

АРХІТЕКТУРНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ РЕЄСТРАЦІЇ БІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЛЮДИНИ З ВИКОРИСТАННЯМ МОБІЛЬНИХ ПЛАТФОРМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі проаналізовано стрімкий розвиток технологій мобільного здоров'я (mHealth) та їхню роль у сучасній системі охорони здоров'я. Розглянуто проблему необхідності створення уніфікованих моделей для збору, обробки та передачі фізіологічних даних пацієнта. Запропоновано багаторівневу архітектурну модель системи реєстрації біологічних показників людини, що базується на використанні мобільних платформ як ключових вузлів-агрегаторів. Окреслено ключові виклики, пов'язані з безпекою даних, інтероперабельністю та енергоефективністю.

Ключові слова: mHealth, мобільні платформи, біологічні показники, архітектурна модель, моніторинг здоров'я, носимі пристрої, Інтернет медичних речей (IoMT), телемедицина.

Abstract

The paper analyzes the rapid development of mobile health technologies (mHealth) and their role in the modern healthcare system. The problem of the need to create unified models for collecting, processing and transmitting physiological data of the patient is considered. A multi-level architectural model of the system for registering human biological indicators is proposed, based on the use of mobile platforms as key aggregator nodes. Key challenges related to data security, interoperability and energy efficiency are outlined.

Keywords: mobile platforms, biological indicators, architectural model, health monitoring, wearable devices, Internet of Medical Things, telemedicine.

Вступ

Сучасна система охорони здоров'я переживає трансформацію, зумовлену демографічними змінами, зокрема старінням населення, та зростанням поширеності хронічних захворювань. Це створює значне навантаження на медичні установи та вимагає переходу від реактивної моделі лікування до проактивної та превентивної [1]. У цьому контексті технології мобільного здоров'я (mHealth) та Інтернету медичних речей (IoMT) відкривають безпрецедентні можливості для безперервного та віддаленого моніторингу стану здоров'я людини [2].

Мобільні платформи, зокрема смартфони, стали поширеними обчислювальними хабами. Завдяки вбудованим сенсорам (акселерометр, гіроскоп, пульсометр) та можливостям бездротового зв'язку (Bluetooth Low Energy, Wi-Fi), вони ідеально підходять на роль центрального елемента в системах персонального моніторингу [3] – володіють здатністю агрегувати дані з різних зовнішніх носимих пристроїв: фітнес-трекерів, смарт-годинників, медичних пластирів, глюкометрів тощо.

Однак, для ефективної реалізації таких систем необхідна чітка та уніфікована архітектурна модель. Вона має вирішувати задачі збору різномірних даних, їхньої попередньої обробки, безпечної передачі та інтелектуального аналізу. Відсутність стандартизованої моделі призводить до фрагментації ринку mHealth-рішень, проблем із сумісністю пристроїв та складнощів в інтеграції з іншими медичними інформаційними системами (MIS) [4].

Метою даної роботи є розробка узагальненої архітектурної моделі для реєстрації біологічних показників людини з використанням мобільних платформ, що враховує вимоги до масштабованості, безпеки та інтероперабельності.

Архітектурна модель системи

Запропонована модель є багаторівневою архітектурою, що описує повний життєвий цикл даних – від їх генерації сенсором до візуалізації перед лікарем. Модель складається з трьох логічних рівнів, взаємодія яких забезпечує функціонування всієї системи (рис. 1).

1. Рівень персональних сенсорів (Sensor layer)

Цей рівень є джерелом даних. Він включає сукупність носимих та стаціонарних медичних пристроїв, що безпосередньо реєструють біологічні показники: фізіологічні сенсори (ЕКГ, ФПГ (фотоплетизмографія для вимірювання ЧСС та SpO₂), датчики температури тіла, артеріального тиску); біохімічні сенсори (глюкометри (інвазивні та неінвазивні), аналізатори поту); сенсори активності (акселерометри, гіроскопи (для моніторингу рухової активності, виявлення падінь тощо)).

Основне завдання цього рівня – точна реєстрація сигналу та його передача на наступний рівень. Ключовим протоколом зв'язку тут виступає Bluetooth Low Energy (BLE) завдяки своїй енергоефективності [4].

