

ПРОЄКТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ АРХІТЕКТУРИ RFID-ОРІЄНТОВАНОЇ МЕДИЧНОЇ СИСТЕМИ

Анотація. У сучасних медичних установах зростає потреба в ефективному управлінні медичними даними та автоматизації рутинних процесів. У численних дослідженнях останніх років доведено ефективність RFID-технологій для відстеження пацієнтів, медичного обладнання та лікарських засобів, однак недостатньо уваги приділяється питанням інтеграції з існуючими інформаційними системами, безпеки даних і вибору оптимальної архітектури. Метою роботи є проєктування ефективної клієнт-серверної RFID-орієнтованої медичної системи, що забезпечує високу надійність, масштабованість та захищеність даних. У статті проаналізовано варіанти архітектур (простих, багаторівневих, мікросервісних, P2P), розроблено власну модель з централізованим управлінням на базі реляційної СУБД та API для взаємодії з веб- і мобільними клієнтами. Обґрунтовано вибір саме клієнт-серверної моделі, наведено структуру бази даних, схему взаємодії компонентів та порівняльну таблицю ефективності. У підсумку підтверджено доцільність інтеграції RFID у медичні системи для підвищення точності, зниження адміністративного навантаження та поліпшення якості обслуговування.

Ключові терміни: RFID-технології, медичні інформаційні системи, реляційні бази даних, клієнт-серверна архітектура, автоматизація, медичні записи, ідентифікація пацієнтів, захист даних.

Постановка проблеми. Сучасні медичні установи стикаються з численними викликами в управлінні даними пацієнтів. Традиційні методи ведення документації часто є неефективними та можуть призводити до помилок, що впливають на якість обслуговування пацієнтів. Зокрема, велика кількість паперових записів може ускладнити швидкий доступ до необхідної інформації, що, у свою чергу, може затримати надання медичної допомоги. Іншим викликом є забезпечення точності даних та уникнення їх втрати, що є критичним для забезпечення безпеки пацієнтів.

RFID-технології (Radio Frequency Identification) представляють собою інноваційне рішення для автоматизації процесів управління медичною інформацією. Вони використовують радіохвилі для автоматичної ідентифікації та відстеження об'єктів, що дозволяє значно спростити процеси збору та обробки даних. Основні компоненти системи RFID включають зчитувачі, антени та RFID-мітки, які містять унікальний ідентифікаційний номер. Ці компоненти працюють разом для збирання даних та передачі їх

до центральної системи управління, що дозволяє автоматизувати багато рутинних процесів та зменшити ризик людських помилок [1].

Впровадження RFID-технологій у медичних установах має потенціал значно покращити координацію між різними відділеннями, забезпечуючи лікарям швидкий доступ до важливої інформації. Це може не тільки підвищити ефективність роботи медичного персоналу, але й покращити якість обслуговування пацієнтів, зменшуючи час очікування та підвищуючи точність діагностичних та лікувальних процедур [2].

RFID (Radio Frequency Identification) – це технологія автоматичної ідентифікації, яка використовує радіохвилі для зчитування та запису даних з міток, прикріплених до об'єктів. Система RFID складається з трьох основних компонентів: RFID-мітки, зчитувачів та центральної системи управління даними [3]. RFID-мітки можуть бути активними, пасивними або напівпасивними, залежно від способу живлення та передачі даних [4].

Як працює RFID:

- RFID-мітка – містить мікročип та антену, які дозволяють зберігати та передавати дані. Пасивні мітки активуються полем зчитувача, тоді як активні мають власне джерело живлення;

- зчитувач – випромінює радіохвилі для активації міток та зчитування їх даних;

- центральна система – отримує дані від зчитувачів, обробляє їх та інтегрує у відповідні інформаційні системи [5].

RFID-технології широко використовуються у різних галузях, включаючи охорону здоров'я, логістику, ритейл та виробництво, завдяки їх здатності автоматизувати процеси та зменшити ризик помилок [6].

