

**С.В. Павлов
Ю.О. Пилипець**

ІНТЕГРАЦІЯ БІОМЕДИЧНИХ ПРИСТРОЇВ В КОНТЕКСТІ СТВОРЕННЯ ТЕЛЕМЕДИЧНИХ СИСТЕМ: ЕФЕКТИВНА ПЕРЕДАЧА Й ОБРОБКА БІОМЕДИЧНИХ ДАНИХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Інтеграція IoT-технологій із телемедичними системами започаткувала новий етап у розвитку охорони здоров'я, зробивши можливими ефективний дистанційний моніторинг пацієнтів і передачу медичних даних у реальному часі. Система охорони здоров'я разом з технологіями, що її оточують, стала сектором, який дуже потребує розвитку. Вона вже покращилася в багатьох сферах завдяки значним і безперервним дослідженням практичних наслідків біомедичних і телемедичних досліджень. Щоб забезпечити постійне технологічне вдосконалення лікарень, лікарі тепер також повинні належним чином зберігати і управляти великими обсягами даних про пацієнтів. Передача великих обсягів даних, таких як зображення, на сервери Інтернету речей на основі міжмашинного зв'язку є складною і трудомісткою за протоколами MQTT і MLLP, а оскільки брокери Інтернету речей обробляють лише обмежену кількість байтів даних, такі протоколи можуть передавати лише інформацію про пацієнта та інші текстові дані. Складніше здійснювати моніторинг даних УЗД, МРТ або КТ за допомогою IoT. Для вирішення цієї проблеми створюються і впроваджуються моделі, в яких система відображає зображення, а також дані про пацієнта на інформаційній панелі IoT [5].

Ключові слова: IoT; телемедицина; дистанційний моніторинг пацієнтів; дані про стан здоров'я в режимі реального часу, протоколи MQTT і MLLP.

Вступ. Інтеграція технологій Інтернету речей (IoT) з телемедициною зробила революцію в галузі охорони здоров'я, уможлививши дистанційний моніторинг і передачу даних у режимі реального часу. Ця конвергенція подолала обмеження традиційних закладів охорони здоров'я і значно покращила доступність медичної допомоги пацієнтам, прийняття рішень на основі даних та оптимізацію надання медичної допомоги [1-5]. Оскільки технології продовжують розвиватися, телемедицина на основі Інтернету речей готова вирішити проблеми доступності медичної допомоги пацієнтам, прийняття рішень на основі даних та оптимізації надання медичної допомоги. Пристрої Інтернету речей, такі як натільні медичні трекери та медичне обладнання, оснащене датчиками, відіграли вирішальну роль у цій трансформації. Ці пристрої безперешкодно збирають, обробляють і передають інформацію про стан здоров'я з власного середовища пацієнта, долаючи розрив між пацієнтами та медичними працівниками [1,3,5]. Інтеграція технологій Інтернету речей з телемедициною принесла численні переваги галузі охорони здоров'я. Вона покращила доступність медичної допомоги пацієнтам завдяки можливості віддаленого моніторингу. Пацієнти тепер можуть отримувати медичні послуги, не виходячи з дому, що зменшує потребу в частих візитах до лікарні [2]. По-друге, телемедицина на основі Інтернету речей сприяла прийняттю рішень в охороні здоров'я на основі даних.

Мета дослідження. Дослідження можливості інтеграції пристроїв Інтернету речей (IoT) у телемедичні системи з метою забезпечення ефективного збору, передачі та обробки біомедичної інформації, а також оцінити вплив таких технологій на якість медичних послуг та дистанційний моніторинг стану здоров'я пацієнтів.

Основні матеріали досліджень.

