

дубльованих Content-Length виявлено ситуації, коли один компонент бере перше значення, інший - останнє, що призводить до розділення потоку на валідний та некоректний запити. Для змішаних CRLF/LF-варіантів зафіксовано випадки, коли Nginx приймає LF як допустимий роздільник, тоді як Apache повертає 400 Bad Request через некоректне завершення секції заголовків, що також відображає критичну асиметрію трактувань.

Диференціальний фазинг у поєднанні з HTTP Request Smuggler є ефективним підходом до систематичного виявлення HRS-вразливостей у багаторівневих вебінфраструктурах. Запропонована методика дозволяє не лише виявляти конкретні експлуатаційні сценарії CL.TE, TE.CL і CRLF-інжекцій у типових зв'язках Nginx–Apache, але й формалізувати критерії парсингових розбіжностей для подальшого впровадження превентивних заходів, зокрема жорсткішої валідації заголовків, уніфікації політики обробки Content-Length/Transfer-Encoding та суворого дотримання стандартів HTTP/1.1 у проміжних вузлах.

Література

1. Exploiting and Preventing HTTP Request Smuggling. VAADATA - Ethical Hacking Services. URL: <https://www.vaadata.com/blog/what-is-http-request-smuggling-exploitations-and-security-best-practices/> (date of access: 30.11.2025).
2. What is HTTP request smuggling? Tutorial & Examples | Web Security Academy. Web Application Security, Testing, & Scanning - PortSwigger. URL: <https://portswigger.net/web-security/request-smuggling> (date of access: 30.11.2025).
3. NGINX Reverse Proxy | NGINX Documentation. NGINX Documentation. URL: <https://docs.nginx.com/nginx/admin-guide/web-server/reverse-proxy/> (date of access: 30.11.2025).
4. Documentation: Apache HTTP Server - The Apache HTTP Server Project. Welcome! - The Apache HTTP Server Project. URL: <https://httpd.apache.org/docs/> (date of access: 30.11.2025).
5. Interactive cybersecurity training system based on simulation environments / D. Tymoshchuk et al. Measuring and computing devices in technological processes. 2024. No. 4. P. 215–220. URL: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-80-26> (date of access: 30.11.2025).

УДК 004.7:681.518:004.89

С.Б. Кіт, В.Р. Перун, С.І. Перун, Г.В. Шимчук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В ЖИТЛОВОМУ ПРИМІЩЕННІ З ВИКОРИСТАННЯМ БСМ

S.B. Kit, V.R. Perun, S.I. Perun, G.V. Shymchuk

INTELLIGENT SYSTEM FOR CONTROLLING MICROCLIMATE PARAMETERS IN A RESIDENTIAL PREMISES USING BSM

Мікроклімат житлового приміщення безпосередньо впливає на самопочуття людини, працездатність і ризики респіраторних захворювань. У квартирах типові проблеми пов'язані з нерівномірним прогрівом кімнат, локальними зонами підвищеної вологості (кухня/ванна), накопиченням CO₂ у спальнях та появою летких органічних сполук (VOC) від меблів і побутової хімії. Тому актуальним є створення інформаційної

системи, здатної безперервно збирати показники з кількох кімнат, оперативно виявляти відхилення та формувати рекомендації/сповіщення для мешканців.

Мета роботи – розробити інформаційну систему моніторингу мікроклімату квартири (на прикладі 2–3-кімнатного планування) на базі бездротової сенсорної мережі (БСМ), що забезпечує масштабованість, енергоефективність та надійність збору даних.

Завдання:

- визначити набір параметрів мікроклімату та вимоги до періодичності вимірювання;
- спроектувати архітектуру БСМ (сенсорні вузли – шлюз – сервер – клієнтські сервіси);
- реалізувати протокол обміну та сховище часових рядів;
- забезпечити візуалізацію, порогове сповіщення та базову аналітику;
- оцінити якість зв'язку, автономність вузлів і стабільність системи в умовах квартири.

Об'єкт дослідження – процес моніторингу параметрів мікроклімату в житловому приміщенні.

Предмет дослідження – методи та програмно-апаратні засоби побудови бездротової сенсорної мережі та інформаційної системи збору, зберігання й аналізу мікрокліматичних даних.

Система реалізується у вигляді багаторівневої архітектури:

- Сенсорні вузли (по одному на кімнату): мікроконтролер класу ESP32/NRF52; сенсори температури/вологості, атмосферного тиску, CO₂, TVOC/якості повітря (за потреби – освітленість та шум). Вузол виконує опитування сенсорів, первинну фільтрацію (усереднення/медіанний фільтр), часову синхронізацію та передачу пакетів.