Технологія радіочастотної ідентифікації (RFID) робить революцію в галузі медицини, покращуючи догляд за пацієнтами та ефективність роботи. Застосування RFID в охороні здоров'я включають відстеження пацієнтів, керування ліками та контроль запасів, що разом покращує результати медичної допомоги та зменшує витрати. Наприклад, дозатори ліків із підтримкою RFID нагадують пацієнтам про необхідність прийняти ліки вчасно, що суттєво сприяє дотриманню режиму. Крім того, системи RFID полегшують відстеження медичних пристроїв, забезпечуючи їх доступність і зменшуючи втрати. Крім того, торговельні автомати RFID забезпечують легкий доступ до ліків, спрощуючи процес видачі. Загалом, інтеграція технології RFID в охорону здоров'я не тільки оптимізує управління ресурсами, але й покращує безпеку пацієнтів і покращує досвід.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поточний стан використання RFID-технологій у медичних установах висвітлює значні можливості для покращення управління медичними даними та операційними процесами. Різні дослідження підтверджують ефективність RFID у логістиці, моніторингу активів та керуванні інформацією пацієнтів.

Дослідження Fry і Lenert [7] демонструє, як RFID може покращити реакцію лікарень на масові нещасні випадки через ефективне відстеження пацієнтів, персоналу та

обладнання. Це важливо для оптимізації ресурсів та забезпечення швидкої допомоги в критичних ситуаціях.

Також Nakim і співавтори [8] розглядають пасивну RFID систему для моніторингу медичних активів, що дозволяє зменшити втрати та підвищити ефективність використання обладнання у лікарнях. Це допомагає оптимізувати внутрішні логістичні операції та забезпечує більшу доступність критично необхідних медичних інструментів.

Водночас, Kumar, Swanson, і Tran [9] аналізують застосування RFID у ланцюжках постачання медичної сфери, показуючи, як ця технологія може покращити ефективність та вартісну ефективність в обробці медичних товарів та засобів.

Дослідження Gómez [10] включає інтеграцію RFID з Wi-Fi для відстеження місцезнаходження біомедичного обладнання в реальному часі, що допомагає запобігти втраті та забезпечує своєчасне технічне обслуговування.

Інша значна робота під авторством Vochem [11] представляє додаток для смартфонів, який дозволяє медичним працівникам відстежувати медичні пристрої, резервувати обладнання та ефективно керувати логістикою.

Крім того, Alan D. Smith [12] підкреслюють операційні переваги RFID в охороні здоров'я, наголошуючи на зниженні витрат і підвищенні цінності для пацієнтів завдяки кращому управлінню запасами.

Дослідження систем управління ліками в державних лікарнях під авторством Katherine Vaicker [13] ілюструє, як RFID може пом'якшити такі проблеми, як крадіжка ліків, і покращити відстеження.

Ці дослідження вказують на важливість подальшого розвитку та вдосконалення RFID-технологій у медичній сфері, особливо у контексті підвищення точності, безпеки та ефективності медичного обслуговування.

Після розгляду робіт авторів можна зазначити, що, хоча дослідження демонструють численні переваги RFID-технологій у медичних установах, вони мають кілька недоліків. По-перше, більшість досліджень зосереджені на впровадженні RFID в окремих аспектах, таких як логістика або відстеження активів, проте немає достатньої уваги до комплексної інтеграції RFID із наявними медичними інформаційними системами. Також часто бракує аналізу витрат на впровадження та довгострокових фінансових результатів. Крім того, недостатньо вивчено питання конфіденційності даних і захисту пацієнтів, які є критичними у медичному середовищі. Для подальшого розвитку важливо враховувати ці аспекти та удосконалювати механізми захисту даних, а також робити акцент на масштабованості систем.

Мета роботи полягає в створенні системи ідентифікації пацієнтів за допомогою RFID, яка буде мати достатньо високий рівень захищеності і надійності.

Викладення основного матеріалу дослідження. Дослідження і розробка архітектури системи. Варіативність архітектур RFID-орієнтованих систем є ключовим аспектом при їхньому проектуванні та реалізації в різноманітних сферах застосування, зокрема у медицині. Архітектура RFID-систем може варіюватися від простих локальних конфігурацій до складних мультирівневих інтегрованих мереж, що включають ши-

рокий спектр пристроїв та інтерфейсів для обміну даними. Вибір архітектури залежить від специфічних потреб закладу та обсягу даних, що потрібно обробляти.

