
ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНФОРМАЦІЙНИХ (INTERNET, INTRANET ТОЩО) ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖАХ

УДК 004.7

П. О. ЯКОВИШЕН, С. Є. ТУЖАНСЬКИЙ

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ В ТЕЛЕМЕДИЧНИХ СИСТЕМАХ

Вінницький національний технічний університет 21021, Хмельницькешосоє 95, м. Вінниця, Україна,
E-mail: yakovishen3@gmail.com, slavat@vntu.edu.ua

Анотація: У статті проводиться порівняльний аналіз методів передавання даних у телемедичних системах з метою визначення їх ефективності, надійності та придатності для різних медичних застосувань. Проаналізовані дротові та бездротові технології передачі даних, досліджено їх особливості, переваги та недоліки в контексті застосування в телемедичних системах.

Ключові слова: телемедична система, передавання даних, телемедицина, технології

Abstract: This article provides a detailed comparative analysis of various methods of data transmission in telemedicine systems in order to determine their effectiveness, reliability and suitability for various medical applications. Wired and wireless data transmission technologies are analyzed, namely, their features, advantages and disadvantages in the context of application in telemedicine systems are investigated.

Keywords: telemedicine system, data transmission, telemedicine, technologies.

DOI: 10.31649/1681-7893-2024-47-1-222-232

ВСТУП

В останні роки телемедицина відзначилася стрімким розвитком, що зумовлено поєднанням технологічного прогресу та удосконаленням систем охорони здоров'я. Однією з ключових характеристик сучасної телемедицини є віддалений моніторинг стану пацієнтів. Спеціалізовані медичні пристрої та датчики, підключені до телемедичних систем, дозволяють здійснювати постійний моніторинг показників здоров'я (тиск, пульс, рівень цукру тощо), що дозволяє лікарям вчасно реагувати на зміни у стані пацієнтів і вживати необхідні медичні заходи.

Значно підвищивши доступність медичних консультацій, телемедицина дозволяє пацієнтам отримувати якісну медичну допомогу навіть у віддалених та важкодоступних регіонах. Віртуальні консультації, обмін медичною інформацією та віддалені діагностичні процедури стають стандартом. Вимушені обмеження та соціальне дистанціювання під час пандемії COVID-19 прискорили впровадження телемедицини у повсякденну практику [1]. Сучасні телемедичні платформи широко використовуються для консультацій, моніторингу захворювань та координації лікування.

Разом із збільшенням обсягів обміну медичною інформацією та збільшенням складності телемедичних систем з'являються нові виклики, пов'язані з безпекою передачі даних, приватністю та стандартизацією.

У роботі проаналізовано методи передачі даних у телемедичних системах, визначено їхні переваги та недоліки, а також зазначені відмінності та особливості використання.

АНАЛІЗ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У ТЕЛЕМЕДИЧНИХ СИСТЕМАХ

Основні складові телемедицини включають в себе:

- віддалені консультації, які використовуються для віддаленого обговорення медичних питань за допомогою відео- або аудіокомунікаційних засобів та забезпечують можливість консультацій з лікарем без потреби фізичного присутності пацієнта

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНФОРМАЦІЙНИХ (INTERNET, INTRANET ТОЩО) ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖАХ

- віддалений моніторинг стану пацієнтів, що передбачає застосування різноманітних медичних пристроїв та датчиків для збору та передачі життєво важливих показників стану пацієнтів та дозволяє лікарям отримувати реальні дані про здоров'я пацієнта без присутності у клініці;
- електронні медичні записи, що забезпечують цифрове збереження та доступ до історії хвороб та медичної інформації пацієнтів а також сприяють швидшому обміну інформацією між лікарями та поліпшують координацію надання медичних послуг [1].

При передаванні даних до телемедичних систем висуваються важливі вимоги, які визначають їхню ефективність та безпеку: надійність, швидкість та конфіденційність. Надійність телемедичної системи передбачає передавання даних без втрат та забезпечення цілісності інформації для правильного виводу діагнозу та рекомендацій. Швидкість передачі даних є особливо важливою при віддалених консультаціях та екстрених випадках та дозволяє лікарям оперативно реагувати на поточний стан пацієнта. Конфіденційність телемедичної системи має на меті забезпечення захисту медичної інформації від несанкціонованого доступу, що має критичне значення для збереження довіри та приватності пацієнтів.