- Бездротова мережа: для квартири доцільні Zigbee або BLE Mesh (низьке енергоспоживання, стійкість у приміщеннях), альтернативно Wi-Fi для спрощення інтеграції, якщо автономність не критична. Топологія – зірка (через шлюз) або mesh (для покриття складних зон).

- Шлюз (Raspberry Pi/домашній роутер/міні-ПК): прийом телеметрії та маршрутизація повідомлень до брокера MQTT; кешування при тимчасовій втраті інтернету.

- Серверний рівень: брокер MQTT, сервіс обробки (нормалізація, валідація, детекція аномалій), сховище часових рядів (InfluxDB/TimescaleDB), модуль сповіщень (Telegram/e-mail/push).

- Користувачський рівень: веб-панель і дашборди (Grafana/власний UI) з картами кімнат, трендами, статистикою та історією подій.

Для підвищення якості даних застосовуються:

- калібрування сенсорів за еталонними вимірюваннями (особливо CO₂/VOC);

- контроль достовірності (відсікання нереалістичних стрибків, перевірка діапазонів);

- адаптивні пороги сповіщень (наприклад, різні межі для дня/ночі у спальні).

- Основні результати:

- Запропонована архітектура системи, що дозволяє масштабувати кількість вузлів без суттєвого ускладнення серверної частини.

- Реалізована передача телеметрії через MQTT з буферизацією на шлюзі, що знижує втрати при нестабільному каналі.

– Організовано сховище часових рядів і дашборди для аналізу трендів мікроклімату в кожній кімнаті та порівняння зон квартири.

– Додано правила сповіщення: перевищення CO₂ у спальні, ризик конденсації при високій вологості та низькій температурі, різкі зміни VOC.

– Показано, що БСМ-підхід з енергоефективними протоколами дає змогу розміщувати вузли без прокладання кабелів та з мінімальним впливом на інтер'єр.

Новизна полягає в поєднанні БСМ з інформаційною підсистемою часових рядів та подієвого сповіщення, адаптованих до умов квартири (багатозонність, перешкоди, короткі відстані, потреба в простій експлуатації).

Практична цінність – можливість оперативного виявлення проблем (погана вентиляція, перезволоження, забруднення повітря) та формування рекомендацій мешканцям, а також основа для подальшої автоматизації (керування вентиляцією/зволожувачем/опаленням).

Розроблена концепція інформаційної системи моніторингу мікроклімату квартири на базі бездротової сенсорної мережі забезпечує багатоточковий збір даних, централізоване зберігання часових рядів, зручну візуалізацію та своєчасне сповіщення про критичні відхилення. Подальші напрями розвитку: прогнозування мікрокліматичних параметрів (короткострокові прогнози CO₂/вологості), інтеграція з системами “розумного дому” (Home Assistant), підвищення кібербезпеки (шифрування, керування ключами, контроль доступу).

Література

1. Sensor Systems for Greenhouse Microclimate Monitoring and Control: a Review / [J. K. Basak, H. T. Kim, A. Bhujel та ін.] // Sensors. – 2021. URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s42853-020-00075-6.pdf>.

2. Cureau R. J. New Wearable System for Sensing Outdoor Environmental Conditions for Monitoring Hyper-Microclimate / R. J. Cureau, I. Pigliautile, A. L. Pisello // Sensors. – 2022. URL: https://mdpires.com/d_attachment/sensors/sensors-22-00502/article_deploy/sensors-22-00502.pdf?version=1641819298.

3. Modular and Cost-Effective Microclimate Monitoring System for Ecological Research // Sensors. – 2021. URL: https://mdpi-res.com/d_attachment/sensors/sensors-21-04615/article_deploy/sensors21-04615-v2.pdf?version=1625565877.

УДК 004.738.5:681.518

С.Б. Кіт, В.Р. Перун, С.І. Перун, Г.В. Шимчук

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ХМАРНО-ОРІЄНТОВАНА ПЛАТФОРМА СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА МІКРОКЛІМАТОМ КВАРТИРИ НА ОСНОВІ ІОТ

S.B. Kit, V.R. Perun, S.I. Perun, G.V. Shymchuk

CLOUD-BASED PLATFORM FOR MONITORING APARTMENT MICROCLIMATE BASED ON IOT

Зростання популярності smart-home рішень формує потребу у надійному моніторингу мікроклімату житлових приміщень у реальному часі. Температура, вологість, рівень CO₂, TVOC та інші показники змінюються нерівномірно в різних кімнатах і залежать від вентиляції, кількості людей, режиму опалення та побутових процесів. Локальний збір даних без аналітики та зручної візуалізації часто не дає