

**В. В. Нікольський<sup>1, 2</sup>**  
**О. В. Малахов<sup>2</sup>**  
**М. В. Нікольський<sup>3</sup>**  
**В. В. Охотський<sup>1</sup>**

## СТВОРЕННЯ ІОТ-МЕРЕЖІ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОМИСЛОВОГО ОБ'ЄКТА

<sup>1</sup>Чорноморський національний університет імені Петра Могили;

<sup>2</sup>Національний університет «Одеська морська академія»;

<sup>3</sup>LSCgroup, Рига, Латвія

*Головною метою в експлуатації ІоТ-систем є забезпечення віддаленого моніторингу та керування на основі збору даних з сенсорів, що використовуються в мережі. Традиційний підхід до обміну даними в них часто має невирішені проблеми, а саме: високе енергоспоживання; значні накладні витрати; складнощі з масштабуванням; надійність та якість передачі даних; кібербезпека Інтернет-мобільної системи збору даних, оскільки підключення великої кількості пристроїв створює серйозні ризики.*

*Завдяки використанню нових та недорогих мікроконтролерів ESP та простого протоколу MQTT з'явилася можливість створення компактних та надійних промислово-технологічних рішень, які дозволяють створювати гнучкі системи, здатні стабільно передавати дані за мінімальних витрат ресурсів, що також дозволяє проводити моніторинг і керування комплексними об'єктами в реальному часі.*

*Запропоновані архітектура, програмно-апаратні засоби та протоколи взаємодії компонентів ІоТ-системи моніторингу на базі мікроконтролерів ESP і протоколу MQTT можуть стати основою для створення доступних, масштабованих рішень. Це стосується передусім «розумного дому», агромоніторингу та експлуатації суднових енергетичних установок. Розроблено концептуальну архітектуру системи, яка базується на патерні «Видавець—Підписник», коли всі компоненти системи не прив'язані один до одного і в процесі їх роботи використовується лише логічне роз'єднання.*

*Комплексна перевірка запропонованої концепції ІоТ-системи збору даних, яка здійснена за допомогою експериментального стенда з вимірювання температури, дозволила провести тестування алгоритмів статистичної обробки даних. Також проведено тестування стабільності роботи каналу зв'язку MQTT, швидкості серверної обробки запитів та реакції системи на динамічні зміни параметрів навколишнього середовища.*

*Запропонована система є доволі гнучкою та поєднує в собі низьку вартість і простоту реалізації. Завдяки цьому вона є перспективною альтернативою невиправдано дорогим комерційним платформам.*

**Ключові слова:** локальна інтернет мережа; ІоТ-системи моніторингу, мікроконтролер ESP; протокол MQTT.

### Вступ

Системи локально-промислових Інтернет мереж постійно розвиваються і набувають поширення у різних сферах. Головна мета їх експлуатації полягає в забезпеченні віддаленого моніторингу в комбінації з керуванням на підставі збору даних з сенсорів, що використовуються в мережі [1], [2]. Ці системи використовуються в промисловості, в агросекторі, в «розумному» будинку тощо.

В більшості випадків такі мережі утворюються на підставі традиційних підходів до обміну даними і часто містять невирішені проблеми. До головних недоліків можна віднести: високе енергоспоживання, значні накладні витрати (особливо за використання складних та важких HTTP-протоколів), складнощі з масштабуванням. Надійність та якість передачі даних в таких системах є також однією з невирішених технічних проблем.

Зрозуміло, що актуальні дослідження мають бути спрямовані на задоволення потреби створення

доступних та енергоефективних систем. Саме гнучкі системи здатні стабільно передавати дані з мінімальними витратами ресурсів і, завдяки використанню нових та недорогих мікроконтролерів ESP (ESP8266, ESP32) та простого протоколу MQTT, з'явилася можливість створювати компактні та надійні промислово-технологічні рішення [3]—[6]. Врешті створення гнучких систем дозволить проводити моніторинг і керування комплексними об'єктами в реальному часі. Поєднання таких технологій дасть змогу створювати автономні вузли, які напряду «спілкуються» з сервером, без потреби в додаткових потужних зовнішніх системах.

