

Архітектура інтелектуального IoT-пристрою відображення черги виклику клієнтів

<https://doi.org/10.31713/MCIT.2025.048>

Віктор Жуковський

Кафедра комп'ютерних наук та прикладної математики
Національний університет водного господарства та природокористування
Рівне, Україна
v.v.zhukovskyy@nuwm.edu.ua

Андрій Повшенюк

Кафедра комп'ютерних наук та прикладної математики
Національний університет водного господарства та природокористування
Рівне, Україна
a.p.povsheniuk@nuwm.edu.ua

Ярослав Зубик

Кафедра комп'ютерних наук та прикладної математики
Національний університет водного господарства та природокористування
Рівне, Україна
i.j.zubyk@nuwm.edu.ua

Богдан Конарівський

ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж»
Національний університет водного господарства та природокористування
Рівне, Україна
bkonarivskij@gmail.com

Abstract—У роботі представлено архітектуру інтелектуального IoT-пристрою на базі мікроконтролера Arduino Mega 2560 із Wi-Fi-модулем ESP8266 для відображення черги виклику клієнтів на світлодіодному матричному дисплеї MAX7219. Розроблена система забезпечує безшумну комунікацію шляхом передачі повідомлень через локальну бездротову мережу. Особливістю проєкту є можливість голосового керування пристроєм за допомогою мобільного додатку Tasker, який виконує передачу даних із смартфона на мікроконтролер через протокол HTTP.

Keywords—IoT, Arduino Mega 2560, MAX7219, LED-матриця, Tasker, голосове керування, архітектура системи

I. ВСТУП

У сучасних інформаційно-комунікаційних системах увагу приділяють розвитку технологій Human–Machine Interaction (HMI), які забезпечують природні способи взаємодії людини з технічними засобами. Одним із перспективних напрямів HMI є використання голосового керування як зручного й інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу, що мінімізує потребу у фізичних маніпуляціях із пристроєм. Подібні підходи активно застосовуються у сфері розумного дому, побутової автоматизації, освітніх та медичних систем.

У закладах охорони здоров'я, сервісних або адміністративних установах важливою складовою комфортного обслуговування є організація системи виклику клієнтів. Традиційні методи, такі як, голосові оголошення чи ручне інформування створюють додаткове навантаження на персонал і часто є неефективними в умовах багатокабінетного прийому або підвищеного шумового фону. Альтернативою є впровадження електронних систем

відображення черги, які дають змогу повідомляти клієнтів без звукових сигналів чи гучномовців.

Однак більшість існуючих промислових рішень для електронних черг є дорогими, вимагають централізованих серверів, спеціалізованого програмного забезпечення та складного налаштування. Це обмежує їх використання у невеликих клініках, приватних кабінетах, лабораторіях або навчальних аудиторіях. Тому виникає потреба у простих, доступних та відтворюваних рішеннях на базі відкритих апаратно-програмних платформ, таких як Arduino та ESP8266.

Запропонований підхід поєднує концепцію IoT з HMI-технологіями, забезпечуючи голосове керування через мобільний додаток і візуальне відображення інформації на світлодіодній матриці. Така система дозволяє користувачу, наприклад, лікарю, викликати наступного пацієнта голосовою командою, а пристрій автоматично передає текстове повідомлення на LED-дисплей. Це створює нову якість взаємодії людини з цифровим середовищем без потреби у дорогому обладнанні або складній інфраструктурі.

II. ОГЛЯД НАУКОВИХ ДЖЕРЕЛ

У сфері HMI для медицини активний тренд це голосові інтерфейси та співпраця людини й машини в клінічних процесах. Оглядові праці фіксують користь голосового введення для взаємодії з медичними IT-системами (зокрема з EHR) та окреслюють виклики безпеки, приватності й юзабіліті [1]; нові узагальнення підкреслюють роль HMI у клінічних робочих процесах і бар'єри впровадження (сертифікація, надійність, навчання персоналу) [3]. У прикладних дослідженнях показано, що цифрові й AI-асистовані інтервенції скорочують час очікування пацієнтів і підвищують

ефективність потоків у поліклініках, що мотивує дешевші модульні рішення для оповіщення та управління чергою [2]. Ці висновки узгоджуються з практикою розгортання голосових агентів у медичних установах для зменшення адміністративного навантаження [2].