Медичні зображення, як правило, розповсюджуються в численні організації або всередині організації для встановлення правильного діагнозу. Тому обмін медичними даними необхідний для підвищення якості медичних послуг. Користувачі зможуть використовувати доступні і розподілені хмарні обчислювальні

За таких підходів, кінцева модель обробки зображення поділяє всю процедуру на чотири частини, які є наступними:

- Процес обміну повідомленнями між ультразвуковим апаратом та, наприклад, мінікомп'ютер Raspberry Pi HL7;
- Дані про результати зберігаються в LIS (Лабораторна інформаційна система);
- Передача зображень з Raspberry Pi на FTP-сервер;
- Передача файлів з FTP-сервера на протокол MLLP і MQTT за допомогою Raspberry Pi 3 (RSPi3).

Вищезазначені кроки відображені у вигляді блок-схеми на Рисунку 1.

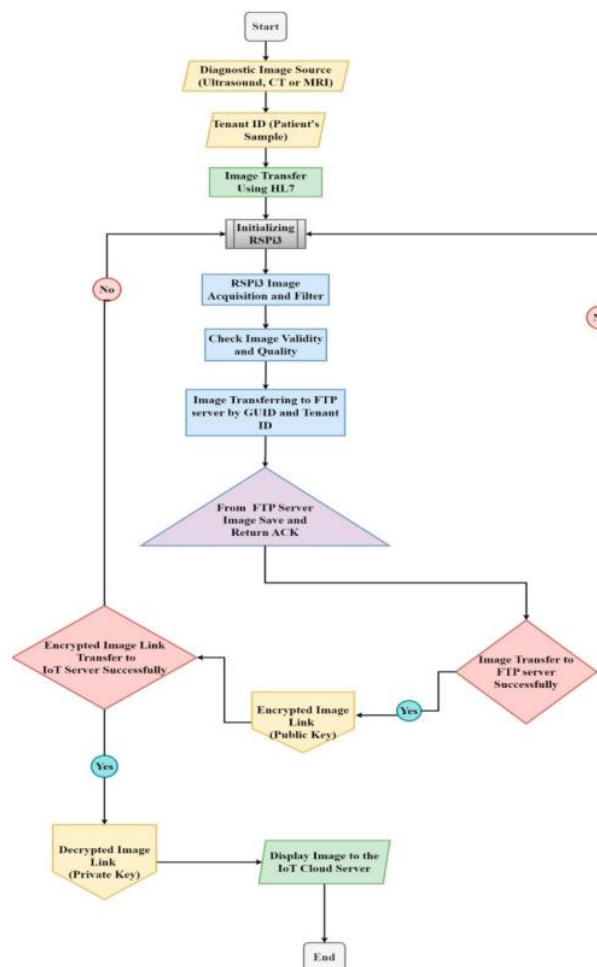


Рисунок 1 – Блок-схема процесу обробки зображення за допомогою протоколів MLLP, HL7 FTP та MQTT

Така модель використовує ультразвукове обладнання для цієї мети, яке буде збирати ультразвукові зображення пацієнтів і відстежувати дані зображень з сервера Інтернету речей без передачі файлів зображень. Основна перевага полягає в тому, що можна легко контролювати дані зображень з сервера Інтернету речей без надсилання файлів зображень в режимі реального часу.

Висновки.

Технології продовжують стрімко розвиватися в усьому світі, завдяки чому Інтернет речей (IoT) стає все більш практичною і цінною інновацією. Його інтеграція трансформує широкий спектр галузей, включаючи охорону здоров'я, яка відкрила для себе величезний потенціал Інтернету речей.

Розуміючи, що не всі пацієнти мають доступ до висококласних фахівців, можна знайти альтернативні методи та засоби, наприклад, система моніторингу ультразвукових зображень на основі Інтернету речей, яка дозволяє медичним працівникам дистанційно спостерігати і ставити діагноз пацієнтам з будь-якої точки світу. Це стало можливим завдяки хмарним IoT-платформам, які підтримують доступ до даних та обмін ними в режимі реального часу.

Така система працює через підключення до лікарняних баз даних, що накладає певні обмеження. Наприклад, передача великих обсягів даних у режимі реального часу може бути повільнішою порівняно з імітаційними середовищами, а швидкість реакції системи може змінюватися залежно від пропускної здатності інтернету. Тим не менш, це рішення пропонує значні переваги, заощаджуючи час і гроші як пацієнтам, так і медичним працівникам - усуваючи потребу в особистих зустрічах, поїздках і пов'язаних з ними витратах.