Головною *метою статті* є розробка та практична верифікація нової концепції інтернет-мобільної системи, що збирає та обробляє дані, на підставі яких ухвалюються важливі рішення щодо подальшого управління технологічними процесами.

## 1. Постановка завдань досліджень

В розробці системи локально-промислових Інтернет мереж необхідно акцентувати на дослідження та розробку архітектури інтернет-мобільної системи збору, передачі, зберігання та візуалізації даних сенсорів на базі мікроконтролерів ESP з використанням протоколу MQTT [6]. Саме цей напрямок і задіяно для проведення досліджень. На підставі аналізу наявних архітектур локально-промислових Інтернет мереж та методів передачі даних [7] сформульовано необхідність вирішення завдання щодо: обґрунтування вибору апаратної платформи ESP та протоколу MQTT; розробки програмно-апаратної архітектури системи, що забезпечує обмін даними між пристроями; створення програмного забезпечення для публікації або відображення даних від сенсорів та обробки цих даних на MQTT-брокері [8].

На підставі вирішення сформульованих наукових завдань дослідження в подальшому реалізовано веб-інтерфейс для відображення статистичних показників (у реальному часі або заданому часовому періоді) та проведено тестування системи з метою оцінювання її енергоефективності, надійності і можливості масштабування.

## 2. Результати досліджень

### 2.1. Сутність концепції інтернет-мобільної системи збору

Інтернет-мобільна система збору даних є мережею фізичних об'єктів з наявністю вбудованих технологій, які дозволяють цим об'єктам взаємодіяти між собою і з навколишнім середовищем [1], [3], [6], [9]. Фактично така система є глобальною інфраструктурою для локально-виділеного інформаційного суспільства. В ній фізичні та віртуальні дані або статистичні результати з'єднуються на базі різних інформаційно-комунікаційних технологій.

Ключовими частинами архітектури Інтернет-мобільної локальної системи є:

– пристрої у вигляді фізичних об'єктів з сенсорами, що збирають всі дані технологічного процесу (частоту вібрації, температуру, тиск, вологість тощо). Для впливу на контрольоване середовище (включення реле, запуск двигуна, вимкнення обладнання тощо) вони завжди повинні містити виконавчі елементи — актуатори;

– мережева інфраструктура для передачі даних до центру обробки у вигляді або бездротових технологій (Wi-Fi, Bluetooth, LoRaWAN), або звичайної дротової мережі;

– платформа обробки даних, що отримує, зберігає та аналізує поточний набір даних, який надходить від пристроїв. Таку платформу можна реалізувати у вигляді: хмарних рішень з відповідними сервісами; веб-сторінок; мобільних додатків; панелей керування, в яких користувач бачить кінцевий результат і керує поточним процесом.

Головною перевагою Інтернет-мобільної системи збору даних є її автономність, оскільки всі пристрої мають можливість виконувати дії без постійного оператора і орієнтуються тільки на зібрані дані. В цьому випадку фізичний світ переходить до цифрового з одночасним зростанням можливостей для автоматизації та створення нових інтелектуальних сервісів.

Гарним прикладом є екологічний моніторинг з використанням мережі датчиків. Автономні метеостанції збирають дані у важкодоступних місцях, де людині працювати складно. Міські системи моніторингу повітря можуть у реальному часі відстежувати забруднення довкілля шкідливими домішками (PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>x</sub> тощо) та інформувати про це населення. Також технології Інтернет-мобільної системи збору даних можна застосовувати для контролю якості води в річках, вимірювання радіаційного фону навколишнього середовища або раннього виявлення лісових пожеж.

## 2.2. Аналіз головних проблем

На практиці розробка Інтернет-мобільної системи збору даних не виглядає легкою, оскільки є кілька фундаментальних проблем, які потрібно вирішувати ще на рівні архітектури як задачу багатомірної оптимізації [10].