Відповідно до специфіки медичних потреб та клінічних сценаріїв, телемедичні системи передбачають або передачу даних в реальному часі або асинхронний обмін даними [2].

Особливістю передачі даних в реальному часі є забезпечення миттєвого обміну інформацією між лікарем та пацієнтом або між медичним персоналом. Даний метод використовується для віддалених консультацій, віддаленого моніторингу та невідкладних медичних випадків. Переваги методу:

- сприяє оперативному прийняттю рішень та негайній реакції на невідкладні стани;
- дозволяє проводити живу взаємодію та віртуальні огляди, що поліпшує якість медичних консультацій.
- До недоліків методу можна віднести:
- необхідність високошвидкісних інтернет-з'єднань та потужних технічних засобів для безперебійної передачі даних в реальному часі;
- можливе обмеження географічними та технічними обставинами пацієнта.
- Особливістю асинхронного обміну є забезпечення відкладеного обміну даними, де інформація передається та отримується в різний час. Цей метод використовується для передачі результатів лабораторних тестів та досліджень, медичних зображень та інших даних, які не потребують негайного реагування. Перевагами даного методу є:
- можливість пацієнтам та лікарям працювати в режимі, що відповідає їхнім власним графікам та доступності;
- зменшення вимог до швидкості з'єднання та можливість передавати великі обсяги інформації без втрати якості [3].

Мінусом асинхронного обміну даними є те, що використання даного методу може ускладнити спілкування у випадках, коли необхідна негайна взаємодія, а у випадках, коли потрібна миттєва реакція, даний метод передачі даних є неприпустимим.

Будь-яка телемедична система базується на побудові дротових та (або) бездротових мереж, в залежності від потреб та умов використання тієї чи іншої системи. Класифікація методів передачі даних в телемедичних системах зображена на рисунку 1.



Рисунок 1 – Класифікація методів передачі даних в телемедичних системах

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНФОРМАЦІЙНИХ (INTERNET, INTRANET ТОЦЮ) ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Узагальнена схема телемедичної мережі представлена на рисунку 2.

Найпоширенішими видами дротових мереж в телемедицині є: Ethernet-мережі, RS-232, PSTN-мережі та оптоволоконні мережі [4].