На простому рівні RFID-система може складатися з RFID-міток, читачів і базової бази даних (рис. 1) [14].

Для більш складних медичних установ використовуються розгалужені системи (рис. 2), які інтегрують централізоване зберігання даних, передові алгоритми обробки даних та високий рівень інтеграції з іншими медичними інформаційними системами [15].

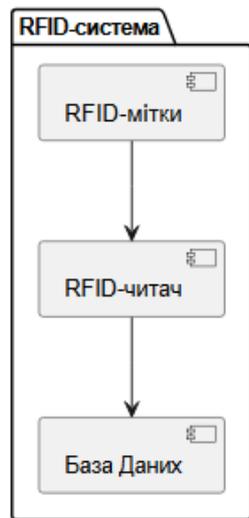


Рисунок 1 – Базова архітектура RFID-орієнтованих систем

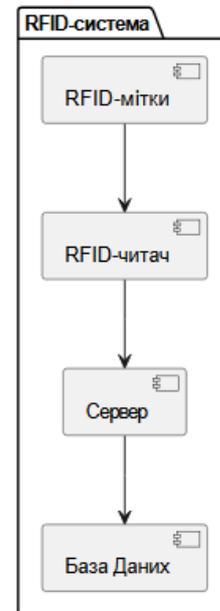


Рисунок 2 – Базова багаторівнева архітектура RFID-орієнтованих систем

Це дозволяє забезпечити комплексне управління інформацією та взаємодію з усіма відділеннями лікарні [16].

Вибір архітектури для медичної інформаційної системи на базі RFID залежить від багатьох факторів, включаючи специфіку операційних процесів установи, потреби в безпеці та конфіденційності даних, а також масштаби інтеграції з іншими системами. Клієнт-серверна архітектура є одним з найефективніших підходів до реалізації таких систем через її гнучкість, масштабованість та здатність до інтеграції різних видів клієнтських пристроїв.

Клієнт-серверна модель передбачає централізацію обробки даних на сервері, що забезпечує надійне управління ресурсами та централізовану безпеку. Клієнти (як веб-браузери, так і мобільні застосунки) взаємодіють із сервером через добре визначений API, що дозволяє легко додавати нові функції та покращувати існуючі компоненти без змін в інших частинах системи [17].