Багато Інтернет-мобільних систем збору даних змушені працювати автономно. Їм необхідно живлення впродовж тривалого часу і тому умова високого енергоспоживання є дуже жорстким обмеженням. Зазвичай, найбільше енергії витрачається під час передачі даних, і через це критично важливо з самого початку вибирати енергоефективні компоненти та використовувати нескладні протоколи зв'язку [11], [12].

Дуже важливим напрямком є масштабованість Інтернет-мобільної системи збору даних, архітектура якої повинна дозволяти та витримувати зростання кількості пристроїв (від десятків до тисяч), які інтегруються в мережу. Головним в цьому випадку є відсутність падіння продуктивності і надійності, оскільки дуже часто тестування на лабораторному стенді не дозволяє встановити складності, а масштабна промислова реалізація системи дає збої. Це стосується як мережі так і серверної частини, яка обробляє дані.

До окремої проблеми можливо віднести експлуатацію Інтернет-мобільної системи збору даних в умовах нестабільного зв'язку, коли слабкий Wi-Fi, перешкоди або тимчасові розриви є природними та звичними. Це може призводити до втрати пакетів даних, а для багатьох задач це критично або, як мінімум, небажано. Саме тому потрібні вбудовані механізми гарантованої доставки, повідомлення мають доходити навіть тоді, коли зв'язок є нестабільним.

Остання і дуже важлива проблема полягає в кібербезпеці Інтернет-мобільної системи збору даних, оскільки підключення великої кількості пристроїв створює серйозні ризики. Незахищений пристрій легко може стати точкою входу в локальну мережу, а дані без захисту можуть бути перехопленими. В цьому випадку конфіденційність, цілісність та автентичність є вкрай необхідними і потребують шифрування та нормальної автентифікації на всіх рівнях.

## 2.3. Проектування архітектури системи

Розробка концептуальної архітектури системи, показаної на рис. 1, базується на патерні «Видавець–Підписник» коли всі компоненти системи не прив'язані один до одного і під час їх роботи використовується лише логічне роз'єднання.

Система умовно поділена на чотири функціональні рівні:

- рівень пристроїв, що відповідає збору даних з навколишнього середовища з використанням мікроконтролера ESP з цифровими датчиками. Він виступає як Видавець — збирає показники і відправляє їх далі;

- рівень комунікації для нормального надходження даних до серверної частини за рахунок використання Wi-Fi і протоколу MQTT;

- рівень обробки, що є ядром системи, оскільки в ньому відбувається прийом, маршрутизація, первинна обробка й зберігання даних. Рівень включає три ключові елементи: MQTT-брокер (посередник); серверний застосунок — Підписник, який отримує дані від брокера; база даних часових рядів (TSDB) для зберігання телеметрії. Як MQTT-брокер можна вибрати Mosquitto — легке рішення з відкритим кодом, яке відповідає стандартам MQTT v3.1.1 та v5.0;

- рівень застосунків, що відповідає програмному забезпеченню, з яким вже працює користувач. Він запитує дані з бази даних і відображає їх у зрозумілому вигляді (графіки, чисельні значення, образи тощо). Оптимально створювати серверний застосунок на Python з бібліотекою Paho-MQTT, оскільки її callback-архітектура (наприклад, on\_connect() та on\_message()) дозволяє розробити подієвий «сервіс-демон». В цьому випадку під час нормальної миттєвої реакції на вході нових даних будуть відсутні постійні опитування та



Рис. 1. Концептуальна архітектура системи

навантаження процесора у режимі очікування.

Як апаратний вузол збору даних можна використовувати сенсорний вузол з сімейства ESP — ESP8266, який є дешевим і має шифрування SSL/TLS, а також двоядерне ядро та вбудований апаратний прискорювач криптографії (AES, RSA) [13]. За його використання можна отримати найбільшу енергоефективність, оскільки ESP8266 дозволяє створити захищене MQTT-з'єднання без сильного просідання продуктивності й без зайвого збільшення активного часу роботи [14].