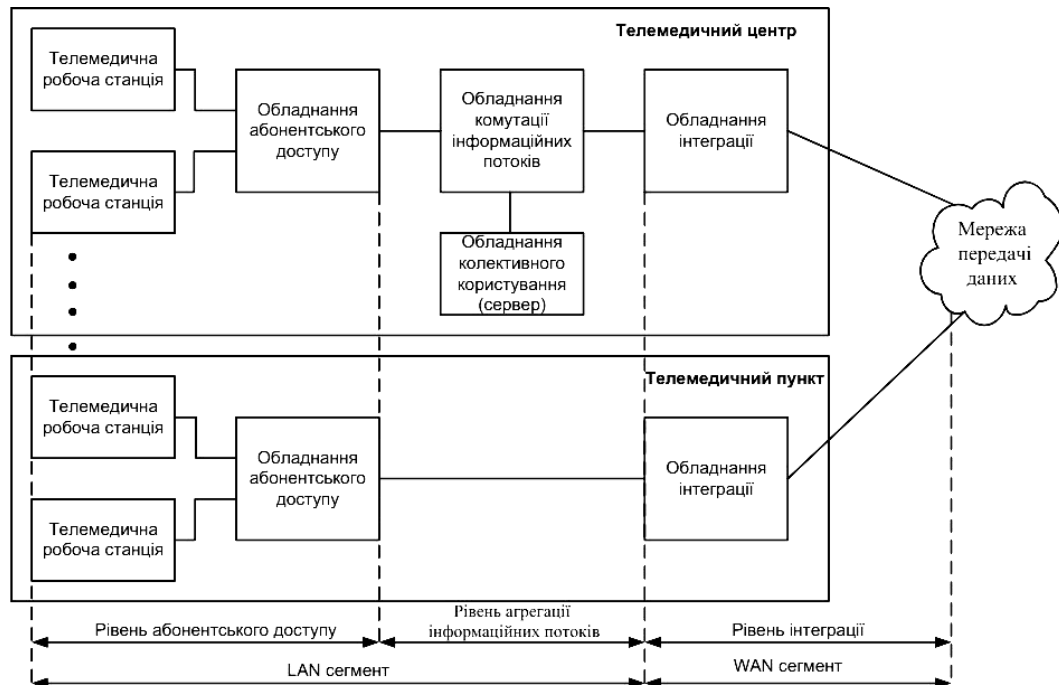


Рисунок 2 – Узагальнена схема телемедичної мережі

Ethernet-мережі використовують фізичні кабелі для підключення обчислювальних пристроїв та медичного обладнання до локальних мереж. Однією з основних особливостей є можливість передачі даних з високою швидкістю, що робить її ідеальною для великих обсягів медичних даних, таких як великі файли зображень або відеофайли високої роздільної здатності. Додатковою особливістю є стандартизована архітектура мережі, що полегшує інтеграцію нових пристроїв та систем у телемедичне середовище. Ethernet також підтримує декілька протоколів, що забезпечує сумісність різних пристроїв і високий рівень взаємодії в системі [5].

Переваги використання Ethernet-мереж в телемедичних системах:

- висока швидкість передачі даних: Ethernet забезпечує швидкість передачі даних, що дозволяє ефективно обмінюватися медичною інформацією, включаючи великі файли медичних зображень та відео;
- надійність та стабільність: фізичні кабелі забезпечують стабільність з'єднання, що є критичним для передачі медичних даних, особливо в ситуаціях, де низька затримка та висока надійність є важливими факторами;
- легка інтеграція: стандартизована архітектура Ethernet дозволяє легко інтегрувати нове медичне обладнання в існуючі системи та мережі;
- можливість розширення: Ethernet-мережі дозволяють розширювати мережеву інфраструктуру для врахування зростання обсягів даних та нових пристроїв.
- До недоліків використання Ethernet-мереж в телемедичних системах можна віднести:
- обмежена мобільність: використання фізичних кабелів обмежує мобільність пристроїв, що може бути недоцільним у сценаріях, де потрібно постійно переміщатися;
- витрати на кабелі та обладнання: розгортання інфраструктури Ethernet вимагає інвестицій у кабелі та мережеве обладнання, що може виявитися високозатратним;
- залежність від фізичних параметрів: якщо кабель застарів або пошкодився – , це може призвести до зниження якості передачі даних та збоїв у роботі [6].

У підсумку, Ethernet-мережі в телемедичних системах виявляються надійним та ефективним засобом передачі медичних даних, і з врахуванням постійного розвитку технологій можна очікувати подальше вдосконалення та розширення можливостей Ethernet в телемедицині.

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНФОРМАЦІЙНИХ (INTERNET, INTRANET ТОЩО) ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Не менш поширеними телемедичних системах є мережі RS-232, основною особливістю яких є використання серійних портів для забезпечення взаємодії між медичними пристроями та обчислювальними системами.

Перевагами RS-232 є:

- надійність: RS-232 відомий своєю надійністю та стабільністю з'єднання, що дозволяє ефективно обмінюватися медичними даними, включаючи вимірювання, зображення та інші важливі параметри;
- сумісність: широко розповсюджений стандарт RS-232 забезпечує сумісність різних медичних пристроїв, що робить його ідеальним для інтеграції нових технологій в існуючі телемедичні системи;
- ефективна передача даних: у випадках, коли важлива велика точність передачі та обміну даними в реальному часі, RS-232 забезпечує ефективну передачу інформації без затримок;
- простота налаштування: RS-232 є відносно простим у використанні та налаштуванні, що полегшує підключення та інтеграцію пристроїв у мережу.
- До недоліків використання мереж RS-232 в телемедичних системах можна віднести:
- обмежену дальність передачі: RS-232 призначений для передачі даних на короткі дистанції, тому великі медичні системи, що вимагають великої зони покриття, можуть стикатися з обмеженнями;
- немобільність: фізичне підключення через RS-232 може бути неефективним у випадках, коли мобільність пристроїв важлива, наприклад, при пересуванні медичного персоналу;
- імовірність перешкод: використання фізичних кабелів RS-232 може впливати на якість передачі даних в разі перешкод чи електромагнітного впливу.