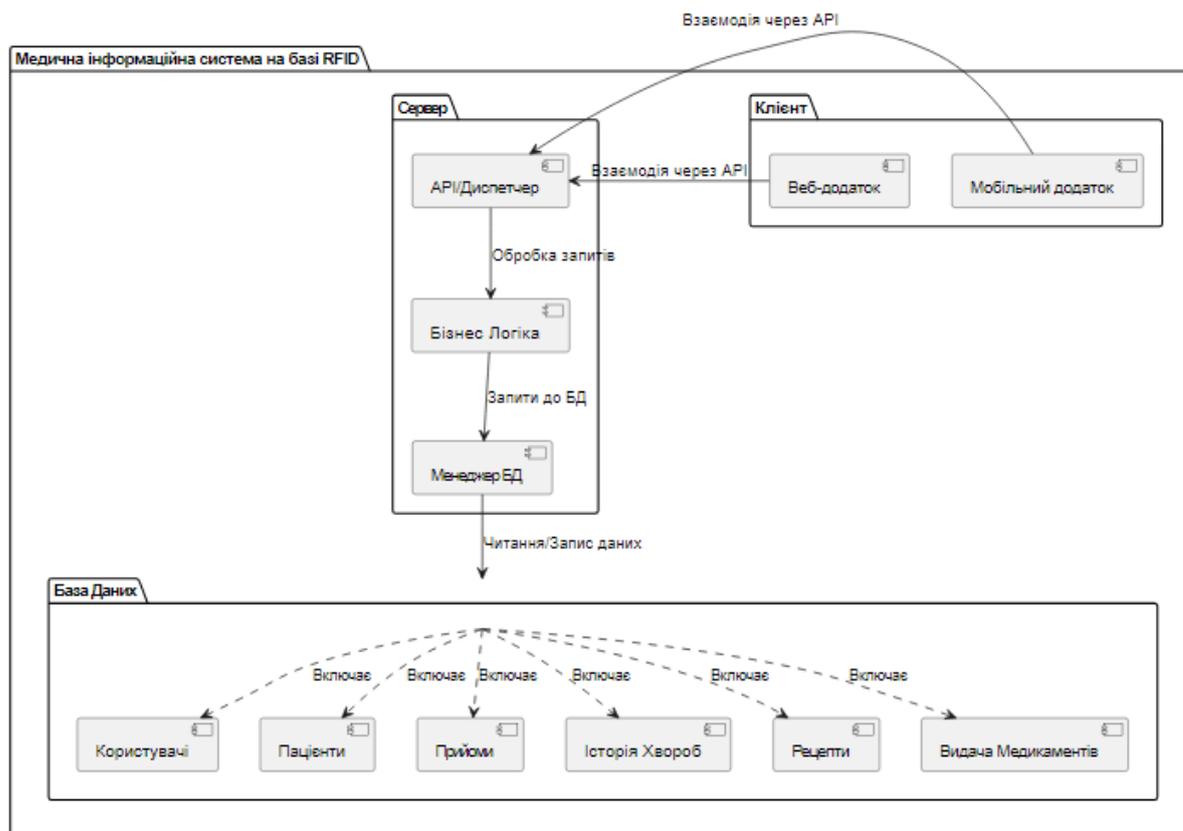


Рисунок 3 – Архітектура системи

На рис. 3 представлено архітектуру, яка втілює ці принципи. Сервер виконує ключові функції, такі як обробка запитів, управління сеансами та інтеграція баз даних, що забезпечує обробку великих обсягів даних ефективно та безпечно. Клієнтські застосунки можуть взаємодіяти з сервером через безпечний API для виконання запитів, що стосуються медичних записів, обладнання чи інформації про пацієнтів [18].

Архітектура також підтримує розгалужену структуру обміну даними з зовнішніми системами та інтеграцію з іншими медичними інформаційними системами, що забезпечує гнучкість у процесі забезпечення медичних послуг. Централізоване зберігання даних та їх централізована обробка на сервері дозволяють виконувати комплексний аналіз та генерацію звітів, підвищуючи якість медичного обслуговування.

Під час розробки медичної інформаційної системи на базі RFID було розглянуто декілька альтернативних архітектур, які мали свої недоліки та обмеження.

Одним з розглянутих варіантів була розподілена архітектура, зокрема модель Peer-to-Peer (P2P), яка дозволяє безпосереднє з'єднання між клієнтськими пристроями без використання централізованого сервера. Ця модель має переваги у високій масштабованості та витривалості системи. Проте, вона виявилася неефективною для управління великими обсягами чутливих медичних даних, оскільки створює складнощі з контролем доступу та забезпеченням безпеки даних, що є критично важливим для медичної сфери.

Іншим варіантом була мікросервісна архітектура [19]., яка дозволяє розділити систему на менші, незалежні компоненти. Такий підхід сприяє спрощенню розробки та тестування, забезпечуючи високу гнучкість системи. Однак, керування численними мікросервісами та забезпечення їх взаємодії утворює складність, яка може призвести до затримок у відгуку системи та збільшити складність інтеграції з іншими медичними системами. Для аналізу актуальності розробленої архітектури слід порівняти її з класичними.

Таблиця 1

Порівняння архітектур

Параметр	Проста RFID-система	Багаторівнева RFID-система	Власна архітектура
Структура	Локальна, з базовою базою даних	Багаторівнева, з сервером та клієнтами	Клієнт-серверна з багатим функціоналом
Компоненти	RFID-мітки, RFID-читач, база даних	RFID-мітки, RFID-читач, сервер, база даних, веб/мобільні клієнти	RFID-мітки, сервер, клієнт, мобільний і веб-додатки, менеджер БД, обробка запитів
Підтримка додатків	Немає	Веб-додатки	Інтегровані веб- та мобільні додатки
Обробка даних	Базова	Серверна обробка запитів	Серверна обробка з бізнес-логікою та менеджером БД
Масштабованість	Низька	Середня	Висока
Безпека даних	Мінімальна	Середня	Висока (з використанням менеджера БД та захищених запитів)
Гнучкість інтеграції	Низька	Середня	Висока (з можливістю додавання нових компонентів)
Автоматизація процесів	Обмежена	Середня	Висока (інтегрована бізнес-логіка)
Керування медичними даними	Обмежене	Середнє	Деталізоване, з підтримкою пацієнтів, лікарських призначень та історії хвороб
Відповідність сучасним вимогам	Низька	Середня	Висока (адаптована для медичних установ з високими вимогами до безпеки та точності даних)