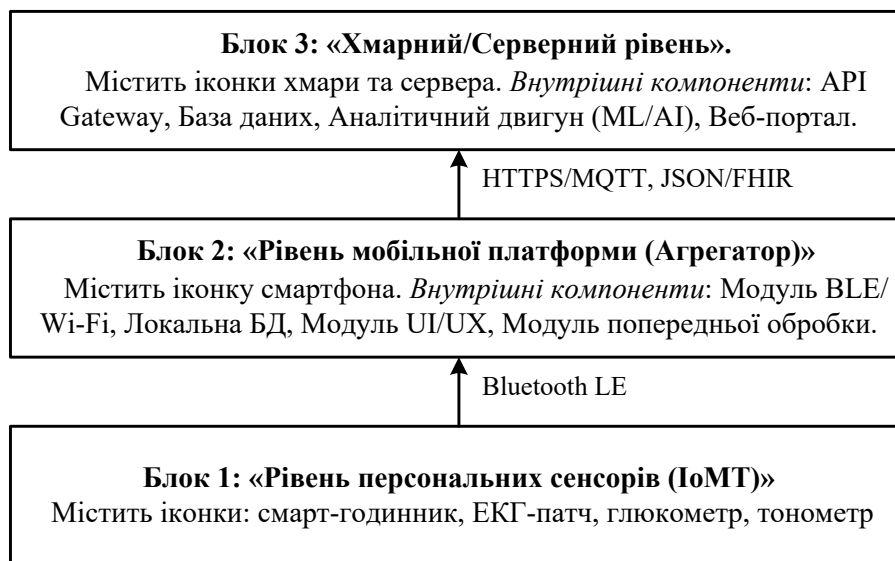


Рисунок 1. Загальна тривірнева архітектурна модель mHealth-системи

2. Рівень мобільної платформи (Gateway/Mobile layer)

Це ядро запропонованої моделі. Мобільна платформа (смартфон) виконує роль шлюзу-агрегатора. Її функції є критично важливими (рис. 1): агрегація даних (мобільний додаток одночасно збирає дані з декількох сенсорів через BLE); попередня обробка та фільтрація (для зменшення навантаження на мережу та хмарне сховище, частина обробки відбувається локально. Це включає фільтрацію шумів (наприклад, артефактів руху в сигналі ФПГ), базове виділення ознак (feature extraction) та валідацію даних); локальне зберігання (дані тимчасово зберігаються у локальній базі даних (наприклад, SQLite), що забезпечує стійкість до збоїв мережі (offline-режим); інтерфейс користувача (UI/UX) (надання пацієнту зворотного зв'язку, візуалізація його поточних показників, нагадування про прийом ліків чи вимірювання); безпечна передача (синхронізація оброблених та агрегованих даних з хмарним сервером).

3. Хмарний/Серверний рівень (Cloud/Server layer)

Цей рівень відповідає за довготривале зберігання, глибокий аналіз даних та надання доступу авторизованим медичним працівникам. Використання масштабованих баз даних (часто NoSQL, як-от MongoDB або time-series DB, як InfluxDB) для зберігання великих обсягів часових рядів біометричних даних.

На даному рівні відбувається застосування алгоритмів машинного навчання (ML) та штучного інтелекту (AI) для виявлення патернів, аномалій, прогнозування погіршення стану (наприклад, аритмії, гіпоглікемії) [2]. Підтримка прийняття рішень (CDSS) – формування автоматичних сповіщень (алертів) для лікарів у разі виявлення критичних відхилень у показниках пацієнта.

Також тут реалізується інтероперабельність - надання API (Application Programming Interface) для

інтеграції з госпітальними МІС, використовуючи стандарти обміну медичними даними, такі як FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources) та візуалізація даних - надання лікарям доступу до даних пацієнтів через захищений веб-портал.

Запропонована модель, попри свою гнучкість, стикається з низкою проблем, а саме:

- безпека та конфіденційність – медичні дані є вкрай чутливими. Необхідно забезпечити наскрізне шифрування: від сенсора до мобільного пристрою (використовуючи захищені режими BLE) та від мобільного пристрою до хмари (використовуючи SSL/TLS). Зберігання даних на сервері має відповідати міжнародним (GDPR) та національним стандартам захисту медичної інформації [4].

- енергоефективність - оскільки мобільний пристрій виступає постійно активним шлюзом, його енергоспоживання є критичним фактором. Постійне сканування BLE та передача даних через 4G/5G/Wi-Fi швидко розряджає батарею. Оптимізація (пакетна передача даних) є ключовою задачею.