Для низьковартісних IoT-реалізацій у клінічних і сервісних середовищах типовим вибором є мікроконтролери Arduino/ESP-класу з Wi-Fi-модулями (ESP8266/ESP32). У наукових роботах це поєднання широко використовується для медичних IoT-прототипів завдяки простоті, відкритій екосистемі та достатній продуктивності для задач реального часу (моніторинг, сповіщення, локальна візуалізація) [4]. Показові приклади реалізують бездротове передавання даних через MQTT/HTTP до вузла на Arduino/ESP із подальшою локальною індикацією або логуванням [4]. Надсилання повідомлень у реальному часі в подібних системах зазвичай базується на протоколі MQTT — publish/subscribe протоколі, стандартизованому OASIS (v5.0), що добре працює у нестабільних або обмежених мережах та має керовані рівні доставки повідомлень [5, 6]. Для Arduino існує клієнтська бібліотека PubSubClient з прикладами та API-документацією, яка спрощує підключення до брокера з мінімальним кодом [7, 8].

Для візуалізації текстових повідомлень на бюджетному апаратному рівні часто застосовують LED-матриці 8×8/каскади на базі драйвера MAX7219. Офіційний даташит описує послідовний інтерфейс, вбудовану ОЗП для 64 світлодіодів, сканування, регулювання яскравості та

низькоспоживний режим [9]. У спільноті Arduino є доступні бібліотеки MD_MAX72XX/Parola, що надають готові приклади для «бігучого рядка», буферизації та анімацій, що істотно зменшує інженерні витрати [10].

Окремий напрям розробок — мобільні тригери та голосове керування зі смартфона. Для швидкої

інтеграції використовують автоматизатор Tasker (Android): голосова команда → перетворення на текст → HTTP-запит або MQTT-пабліш у локальну мережу на ESP8266. Офіційні довідкові матеріали Tasker описують параметри HTTP-викликів (метод, тіло, таймаут, сертифікати) [11]. Такий підхід дозволяє обійти дорогі корпоративні системи виклику, зберігаючи основні НМІ-переваги — hands-free взаємодію та низьку латентність у локальній мережі. Деякі теоретичні аспекти HCI для вбудованих IoT-систем та практичні результати з проектування інтерфейсів «користувач—система» було описано у попередніх роботах авторів [12, 13].

III. АРХІТЕКТУРА

Архітектура нашого рішення поєднує НМІ на смартфоні з недорогою IoT-платформою в локальній мережі: Android із голосовим асистентом (наприклад, Gemini) перетворює команду лікаря на текст, Tasker нормалізує повідомлення (ім'я/номер клієнта) і надсилає його як HTTP POST до легкого шлюзу (HTTP Gateway, наприклад Node-RED/мікросервіс), що зберігає останні події у буфері. IoT-вузол на базі Arduino Mega 2560 з ESP8266 періодично опитує шлюз (GET /next) та отримує JSON з новими даними; після парсингу повідомлення виводиться на LED-матрицю MAX7219 у форматі «бігучого рядка». Така схема мінімізує складність і вартість: комунікація — через стандартний HTTP у LAN, безпека — токен/білий список на шлюзі, масштабування — додаванням нових вузлів, а логіка візуалізації залишається локальною та незалежною від хмарної інфраструктури (рис. 1).

Пропонуємо використати модуль ESP8266 для підключення до Wi-Fi. Він працює від 3,3 В, під'єднується до Serial1 плати Arduino Mega: TX ESP → RX1 (19), RX ESP ← TX1 (18), із спільною «землею» (рівні 5→3,3 В бажано узгоджувати).