У підсумку, мережі RS-232 в телемедичних системах представляють собою ефективний інструмент для надійної передачі медичних даних, особливо там, де важливість стабільності та точності переважає мобільність. В цілому, RS-232 впевнено втримує своє місце серед технологій, що використовуються у розвинених телемедичних системах.

З ростом технологій та поширення телемедицини, виникла необхідність у стійких та надійних мережах для передачі медичної інформації. Одним із таких варіантів є використання PSTN (Public Switched Telephone Network). PSTN є глобальною мережею, яка використовується для телефонних з'єднань та передачі даних за допомогою аналогових чи цифрових каналів. В основі цієї мережі лежить комутація, де дані пересилаються через комутатори, що забезпечує з'єднання між абонентами [7].

Переваги використання PSTN-мереж в телемедичних системах:

- надійність і стійкість: PSTN відома своєю високою надійністю, що є важливим аспектом у телемедичних системах, де стабільність зв'язку – ключовий фактор;
- широке охоплення: PSTN є широко поширеною та доступною мережею, що дозволяє використовувати її практично в будь-якому місці з налагодженою інфраструктурою;
- підтримка різних пристроїв: PSTN може взаємодіяти з різними медичними пристроями, такими як факсимільні апарати, телефони та інші засоби комунікації;
- простота використання: використання телефонів та інших пристроїв у PSTN-мережі дуже просте, що полегшує введення та експлуатацію телемедичних систем.

Недоліками використання PSTN-мереж в телемедичних системах є:

- обмежена пропускна здатність: порівняно з іншими мережами, PSTN може мати обмежену пропускну здатність, що може стати проблемою у передачі великих обсягів даних, наприклад, великих файлів медичних зображень;
- недоцільність для відеозв'язку: висока якість відеозв'язку, яка часто важлива в телемедицині, може бути обмежена в PSTN-мережах.;
- вартість: в деяких випадках вартість використання PSTN може бути вищою порівняно з іншими технологічними рішеннями, особливо у випадках передачі великої кількості даних;
- неадаптованість до передових технологій: PSTN є традиційною технологією, і вона може бути менш адаптованою до новітніх інновацій та технологічних вимог у порівнянні з іншими мережами.

Отже, PSTN-мережі в телемедичних системах мають свої особливості та переваги, зокрема в надійності та доступності. Проте їхня обмеженість у передачі великих обсягів даних та недоцільність для відеозв'язку робить їх менш підходящими для деяких передових застосувань у телемедицині.

На сьогодні, оптоволоконні мережі відіграють ключову роль в телемедичних системах, де передача даних, надійність та якість з'єднання мають вирішальне значення для надання високоякісної та ефективної медичної допомоги. Оптоволоконно – це технологія передачі даних за допомогою світлових

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНФОРМАЦІЙНИХ (INTERNET, INTRANET ТОЩО) ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖАХ

сигналів, які прокладені у волоконних кабелях. Ця технологія має декілька визначених особливостей, які роблять її привабливою для застосування в телемедичних системах [8].

До переваг використання оптоволоконних мереж в телемедичних системах можемо віднести:

- високу пропускну здатність: оптоволоконно дозволяє передавати великі обсяги даних з надзвичайною швидкістю, що важливо для медичних зображень та відеоконференцій у телемедицині;
- низьку затримку та високу якість передачі: оптоволоконні мережі надають низьку затримку, що дозволяє передавати дані в режимі реального часу, що є критичним у великій кількості медичних застосувань;
- широкий діапазон передачі: оптоволоконні кабелі можуть передавати дані на великі відстані без втрат якості, що робить їх ідеальними для великих медичних установок та лікарень;
- електромагнітну стійкість: волоконна оптика не піддається електромагнітним впливам та інтерференції, що забезпечує стабільність передачі даних в умовах медичних установок.
- безпеку даних: сигнали в оптоволоконних мережах не випромінюються, що робить їх менш вразливими до зовнішніх вторгнень та атак, що важливо для конфіденційності медичних даних.
- Як і будь-яка технологія, оптоволоконні мережі мають як переваги, так і недоліки. Основні недоліки оптоволоконних мереж полягають в наступному:
- високі витрати: встановлення та обслуговування оптоволоконних мереж може бути дорогим завданням, особливо для медичних установ з обмеженим бюджетом;
- складність ремонту: у випадку пошкодження оптоволоконного кабелю, відновлення може вимагати спеціалізованих знань та обладнання;
- обмежена гнучкість: оптоволоконні кабелі менш гнучкі та мають обмежену довжину порівняно з деякими бездротовими технологіями;
- вразливість до фізичних ушкоджень: традиційні оптоволоконні кабелі можуть пошкоджуватися при надмірному згинанні чи механічних впливах [9].