Для зберігання історії вимірювань має сенс використовувати SQLite. На відміну від TSDB типу InfluxDB, тут не потрібно використовувати окремий серверний процес. В цьому випадку база даних буде зберігатися одним файлом на диску.

Концептуальна архітектура системи є дуже якісною, оскільки під час її роботи сенсори надсилають дані, брокер їх приймає і роздає, сервер зберігає, а веб-інтерфейс візуалізує (демонструє). Такий процес відбувається без зайвих складностей, але з нормальним запасом на масштабування і з тим мінімумом безпеки, який реально потрібен користувачу Інтернет-мобільної системи збору даних.

#### 2.4. Опис експериментального стенда

Для дослідження проведено експериментальні роботи для комплексної перевірки запропонованої концепції Інтернет-мобільної системи збору даних. Тестувалися стабільність роботи каналу зв'язку MQTT, швидкість серверної обробки запитів та реакція системи на динамічні зміни параметрів навколишнього середовища. Також, як сама важлива частина реальної роботи системи, протестовано алгоритми статистичної обробки даних, які реалізовані на стороні клієнта. Для тестування розроблено експериментальний стенд, максимально наближений до реальних умов експлуатації системи. Він складається з апаратної частини (вузол моніторингу) і серверної частини (персональний комп'ютер).

Апаратна частина, показана на рис. 2 [15], зібрана на безпечній макетній платі. У неї входили: плата розвитку NodeMCU v3, цифровий датчик температури та вологості DHT11, модуль фоторезистора KY-018. Живлення відбувалося від USB-порту ПК напругою 5.0 В.

Серверна частина розгорнута на персональному комп'ютері під управлінням Windows 11 з апаратною конфігурацією: процесор архітектури x64 і 32 Гбайт оперативної пам'яті. Мережева взаємодія забезпечувалась Wi-Fi маршрутизатором стандарту IEEE 802.11n у діапазоні 2,4 ГГц, що був налаштований як точка доступу (Access Point) з шифруванням WPA2-PSK. Сервер і мікроконтролер знаходились в одній локальній підмережі, що дозволяло обмінюватися TCP/IP пакетами напряму без використання NAT-трансляції. Таке рішення спрощує процес тестування, а результати є вірогіднішими.

Контроль налагоджувальної інформації з боку мікроконтролера відбувався консоллю Thonny IDE, яка відображала повідомлення, що йшли через UART. Таке рішення дає можливість одразу бачити, що відбувається на боці мікроконтролера ESP8266.

Моніторинг мережевого трафіка і перевірка проходження MQTT-пакетів виконувалися через консольну утиліту Mosquitto у режимі verbose (-v). Зручність такого моніторингу полягає у можливості повноцінного відстежування кожного факту підключення, публікації та підписки.

Аналіз роботи веб-інтерфейсу і швидкості завантаження даних здійснювався з використанням стандартних інструментів розробника в браузері (DevTools). Зокрема вкладка «Network» допомогла оцінити затримки запитів, а «Console» фіксувати помилки у JavaScript-коді, якщо вони раптом виникали. Фіксація результатів здійснювалася через скріншоти та лог-файли.

#### 2.5. Моніторинг зміни температури і вологості

Як наявний приклад роботи Інтернет-мобільної системи збору даних, має сенс розглянути роботу системи вимірювання температури. Для перевірки реакції системи на її зниження, до датчика