Централізована, клієнт-серверна архітектура була обрана як найбільш відповідна, оскільки вона забезпечує ефективне управління даними, високий рівень безпеки, зручність у підтримці та можливість масштабування, важливі для медичних установ.

Зберігання даних в RFID-орієнтованій медичній системі. У RFID-орієнтованій медичній системі ключовим аспектом є ефективне зберігання та управління даними, що забезпечується за допомогою спеціалізованої бази даних. Структура такої бази, представлена на рис. 4, включає різні таблиці, кожна з яких відповідає за окремі аспекти медичної інформації.

Таблиця Users фіксує інформацію про користувачів системи, зокрема їхні імена, паролі та ролі, що дозволяє імплементувати механізми контролю доступу та забезпечення безпеки даних. Таблиця Patients містить деталі про пацієнтів, включно з їх іменами, датами народження та контактною інформацією, забезпечуючи централізоване зберігання критично важливих медичних даних.

Архітектура бази також включає таблиці, що зберігають інформацію про призначення та рецепти, які взаємопов'язані з даними про пацієнтів та лікарів, що забезпечує інтеграцію і управління медичними записами. Наприклад, таблиця MedicalHistory фіксує історію хвороби, що включає всі медичні записи та результати обстежень, створюючи детальну картину медичного профілю пацієнта.

Ця модульна архітектура бази даних забезпечує велику варіативність у реалізації медичних інформаційних систем, дозволяючи легко адаптувати систему до змінюваних потреб медичної установи. Кожен модуль може бути оптимізований або модифікований незалежно, що сприяє гнучкості та масштабованості системи, дозволяючи впроваджувати нові технологічні рішення без необхідності перебудови всієї системи.

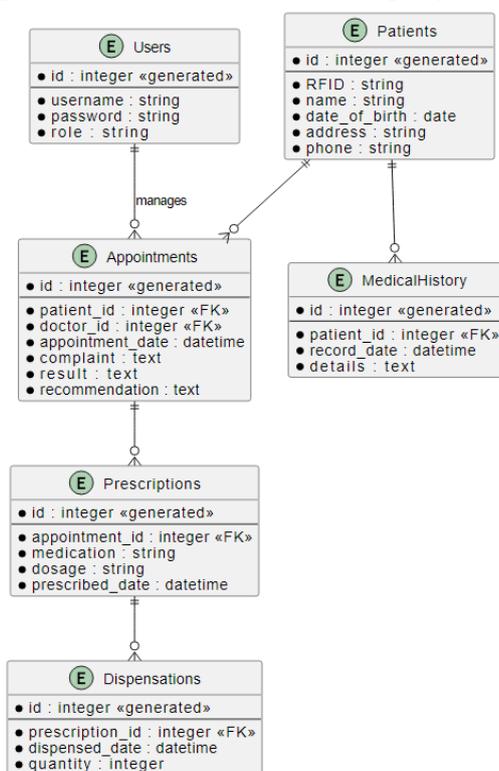


Рисунок 4 – Схема бази даних системи

Під час проектування RFID-орієнтованої медичної інформаційної системи було розглянуто декілька альтернативних підходів до структури зберігання даних, кожен з яких мав свої переваги, але також і значні недоліки, які унеможливили їх використання.

Перший варіант включав використання децентралізованої бази даних, де кожен медичний пристрій чи вузол мав власну невелику базу даних. Цей підхід забезпечував високий рівень автономії та міг зменшити навантаження на центральну систему. Проте, децентралізація ускладнила б синхронізацію даних між різними вузлами та могла призвести до проблем із консистенцією інформації [20].

