Разработка многопараметрической станции экологического мониторинга

УДК 004

Д.П. ШИМБУЕВ, старший преподаватель кафедры инфокоммуникационных технологий и систем связи ГБОУ ВО "Нижегородский государственный инженерно-экономический университет", А.И. МОИСЕЕВ, старший преподаватель кафедры инфокоммуникационных технологий и систем связи, М.В. ПЛОТНИКОВ, инженер-электронщик Центра информационных технологий

Разработка многопараметрической станции экологического мониторинга
Development of a multiparametric environmental monitoring station

Мониторинг окружающей среды приобретает особую значимость именно потому, что он объединяет задачи общественного здоровья, планирования городов и фундаментальных исследований, где официальные станции, обладая высокой точностью, упираются в барьеры стоимости и сложности установки, особенно в странах с ограниченными возможностями. Подобная ситуация побуждает искать альтернативы, и проект экологической станции на базе платы Arduino Mega 2560 с многопараметрическими датчиками температуры, влажности, углекислого газа, мелких частиц, загрязняющих веществ, освещения и осадков демонстрирует практический выход из положения.

Система, собранная в рамках исследования, интегрирует беспроводную связь LoRa и Wi-Fi через модуль ESP-01, локальное хранение на карте памяти SD и отображение данных на OLED-экране в реальном времени, что позволяет моделировать работу в лабораторных условиях с учетом всех ключевых этапов. Методология строится вокруг детального разбора компонентов, оптимизации их подключения и последовательного тестирования, где каждый шаг подкреплен измерениями стабильности и надежности. Результаты лабораторного моделирования подтверждают работоспособность датчиков при различных нагрузках, устойчивость каналов связи даже в условиях помех и преимущества модульной конструкции, которая упрощает замену элементов без полной перестройки. Наряду с этим прототип выделяется доступностью и открытым кодом, делая его подходящим для вузовских лабораторий или городских зон с дефицитом ресурсов, где профессиональное оборудование недоступно. Такой подход открывает путь к дальнейшему развитию, включая солнечные батареи для автономности, точную калибровку сенсоров под местные условия и интеграцию с сетями Интернета вещей, что превратит лабораторный образец в полноценную полевую систему.

Environmental monitoring is particularly important because it combines public health, urban planning, and fundamental research. While official stations offer high accuracy, they are often constrained by cost and installation complexity, especially in countries with limited resources. This situation prompts the search for alternatives, and a project involving an environmental station based on an Arduino Mega 2560 board with multiparameter sensors for temperature, humidity, carbon dioxide, fine particles, pollutants, lighting, and precipitation demonstrates a practical solution.

The system assembled for this study integrates wireless LoRa and Wi-Fi communication via an ESP-01 module, local storage on an SD card, and real-time data display on an OLED screen, enabling lab simulations that take into account all key stages. The methodology is built around a detailed analysis of components, optimization of their connections, and sequential testing, with each step backed by stability and reliability measurements. Laboratory simulation results confirm the sensors' operability under various loads, the robustness of communication channels even in interference-ridden environments, and the advantages of a modular design that simplifies component replacement without a complete redesign. Furthermore, the prototype stands out for its accessibility and open-source nature, making it suitable for university laboratories or resource-poor urban areas where professional equipment is unavailable. This approach, therefore, paves the way for further development, including solar panels for autonomy, precise calibration of sensors for local conditions, and integration with IoT network, transforming the laboratory prototype into a fully-fledged field system.

Ключевые слова: Arduino Mega 2560, Интернет вещей, датчики окружающей среды, LoRa, ESP-01, станция мониторинга.

Keywords: *Arduino Mega 2560, Internet of Things, environmental sensors, LoRa, ESP-01, monitoring station.*

Статью целиком читайте в бумажной версии журнала

РАЗРАБОТКА МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

DEVELOPMENT OF A MULTIPARAMETRIC ENVIRONMENTAL MONITORING STATION

УДК 004

ШИМБУЕВ Дмитрий Петрович, МОИСЕЕВ Антон Игоревич, ПЛОТНИКОВ Максим Владимирович
(ГБОУ ВО "Нижегородский государственный инженерно-экономический университет")

Мониторинг окружающей среды приобретает особую значимость именно потому, что он объединяет задачи общественного здоровья, планирования городов и фундаментальных исследований, где официальные станции, обладая высокой точностью, упираются в барьеры стоимости и сложности установки, особенно в странах с ограниченными возможностями. Подобная ситуация побуждает искать альтернативы, и проект экологической станции на базе платы Arduino Mega 2560 с многопараметрическими датчиками температуры, влажности, углекислого газа, мелких частиц, загрязняющих веществ, освещения и осадков демонстрирует практический выход из положения.