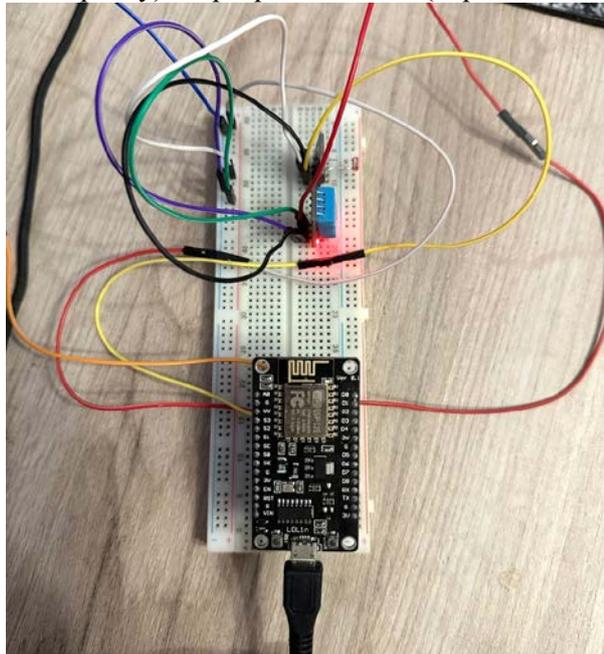


Рис. 2. Загальний вигляд експериментального стенда

DHT11 під час експериментів на постійно контрольованій відстані наближали шматочок льоду. Головна мета таких експериментів — оцінювання можливості системи щодо фіксації варіацій у змінах температури та оцінки швидкості передачі даних до інтерфейсу.

Результат експерименту показано на рис. 3. Очевидно, що на лівому графіку датчик температури повністю зафіксував і почав показувати в реальному часі падіння температури з 27 °С до 24 °С. В режимі реального часу на сторінці «Статистика» постійно оновлювалися значення «MAX» (максимальна зафіксована температура).

Аналогічно, як це видно на правому графіку рис. 3, на сторінці «Тренд», лінія регресії змінила кут нахилу вгору, прогнозуючи подальше зростання температури. Під час експериментів, коли температура навколишнього середовища підвищувалася, також зафіксовано зниження відносної вологості повітря. Цей факт є фізично обґрунтованим і повністю відображає коректність роботи системи.

Головним результатом вимірювань є факт того, що розроблена система не просто показує цифри, а намагається дати певний узагальнений «напрямок» подальших змін.