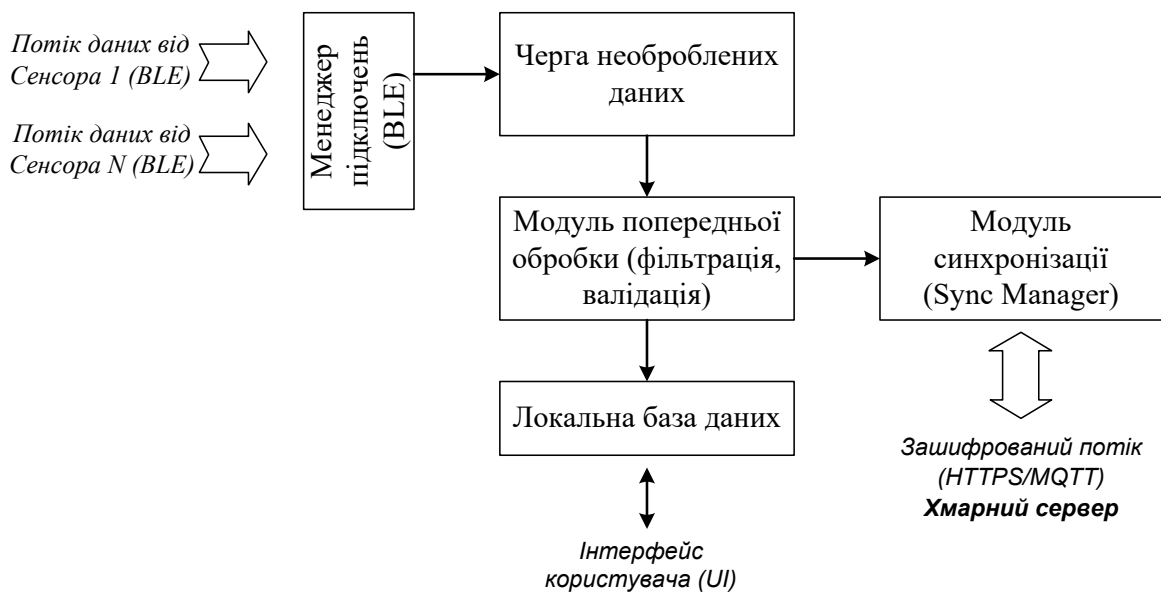


Рисунок 2. Схема потоків даних на рівні мобільної платформи

Також на ринку існує величезна кількість сенсорів від різних виробників, які часто використовують пропріетарні протоколи. Мобільний додаток-агрегатор повинен підтримувати широкий спектр пристроїв, що вимагає стандартизації або використання універсальних API.

Висновки

У статті запропоновано узагальнену трирівневу архітектурну модель для систем реєстрації біологічних показників людини на базі мобільних платформ. Модель структурує процес збору, обробки та аналізу даних, де мобільний пристрій виконує центральну роль агрегатора та шлюзу.

Модель описує взаємодію трьох основних рівнів: рівня персональних сенсорів, рівня мобільної платформи (агрегація та попередня обробка) та хмарного/серверного рівня (зберігання, аналітика, підтримка прийняття рішень). Дана модель слугує основою для розробки гнучких та масштабованих mHealth-рішень для віддаленого моніторингу пацієнтів та превентивної діагностики.

Перевагами даної моделі є її масштабованість (легке додавання нових сенсорів) та гнучкість (можливість локальної обробки даних). Використання смартфона як проміжної ланки дозволяє знизити вартість кінцевого рішення, оскільки більшість пацієнтів вже володіє цим пристроєм.

Подальші дослідження мають бути зосереджені на розробці адаптивних алгоритмів попередньої обробки даних на мобільному пристрої для оптимізації енергоспоживання та на впровадженні навчання, що дозволить тренувати моделі ШІ без необхідності передачі чутливих даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. World Health Organization (WHO). (2018). Global diffusion of eHealth: making universal health coverage achievable. Report.
2. Мобільні інформаційні системи для задач охорони здоров'я / М. Є. Білов, О. Г. Дудко, К.І. Голунга та ін. // Інформаційні системи та технології в медицині ISM-2019: матеріали II Міжнародна науково-практична конференція –

Харків. – 2019. – С. 181-182. – ISBN 978-966-6612-711-0

3. Majumder, S., Aghayi, E., Noferesti, M., Memarzadeh-Tehran, H., Mondal, T., Pang, Z., & Deen, M. J. (2017). Smart-Homes and Quality of Life for the Elderly: A Systematic Review. *IEEE Sensors Journal*, 17(15), 4767-4777.

4. Koumaditis, K., & Themistocleous, M. (2016). mHealth: A Look at the Issues and a Call for a Detailed Investigation of the Field. *Proceedings of the 22nd Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2016)*.

Костішин Сергій Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: seruykost@gmail.com.

Поліщук Олександр Володимирович – аспірант кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Serhii Kostishyn – Ph.D., Assistant professor of department of biomedical engineering and optical-electronic systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: seruykost@gmail.com.

Oleksandr Polishchuk – postgraduate student, department of biomedical engineering and optical-electronic system, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.