Інший розглянутий варіант передбачав використання NoSQL баз даних для гнучкого управління неструктурованими медичними даними. Такий підхід дозволяє ефективніше обробляти великі масиви даних та надає кращу масштабованість. Однак, NoSQL системи мають обмеження щодо транзакційної цілісності та менш строгі гарантії щодо консистенції даних, що є критичним для медичних додатків, де точність та надійність даних мають вирішальне значення [21].

Також було розглянуто інтегровані платформи, які об'єднують зберігання даних з аналітичними інструментами. Цей варіант міг забезпечити потужні аналітичні можливості всередині самої бази даних, але він потребував значно вищих початкових інвестицій та складнішої підтримки.

З урахуванням згаданих недоліків, було вирішено обрати клієнт-серверну архітектуру з реляційною базою даних, яка надає строгі гарантії щодо цілісності, консистенції та безпеки даних. Цей підхід дозволяє забезпечити централізоване управління медичними даними, легкість доступу до історії пацієнта та високий рівень інтеграції з іншими медичними системами.

Висновки. Вивчення та впровадження RFID-технологій у медичних установах виявило значний потенціал для покращення управління медичними даними. У ході дослідження було розглянуто різноманітні архітектурні рішення та бази даних, що призвело до розробки фінальних версій архітектур та баз даних, оптимізованих для використання у медичних інформаційних системах. Застосування RFID не лише сприяло підвищенню точності та швидкості обробки інформації пацієнтів, але й значно знизило адміністративне навантаження на медичний персонал через автоматизацію процесів управління лікарськими засобами та планування прийомів. Такі розробки відкривають нові можливості для подальших досліджень та розвитку в цій критично важливій області.

ЛІТЕРАТУРА

1. Radio Frequency Identification (RFID) in health care: where are we? A scoping review // *Health and Technology*. – 2023.
2. The Adoption and Implementation of RFID Technologies in Healthcare: A Literature Review // *Journal of Medical Systems*. – 2023.
3. The Benefits and Barriers to RFID Technology in Healthcare // *HIMSS*. – 2023.
4. Бендавід Я., Бек Г. RFID в охороні здоров'я: концептуальна основа використання та можливостей // *Journal of Medical Systems*. – 2011. – Т. 35, № 3. – С. 397–405.
5. Охасі К., Ота С., Оно-Мачадо Л. та ін. Підвищення безпеки пацієнтів за допомогою технології RFID // *Healthcare Informatics*. – 2010. – Т. 27, № 6. – С. 45–52.