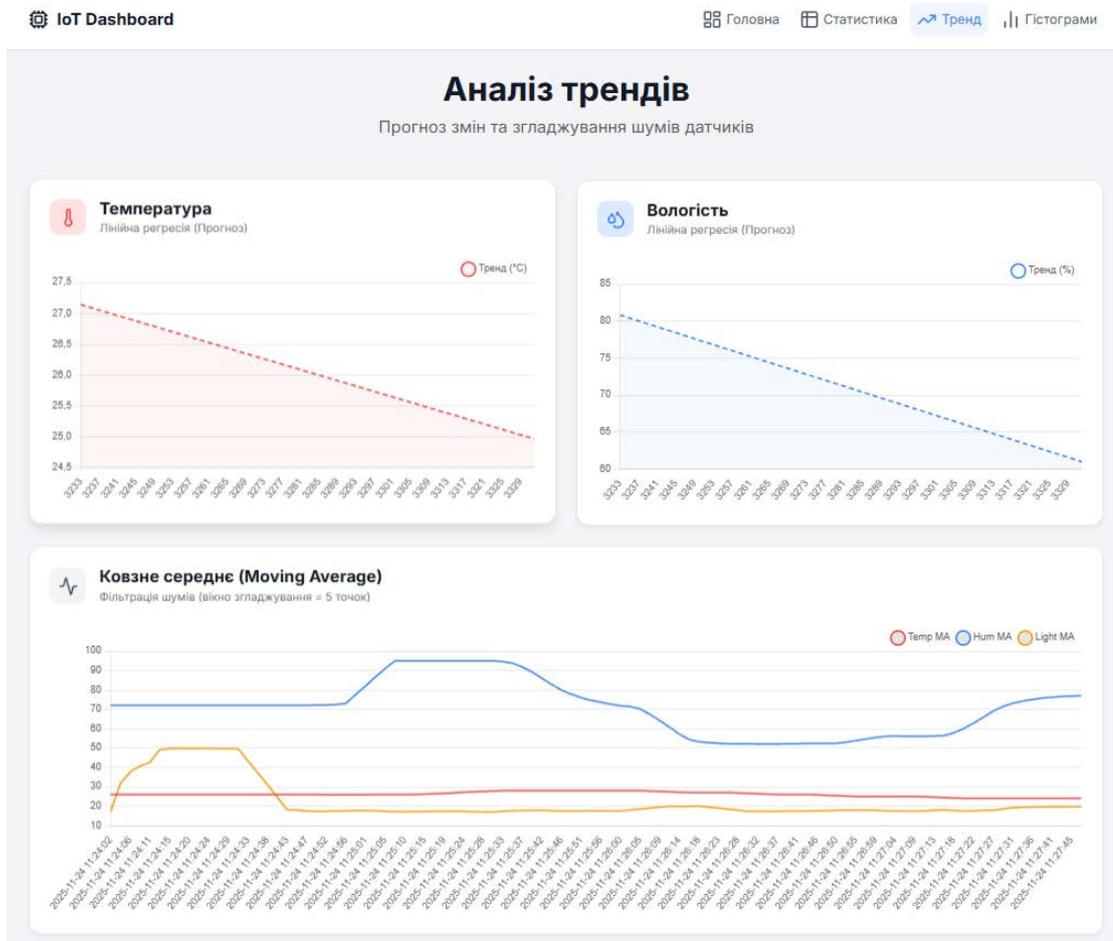


Рис. 3. Відображення трендів зміни температури та вологості

## 2.6. Аналіз енергоефективності та продуктивності

За підсумками всіх експериментальних вимірювань можна стверджувати, що ESP8266, як апаратна платформа, цілком відповідає всім умовам і справляється з необхідними потребами. Час обробки і відправки одного пакета даних становить частки секунди, а більшу частину часу контролер просто перебуває у режимі очікування. Цей факт є позитивним для таких систем. Використання протоколу MQTT дало можливість надійної передачі даних з мінімальними затримками, що й очікувалося від такої архітектури.

Питання енергоспоживання також вирішено позитивно. Постійно активне Wi-Fi з'єднання використовувало приблизно 80...100 мА струму і для автономного варіанта роботи потребує використання режиму глибокого сну (Deep Sleep). В цьому випадку споживання падає до десятків мікроампер, а пристрій «прокидається» виключно тільки під час вимірювань. У випадку, коли живлення

здійснюється від стандартної мережі, такий режим роботи є оптимальним, оскільки дає мінімальні затримки передачі даних.

Система добре масштабується. Додавання нових пристроїв не виглядає проблемою, оскільки архітектура MQTT-брокера та бази даних дозволяють одночасно обслуговувати десятки подібних вузлів без суттєвого навантаження на сервер.

### Висновки

Запропонована нова концепція інтернет-мобільної системи, що збирає та обробляє дані, на підставі яких можливо ухвалювати важливі рішення щодо подальшого управління технологічними процесами. Запропонована система довела свою високу ефективність.

Розроблені архітектура, програмно-апаратні засоби та протоколи взаємодії компонентів IoT-системи моніторингу на базі мікроконтролерів ESP і протоколу MQTT можуть стати основою для створення доступних, масштабованих рішень. Це стосується передусім «розумного будинку», агромоніторингу, експлуатації суднових енергетичних установок тощо, а в промисловій автоматизації чи екологічному контролі ці напрацювання теж будуть корисні.

