом в работе сети ESP-NOW. При запуске каждый узел инициализирует свою подсистему Wi-Fi в режиме сайта и получает собственный MAC-адрес. Этот адрес должен быть записан и использован в конфигурации соответствующего узла. После этого регистрируются одноранговые узлы. Центральный контроллер регистрирует MAC-адреса всех узлов датчиков и исполнительных механизмов. Узлы датчиков регистрируют только MAC-адрес центрального контроллера, а узлы исполнительных механизмов регистрируют только MAC-адрес центрального контроллера. Этот процесс реализуется с помощью функции ``esp_now_add_peer ()``, которая сообщает стеку протоколов ESP-NOW, с какими одноранговыми узлами необходимо установить связь. Для обработки событий связи необходимо зарегистрировать две функции обратного вызова: функцию обратного вызова `send`, вызываемую после попытки передачи данных и сообщаемую о состоянии передачи (успех или сбой), которую можно использовать для реализации механизма повторной передачи для обеспечения надежности; и функция обратного вызова приема, срабатывающая немедленно после получения данных ESP-NOW, используемая для анализа содержимого пакета и определения личности отправителя на основе MAC-адреса источника.

Протокол ESP-NOW использует оптимизированную структуру кадра, включающую MAC-адреса источника и назначения, полезную нагрузку (до 250 байт) и контрольную последовательность (CRC). Благодаря исключению сетевого квитирования обеспечивается миллисекундная задержка, что идеально подходит для приложений IoT с передачей небольших данных.



Благодаря механизму сопряжения на основе MAC-адресов и эффективному протоколу канального уровня ESP-NOW обеспечивает малозадерживаемое, высоконадежное и простое в развертывании беспроводное сетевое решение для интеллектуальных систем управления общежитиями. Отсутствие необходимости в установлении соединения и поддержка гибкой топологии делают его идеальным решением для связи периферийных устройств Интернета вещей.

*Список литературы:*

1. Ходенкова Э. В. «Возможности внедрения Интернета вещей (IoT) в систему высшего образования». // CyberLeninka, 2020.
2. Переверзев А. Н., Спирин Д. П., Хлопенко А. В., Федосов Р. А. «Умные города и сеть Интернет вещей (IoT)». // Молодой учёный, № 4 (451), 2023.
3. Утегенов Н. Б. «Интернет вещей (IoT) и информационные системы». // CyberLeninka, 2023.
4. Кудряшов А. А. «Развитие цифровых технологий сферы туризма в Российской Федерации». // CyberLeninka, 2024.