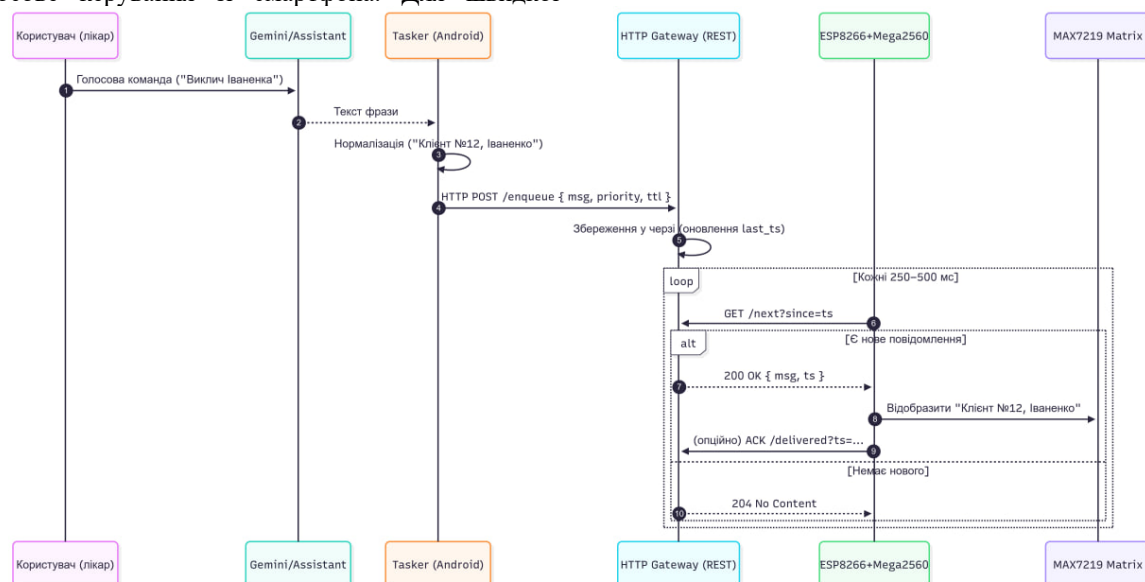


Рис. 1. Діаграма послідовностей процесу виклику клієнта

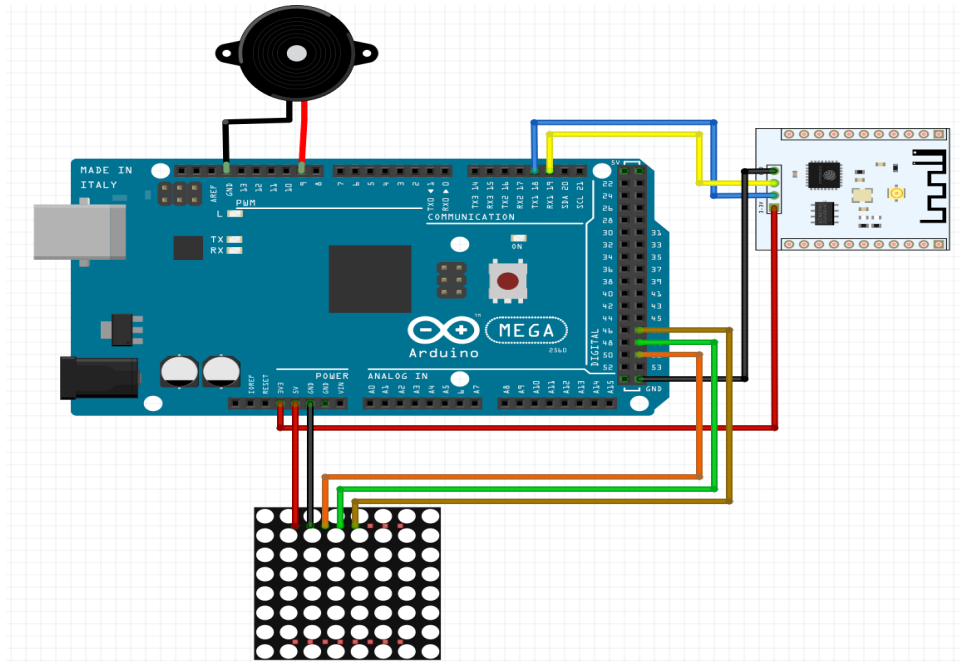


Рис. 2. Принципова електрична схема IoT-пристрою

Світлодіодна матриця MAX7219 живиться від 5V і GND, а сигнали DIN (MOSI), CLK (SCK) та CS (SS) під'єднуються до апаратного SPI Mega (51, 52, 53) або до інших цифрових виводів із відповідним налаштуванням у коді. Додатково в схему включено п'єзодинамік для короткого сповіщення про нове повідомлення (рис. 2).

ВИСНОВКИ

Запропоновано низьковартісну архітектуру системи виклику клієнтів, що поєднує голосове керування на Android із передачею даних через Tasker і локальний HTTP-шлюз до вузла ESP8266 з Arduino Mega, який опитує нові події та відображає їх на матриці MAX7219. Рішення забезпечує малу затримку в локальній мережі, просте розгортання та можливість масштабування без дорогих серверних компонентів завдяки використанню стандартних протоколів і доступних апаратних модулів. Перспективи подальшого розвитку включають підтримку MQTT, журналювання подій, рольову авторизацію та розширення веб/мобільного інтерфейсу.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

- [1] Y. A. Kumah-Crystal, W. S. Pirtle, K. J. Spurlock, J. A. Lord, and K. H. Wright, "Electronic health record interactions through voice," *Applied Clinical Informatics*, vol. 9, no. 3, pp. 541–546, 2018.
- [2] X. Li, H. Li, X. Chen, X. Zhou, and J. He, "Artificial intelligence-assisted reduction in patients' waiting times in outpatient services," *BMC Health Services Research*, vol. 21, no. 1, pp. 1–10, 2021.
- [3] W. Wang, J. Song, K. Zhu, Z. Ding, and X. Li, "Advances in the application of human-machine collaboration in healthcare," *Frontiers in Public Health*, vol. 13, 2025.