Розроблена система може бути охарактеризована як доволі гнучка. Вона поєднує в собі низьку вартість і простоту реалізації, що на практиці є дуже важливим. Завдяки цьому система є перспективною альтернативою невиправдано вартісним комерційним платформам.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Unang Achlison, et al., “Analisis Traffic Data ESP8266 pada Perangkat Middleware,” *Elkom: Jurnal Elektronika dan Komputer*, vol. 15, no. 1, pp. 223-227, 2022. <https://doi.org/10.51903/elkom.v15i1.818> . Accessed: Feb 10.2026.
- [2] S. Choudhury, and B. Mandal, “IOT Based Weather Analysis System Using ESP8266,” *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, vol. 11, no. 6, pp. 3899-3903, 2023. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2023.54365> . Accessed: Feb 10.2026.
- [3] M. Das, “Home Automation Using ESP8266,” *Transactions on Machine Design (TMD)*, vol. 6, no. 2, p. 47, 2018. <https://doi.org/10.6025/tmd/2018/6/2/43-46> . Accessed: Feb 10.2026.
- [4] *Delta Air Systems / Affordable HVAC Service & Installations*. [Online]. Available: <https://deltaairsystems.com/wpcontent/uploads/2017/07/DeltaJuly6.png> . Accessed: Feb 10.2026.
- [5] S. Gupta, and S. Lekhi, “Home Automation Using Packet Tracer and ESP8266,” *International Journal of Computers & Technology*, vol. 21, pp. 84-96, 2021. <https://doi.org/10.24297/ijct.v21i.9061> . Accessed: Feb 10.2026.
- [6] T. Alam, et al., “Internet of Things-based Home Automation with Network Mapper and MQTT Protocol,” *Computers and Electrical Engineering*, vol. 120, p. 109807, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2024.109807> . Accessed on: Feb 10.2026.
- [7] A. Pandey, et al., “IOT Based Home Automation Using Arduino and ESP8266,” *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, vol. 6, no. 4, pp. 267-270, 2018. <https://doi.org/10.26438/ijcse/v6i4.267270> . Accessed: Feb 10.2026.
- [8] M. R. Julianti, D. Sofia, and A. R. Kusuma, “Application of IoT for Filling and Monitoring Water Tanks Using NodeMCU ESP8266 and MQTT Protocol,” *Jurnal Sisfotek Global*, vol. 12, no. 2, p. 108, 2022. <https://doi.org/10.38101/sisfotek.v12i2.554> . Accessed: Feb 10.2026.
- [9] O. B. M. Magtibay, “Applying MQTT Protocol and Node-Red Programming in Designing IoT based Home Automation,” *IJASC*, vol. 1, no. 3, pp. 7-12, 2019. <https://doi.org/10.22662/ijasc.2019.1.3.007> . Accessed: Feb 10.2026.
- [10] S. Arifin, et al., “MQTT Broker Optimization,” *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, pp. 127-136, 2024. <https://doi.org/10.25077/jnte.v13n3.1260.2024> . Accessed: Feb 10.2026.
- [11] B. Patel, “MQTT based Monitoring and Controlling for Personal and Commercial Automation,” *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, vol. 9, no. 4, pp. 106-111, 2021. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2021.33374> . Accessed: Feb 10.2026.
- [12] M. Salama, and B. Raslen, “MQTT in Action: Building Reliable and Scalable Home Automation Systems,” *Sakarya University Journal of Computer and Information Sciences*, 2024. <https://doi.org/10.35377/saucis...1504759> . Accessed: Feb 10.2026.
- [13] H. Vishal, et al., “Smart Home Automation Using Esp8266 WIFI Module,” *Journal of Nonlinear Analysis and Optimization*, vol. 14, no. 02, pp. 01-09, 2023. <https://doi.org/10.36893/jnao.2023.v14i2.110> . Accessed: Feb 10.2026.
- [14] P. K. Windesi, M. R. Sampebua, and R. M. P. Kmurawak, “Iot-Based Home Automation Using Nodemcu Esp8266,” *Jurnal Riset Informatika*, vol. 4, no 4, pp. 391-396, 2022. <https://doi.org/10.34288/jri.v4i4.166> . Accessed: Feb 10.2026.
- [15] В. Охотський, і В. Нікольський, «IoT-система збору та візуалізації даних з датчиків на базі ESP з використанням протоколу MQTT,» *Могиланські читання – 2025: досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні: глобальний, національний та регіональний аспекти*, матеріали XXVIII Всеукраїнської щорічної науково-практичної конференції, 2025, с. 36-38. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/handle/123456789/3066> . Дата звернення 10.10.2026.