6. Перес М., Томпсон Д., Лі Х. Вплив технології RFID на відстеження пацієнтів та видачу медикаментів // *Journal of Healthcare Management*. – 2012. – Т.57, №4. – С.123–135.
7. Фрай Е., Ленерт Л. Відстеження пацієнтів, персоналу та обладнання за допомогою RFID для підвищення ефективності реагування лікарень у надзвичайних ситуаціях // *Матеріали симпозиуму АМІА*. – [Місце вид. невідоме], [рік невідомий].
8. Хакім Г., Рено Р., Ендерле Д. Пасивна RFID-система моніторингу активів у лікарняному середовищі // *IEEE 32-а щорічна конференція з біоінженерії Північно-Східного регіону США*. – 2006.
9. Кумар С., Свансон Е., Чан Т. Застосування RFID у ланцюгах постачання в охороні здоров'я // *International Journal of Health Care Quality Assurance*. – 2009. – №22. – С.67–81.
10. Гомес С., Суарес Е. Система RFID + Wi-Fi для контролю розташування біомедичного обладнання у лікарнях з інтелектуальним інвентарем // *SpringerLink*.
11. Бохем А., Абугабах А., Аль Смаді А. Інтелектуальне застосування RFID в охороні здоров'я: інвентаризація та логістика медичних систем // *IEEE Xplore*. – 2022.
12. Сміт А. Застосування RFID у системах охорони здоров'я з операційної точки зору // *IGI Global*. – 2019. – № 6. – С. 28.
13. Байкер К. Розробка системи керування та моніторингу лікарських засобів на основі RFID у державних лікарнях Танзанії [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <http://dspace.nm-aist.ac.tz/handle/20.500.12479/50>.
14. Khan M. A., Zubair S., Gondal T. M. та ін. Підвищення безпеки та конфіденційності в медичних системах за допомогою полегшеного RFID-протоколу // *Sensors*. – 2023. – Т. 23, № 12. – С. 5518.
15. Raso E., Bianco G. M., Marrocco G. Орієнтовані на конфіденційність архітектури для NFC та RFID-сенсорів у медичних застосунках // *Sensors*. – 2022. – Т.22, №24. – С. 9692.
16. Bianco G., Raso E. UHF RFID та NFC у точках медичного обслуговування: архітектура, безпека та реалізація [Електронний ресурс] // *arXiv*. – 2023. – Режим доступу: <https://arxiv.org/abs/2304.08015>
17. Marchang J., Al-Dubai A., Al-Rakhami M. та ін. Безпечна за дизайном архітектура Інтернету медичних речей у реальному часі для моніторингу здоров'я населення (RTPM) // *Informatics*. – 2024. – Т. 5, № 3. – С. 31.
18. Almotiri S. H., Amoon M., Alamri H. S. Ефективна медична інформаційна система на основі RFID та хмарної архітектури IoT // *Healthcare*. – 2023. – Т. 11, № 22. – С. 3067.
19. Abouelmehdi K., Beni-Hssane A., Khaloufi H. До архітектури на основі мікросервісів для безпечних та масштабованих медичних інформаційних систем // *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. – 2022.
20. Sun Y., Luo Y., Xu H. Децентралізоване управління даними для медичного Інтернету речей із використанням блокчейну та edge-баз даних // *IEEE Access*. – 2022. – Т. 10. – С. 69312–69325.
21. Gupta R., Kumar P., Bhattacharya S. Використання NoSQL-баз даних для аналітики великих медичних даних // *Journal of Big Data*. – 2023. – Т. 10, № 1. – С. 45.

REFERENCES

1. Radio Frequency Identification (RFID) in health care: Where are we? A scoping review. (2023). *Health and Technology*.
2. The adoption and implementation of RFID technologies in healthcare: A literature review. (2023). *Journal of Medical Systems*.

3. The benefits and barriers to RFID technology in healthcare. (2023). *HIMSS*.
4. Bendavid, Y., & Boeck, H. (2011). RFID in healthcare: A framework for uses and opportunities. *Journal of Medical Systems*, 35(3), 397–405. <https://doi.org/10.1007/s10916-010-9402-y>
5. Ohashi, K., Ota, S., Ohno-Machado, L., et al. (2010). Improving patient safety through RFID technology. *Healthcare Informatics*, 27(6), 45–52.
6. Perez, M., Thompson, J., & Lee, H. (2012). The impact of RFID technology on patient tracking and medication administration. *Journal of Healthcare Management*, 57(4), 123–135.
7. Fry, E., & Lenert, L. (n.d.). RFID tracking of patients, staff, and equipment to enhance hospital response to mass casualty events. In *AMIA Annual Symposium Proceedings*.
8. Hakim, H., Renouf, R., & Enderle, J. (2006). Passive RFID asset monitoring system in hospital environments. In *Proceedings of the IEEE 32nd Annual Northeast Bioengineering Conference*.
9. Kumar, S., Swanson, E., & Tran, T. (2009). RFID in the healthcare supply chain: Usage and application. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 22, 67–81. <https://doi.org/10.1108/09526860910964843>
10. Gómez, S., & Suárez, E. (n.d.). RFID + Wi-Fi system to control the location of biomedical equipment within hospital areas and linked to an intelligent inventory. *SpringerLink*.
11. Bochem, A., Abugabah, A., & Al Smadi, A. (2022). Smart RFID application in health care: Using RFID technology for smart inventory and logistic systems in hospitals. *IEEE Xplore*.
12. Smith, A. D. (2019). RFID applications in healthcare systems from an operational perspective. *IGI Global*, 6, 28.
13. Baicker, K. (2023). Development of radio frequency identification (RFID)-based drug management and monitoring system: Case of public hospitals in Tanzania [Electronic resource]. Retrieved from <http://dspace.nm-aist.ac.tz/handle/20.500.12479/50>
14. Khan, M. A., Zubair, S., Gondal, T. M., et al. (2023). Enhancing security and privacy in healthcare systems using a lightweight RFID protocol. *Sensors*, 23(12), 5518. <https://doi.org/10.3390/s23125518>
15. Raso, E., Bianco, G. M., & Marrocco, G. (2022). Privacy-aware architectures for NFC and RFID sensors in healthcare applications. *Sensors*, 22(24), 9692. <https://doi.org/10.3390/s22249692>
16. Bianco, G., & Raso, E. (2023). UHF RFID and NFC point-of-care: Architecture, security, and implementation [Electronic resource]. arXiv. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2304.08015>
17. Marchang, J., Al-Dubai, A., Al-Rakhami, M., et al. (2024). Secure-by-design real-time Internet of Medical Things architecture for e-health population monitoring (RTPM). *Informat-ics*, 5(3), 31. <https://doi.org/10.3390/informatics5030031>
18. Almotiri, S. H., Amoon, M., & Alamri, H. S. (2023). An efficient healthcare information system using RFID and IoT-based cloud architecture. *Healthcare*, 11(22), 3067. <https://doi.org/10.3390/healthcare11223067>
19. Abouelmehdi, K., Beni-Hssane, A., & Khaloufi, H. (2022). Towards a microservices-based architecture for secure and scalable healthcare information systems. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. <https://doi.org/10.1007/s12652-022-03778-y>