- [4] S. S. Rahman, M. R. Islam, and M. M. Hossain, "Patient health monitoring system development using ESP8266 and Arduino with IoT platform," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 14, no. 4, pp. 617–623, 2023.
- [5] OASIS, "MQTT version 5.0," OASIS Standard, 2019. Available: docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.html.
- [6] MQTT.org, "MQTT — The standard for IoT messaging," 2024. Available: mqtt.org.
- [7] Arduino, "PubSubClient — Arduino client for MQTT (library)," May 19, 2020. Available: docs.arduino.cc/libraries/pubsubclient.
- [8] N. O'Leary, "API documentation — PubSubClient," 2024. Available: pubsubclient.knolleary.net/api.
- [9] Analog Devices, "MAX7219/MAX7221 — Serially interfaced, 8-digit LED display drivers (datasheet)," Rev. latest, pp. 1–19, 2021.
- [10] Arduino, "MD_MAX72XX — LED matrix library for MAX72xx," Apr. 27, 2024. Available: docs.arduino.cc/libraries/md_max72xx.
- [11] Tasker (Joaoapps), "HTTP Request — User guide," 2025. Available: tasker.joaoapps.com/userguide/en/help/ah_http_request.html.
- [12] V. Zhukovskyy, D. Printz, and N. Zhukovska, "Human-Computer Interaction in IoT System for Water Tank Monitoring and Controlling," in *2023 IEEE 18th International Conference on Computer Science and Information Technologies (CSIT)*, Lviv, Ukraine, 2023, pp. 1–5, doi: 10.1109/CSIT61576.2023.10324294.
- [13] V. Zhukovskyy, D. Printz, N. Zhukovska, M. Hubach, and H. Rajab, "IoT-based intelligent information-analytical system architecture for water tank monitoring," in *2021 International Conference on Information Technology (ICIT)*, Amman, Jordan, 2021, pp. 924–928, doi: 10.1109/ICIT52682.2021.9491762.