Тому є позитивні прогнози, що такі технології, разом з подальшими дослідженнями в цій галузі, сприятимуть значному прогресу в охороні здоров'я.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Harimi, A.; Majd, Y.; Gharahbagh, A.A.; Hajhashemi, V.; Esmailyan, Z.; Machado, J.J.M.; Tavares, J.M.R.S. Classification of Heart Sounds Using Chaogram Transform and Deep Convolutional Neural Network Transfer Learning. *Sensors* 2022, 22, 9569. <https://doi.org/10.3390/s22249569>
2. Lesport, Q.; Joerger, G.; Kaminski, H.J.; Girma, H.; McNett, S.; Abu-Rub, M.; Garbey, M. Eye Segmentation Method for Telehealth: Application to the Myasthenia Gravis Physical Examination. *Sensors* 2023, 23, 7744. <https://doi.org/10.3390/s23187744>
3. Harun-Ar-Rashid, M.; Chowdhury, O.; Hossain, M.M.; Rahman, M.M.; Muhammad, G.; AlQahtani, S.A.; Alrashoud, M.; Yassine, A.; Hossain, M.S. IoT-Based Medical Image Monitoring System Using HL7 in a Hospital Database. *Healthcare* 2023, 11, 139. <https://doi.org/10.3390/healthcare11010139>
4. Ferreira, F.; Pires, I.M.; Ponciano, V.; Costa, M.; Villasana, M.V.; Garcia, N.M.; Zdravetski, E.; Lameski, P.; Chorbev, I.; Mihajlov, M.; et al. Experimental Study on Wound Area Measurement with Mobile Devices. *Sensors* 2021, 21, 5762. <https://doi.org/10.3390/s21175762>
5. Zanella A, Bui N, Castellani A et al. (2014) Internet of things for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal* 1(1): 22-32. 6. Zeng Y, Zhang L, Gupta P (2019) Internet of things (IoT) in healthcare: A comprehensive survey on trends and advances. *IEEE Access* 7: 115365-115381.

Павлов Сергій Володимирович – д. т.н., професор, Вінницький національний технічний університет, e-mail: psv@vntu.edu.ua

Пилипець Юлія Олександрівна – аспірант кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, e-mail: :00-24-043.stud@vntu.edu.ua

Pavlov S.V., Pylypets Y.O.

INTEGRATION OF BIOMEDICAL DEVICES IN THE CONTEXT OF TELEMEDICINE SYSTEMS DEVELOPMENT: EFFICIENT TRANSMISSION AND PROCESSING OF BIOMEDICAL DATA

Abstract

The integration of Internet of Things (IoT) technologies into telemedicine systems has marked a new milestone in the development of healthcare, opening up opportunities for effective remote patient monitoring and real-time medical data transmission. The healthcare sector, along with related technologies, is currently one of the most important industries that requires further improvement. Active research in the field of biomedicine and telemedicine has already resulted in significant positive changes in many areas.

However, as the amount of medical information grows, there is a need for reliable storage and efficient management of big data. One of the challenges is the transfer of large amounts of data, such as medical images,

to IoT servers via machine-to-machine communication protocols such as MQTT or MLLP. These protocols are only capable of handling a limited number of bytes and mostly support text messaging, which makes it difficult to work with large visual files such as ultrasound, MRI, or CT scans.

To overcome these limitations, new solutions are being developed that allow displaying not only textual information but also visual patient data on IoT dashboards, providing a more complete and interactive approach to remote medical monitoring.

Keywords: IoT; telemedicine; remote patient monitoring; real-time health data, MQTT and MLLP protocols.

Pavlov Sergii - Doctor of Technical Sciences, Professor, Vinnytsia National Technical University, e-mail: psv@vntu.edu.ua

Pylypets Yuliia - postgraduate student, Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University, e-mail:00-24-043.stud@vntu.edu.ua