20. Sun, Y., Luo, Y., & Xu, H. (2022). Decentralized data management for healthcare IoT using blockchain and edge databases. *IEEE Access*, 10, 69312–69325. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3187435>

21. Gupta, R., Kumar, P., & Bhattacharya, S. (2023). Leveraging NoSQL databases for big healthcare data analytics. *Journal of Big Data*, 10(1), 45. <https://doi.org/10.1186/s40537-023-00752-2>

Received 23.01.2026.

Accepted 26.01.2026.

Designing an efficient architecture for an RFID-oriented medical system

Modern healthcare institutions face growing challenges in managing medical data effectively and ensuring automation of routine processes. Radio Frequency Identification (RFID) technology has proven to be a powerful tool for improving patient identification, reducing human error, and streamlining data access and logistics within hospitals. However, limited attention has been given in recent studies to comprehensive integration of RFID systems with existing medical information infrastructures, particularly concerning data protection and architectural design.

This paper proposes an efficient client-server architecture for RFID-based medical systems, aimed at ensuring secure and scalable handling of medical records. The research analyzes a range of architectural approaches, including simple local RFID configurations, peer-to-peer networks, and microservice models, outlining their limitations in the healthcare context. As a result, a custom client-server model has been developed using a relational database and secure API-based communication between server and multiple client types (web and mobile).

The proposed architecture supports centralized data storage and processing, ensures integrity and confidentiality of patient information, and enables flexible integration with third-party healthcare platforms. A modular database design is also presented, including patient profiles, medical history, prescriptions, and user management.

Comparative analysis demonstrates that the proposed model outperforms traditional architectures in scalability, automation, and data security. By minimizing administrative workload and enhancing access to reliable patient data, the system improves quality of care and opens perspectives for further research and innovation in medical IT solutions.

Keywords: RFID technologies, medical information systems, relational databases, client-server architecture, automation, medical records, patient identification, data protection.

Смоленський Микита Михайлович – аспірант кафедри інтелектуальних інформаційних систем, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, Україна.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3071-4350>.

Сіденко Євген Вікторович - доцент кафедри інтелектуальних інформаційних систем, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, Україна.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6496-2469>.

Smolenskyi Mykyta Mykhailovych - postgraduate student at the Department of Intellectual Information Systems, Petro Mohyla Black Sea National University, Ukraine.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3071-4350>.

Sidenko Yevgen Viktorovych - associate professor at the Department of Intellectual Information Systems, Petro Mohyla Black Sea National University, Ukraine.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6496-2469>.