Рекомендована кафедрою автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 13.02. 2026

**Нікольський Віталій Валентинович** — д-р техн. наук, професор, професор кафедри комп’ютерної інженерії Чорноморського національного університету імені Петра Могили, Миколаїв; професор кафедри

технічної експлуатації флоту Національного університету «Одеська морська академія», Одеса, e-mail: vit\_nik@ukr.net ;

**Малахов Олексій Володимирович** — д-р. фіз.-мат. наук, професор, професор кафедри суднових допоміжних пристроїв та холодильної техніки, e-mail: a\_malahov@yahoo.com ;

Національний університет «Одеська морська академія», Одеса;

**Нікольський Марк Віталійович** — канд. техн. наук, старший механік, e-mail: markdezert@ukr.net ;

LSCgroup, м. Рига, Латвія.

**Охотський Валентин Валентинович** — магістрант кафедри комп'ютерної інженерії, e-mail: v.okhotskiy01@gmail.com .

Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Миколаїв

**V. V. Nikolskyi**<sup>1,2</sup>

**O. V. Malakhov**<sup>2</sup>

**M. V. Nikolskyi**<sup>3</sup>

**V. V. Okhotskiy**<sup>1</sup>

## Creation of an IoT Network for Controlling Technological Indices of an Industrial Facility

<sup>1</sup>Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv;

<sup>2</sup>National University "Odessa Maritime Academy, Odessa;

<sup>3</sup>LSC, Riga, Latvia

*The main aim during IoT systems operation is to provide remote monitoring and control based on data collection from sensors that are used in the network. Traditional approach to the data exchange in them very often contains unsolved problems, namely: high energy consumption; significant overhead charges; difficulties with scaling; reliability and quality of data transmission; cybersecurity of the Internet-mobile data collection system, since connecting a large number of devices creates serious risks.*

*Thanks to the use of new and inexpensive ESP microcontrollers and simple MQTT protocol, it has become possible to create compact and reliable industrial technological solutions that allow one to create flexible systems that can in a stable mode to transmit data with minimal resource consumption, which, in turn, allows one to monitor and control complex objects in real time.*

*The proposed architecture, software and hardware and interaction protocols of the IoT monitoring system components based on ESP microcontrollers and the MQTT protocol can become the basis to create affordable and scalable solutions. This primarily concerns the "smart home", agromonitoring and operation of ship power plants. A conceptual system architecture has been developed, which is based on the "Publisher-Subscriber" pattern, when all system components are not tied to each other and during their operation logical separation is used only.*

*A comprehensive verification of the proposed concept of the IoT data collection system, which was carried out using an experimental plant for temperature measurement, allowed testing of statistical data processing algorithms. There also a stability of the MQTT communication channel and speed of server request processing and the system's response to dynamic changes in environmental parameters has been tested.*

*The developed system is quite flexible and combines low cost and ease of implementation. It makes it a promising alternative to expensive commercial platforms, which often are unreasonably expensive.*

**Keywords:** local area network; IoT monitoring systems; ESP microcontroller; MQTT protocol.

**Nikolskyi Vitalii V.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Computer Engineering, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv; Professor of the Chair of Technical Fleet Operation, National University "Odessa Maritime Academy", Odessa, e-mail: vit\_nik@ukr.net ;

**Malakhov Oleksii V.** — Dr. Sc. (Phys.-Math.), Professor, of Marine Auxiliary Equipment and Refrigeration Technology, e-mail: a\_malahov@yahoo.com ;

**Nikolskyi Mark V.** — Cand. Sc. (Eng.), Senior Mechanic, e-mail: markdezert@ukr.net ;

**Okhotskiy Valentyn V.** — Master's Student of the Chair of Computer Engineering, e-mail: v.okhotskiy01@gmail.com