Система, собранная в рамках исследования, интегрирует беспроводную связь LoRa и Wi-Fi через модуль ESP-01, локальное хранение на карте памяти SD и отображение данных на OLED-экране в реальном времени, что позволяет моделировать работу в лабораторных условиях с учетом всех ключевых этапов. Методология строится вокруг детального разбора компонентов, оптимизации их подключения и последовательного тестирования, где каждый шаг подкреплен измерениями стабильности и надежности. Результаты лабораторного моделирования подтверждают работоспособность датчиков при различных нагрузках, устойчивость каналов связи даже в условиях помех и преимущества модульной конструкции, которая упрощает замену элементов без полной перестройки. Наряду с этим прототип выделяется доступностью и открытым кодом, делая его подходящим для вузовских лабораторий или городских зон с дефицитом ресурсов, где профессиональное оборудование недоступно. Такой подход открывает путь к дальнейшему развитию, включая солнечные батареи для автономности, точную калибровку сенсоров под местные условия и интеграцию с сетями Интернета вещей, что превратит лабораторный образец в полноценную полевую систему.

Environmental monitoring is particularly important because it combines public health, urban planning, and fundamental research. While official stations offer high accuracy, they are often constrained by cost and installation complexity, especially in countries with limited resources. This situation prompts the search for alternatives, and a project involving an environmental station based on an Arduino Mega 2560 board with multiparameter sensors for temperature, humidity, carbon dioxide, fine particles, pollutants, lighting, and precipitation demonstrates a practical solution.

The system assembled for this study integrates wireless LoRa and Wi-Fi communication via an ESP-01 module, local storage on an SD card, and real-time data display on an OLED screen, enabling lab simulations that take into account all key stages. The methodology is built around a detailed analysis of components, optimization of their connections, and sequential testing, with each step backed by stability and reliability measurements. Laboratory simulation results confirm the sensors' operability under various loads, the robustness of communication channels even in interference-ridden environments, and the advantages of a modular design that simplifies component replacement without a complete redesign. Furthermore, the prototype stands out for its accessibility and open-source nature, making it suitable for university laboratories or resource-poor urban areas where professional equipment is unavailable. This approach, therefore, paves the way for further development, including solar panels for autonomy, precise calibration of sensors for local conditions, and integration with IoT networks like The Things Network, transforming the laboratory prototype into a fully-fledged field system.

Ключевые слова: Arduino Mega 2560, Интернет вещей, датчики окружающей среды, LoRa, ESP-01, станция мониторинга.

Keywords: *Arduino Mega 2560, Internet of Things, environmental sensors, LoRa, ESP-01, monitoring station.*

Литература

1. Kashid M., Surwase S., Karande K. IoT based Environmental Parameter Monitoring using Machine Learning — A Review// International Journal of Scientific Publication and Reviews. 2021. № 2. Pp. 1550 — 1553.
2. Nandagiri K., Murty R. A Review on Environmental Monitoring Systems using Sensors // Journal of Emerging Technologies and Innovative Research. 2021. № 8. Pp. 142 — 145.
3. Загрязнение атмосферного (наружного) воздуха./ Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ). www.who.int. 2024. [Электронный ресурс]. Дата обращения: 11.07.2026.
4. МГЭИК (2022) Изменение климата, 2022: последствия, адаптация и уязвимость. Вклад Рабочей группы II в Шестой оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата. — Кембридж. Издательство Кембриджского университета. 2022. 3056 с.
5. Xu Z.-F., Yang J.-J., Zhou H., Hou Y.-F. Wireless sensor for remote monitoring of agricultural environment based on NB-IoT// INMATEH Agricultural Engineering. 2023. Vol. 69. Pp. 285 — 294.
6. Амиргалиев Б., Козбакова А., Омарова П., Мерембаев Т. и др. Разработка и экспериментальное исследование интеллектуальной системы мониторинга качества воды на основе Интернета вещей// Бюллетень электротехники инженерии и информатики. 2025. № 14. С. 761 — 773.
7. Xu Y., Jin C., Zeng S., Zhang Y., Xiao C. Development and evaluation of a portable IoT-based water quality monitoring system for aquaculture// INMATEH Agricultural Engineering. 2023. Vol. 70. Pp. 359 — 368.
8. Shakya D.S. Incident Alert System using Sensors for Smart Cities// Journal of Trends in Computer Science and Smart Technology. 2020. Vol. 2. Pp. 37 — 45.
9. Fele R., Merenda M. An IoT System for Social Distancing and Emergency Management in Smart Cities Using Multi-Sensor Data// Algorithms. 2020. Vol. 13. Article 254.
10. Satish P., Smis S. A Review on IoT based Smart Systems// Journal of ISMAC. 2020. Vol. 2. Pp. 181 — 189.
11. Mukherjee M., Kumar A., Obaidat M.S., Ghosh U., Lloret H. Internet of Things for Smart City Ecosystem: Efficient Air Pollution Monitoring Using LoRaWAN-based Sensors// IEEE Internet of Things Journal. 2022. Vol. 9. Pp. 1442 — 1452.