У підсумку, оптоволоконні мережі в телемедичних системах визначають новий стандарт у передачі та обробці медичних даних. Вони забезпечують високу якість передачі та надійність, але високі витрати та обмежена гнучкість можуть бути чинниками, які слід враховувати при їхньому впровадженні.

Сьогодні, в епоху стрімкого розвитку технологій та зростання зацікавленості у сфері медичної техніки, бездротові мережі стали невід'ємною частиною телемедичних систем. Ці мережі відкривають нові перспективи для забезпечення високоякісного медичного обслуговування, забезпечуючи мобільність та швидкість передачі даних. Найбільш поширеними технологіями бездротової передачі даних в телемедицині є: Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, NFC, мобільні мережі [10].

WiFi-мережі дозволяють передавати дані безпосередньо через бездротове з'єднання, що робить їх ідеальним вибором для мобільних пристроїв та пацієнтів. Сучасні стандарти WiFi (наприклад, 802.11ac та 802.11ax) забезпечують високу швидкість передачі даних, що дозволяє швидко обмінюватися медичними зображеннями та іншою важливою інформацією. Можливість підключатися до WiFi в будь-якому місці, де є мережа, робить її зручною для використання як медичним персоналом, так і пацієнтами [11, 12].

Перевагами WiFi-мереж є:

- легкість використання: WiFi-мережі прості у встановленні та підключенні, що полегшує впровадження в різноманітних клінічних середовищах;
- мобільність та доступність: працівники лікарень та медичний персонал можуть легко переміщатися із сучасними медичними пристроями, завдяки бездротовому підключенню;
- висока пропускну здатність: сучасні WiFi-мережі здатні передавати великі обсяги даних з високою швидкістю, що важливо для телемедичних додатків та відео консультацій;
- ефективне використання ресурсів: відсутність дротових підключень дозволяє ефективно використовувати простір лікарень та усуває необхідність встановлення та обслуговування кабелів.

До недоліків використання WiFi-мереж в телемедичних системах можна віднести:

- порушення безпеки: WiFi-мережі можуть бути вразливі до кібератак, що ставить під загрозу конфіденційність медичних даних;
- обмежене покриття у великих зонах: у великих медичних установах може знадобитися додаткове обладнання для забезпечення повного покриття WiFi-мережі;
- вплив специфічних умов: перешкоди, такі як стіни чи інші електромагнітні пристрої, можуть впливати на якість підключення, що важливо враховувати при плануванні.

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНФОРМАЦІЙНИХ (INTERNET, INTRANET ТОЩО) ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖАХ

WiFi-мережі в телемедицині представляють собою баланс між зручністю та вимогами безпеки. Їхні переваги у легкості використання, мобільності та швидкості роблять їх ефективним інструментом у сучасній медицині, але важливо приділяти належну увагу аспектам кібербезпеки для збереження конфіденційності медичних даних.

Важливим інструментом для забезпечення ефективної комунікації та моніторингу у телемедицині є Bluetooth, який призначений для короткого діапазону передачі даних, що робить його ідеальним для внутрішніх медичних пристроїв та носіїв. Однією з ключових особливостей Bluetooth є його енергоефективність, що важливо для медичних пристроїв, які можуть використовуватись протягом тривалого періоду часу без постійної зарядки. Bluetooth дозволяє підключати кілька пристроїв одночасно, що є зручним для використання в медичних системах, які включають в себе декілька пристроїв та сенсорів [13].

Розглянемо переваги використання Bluetooth в телемедицині:

- моніторинг та збір даних: Bluetooth використовується для збору даних з медичних пристроїв, таких як пульсометри, термометри, та інші, що надає можливість миттєвого моніторингу стану пацієнтів;
 - віддалені консультації та діагностика: можливість віддаленого підключення до медичних пристроїв через Bluetooth дозволяє лікарям проводити віддалені консультації та діагностику;
 - придатність для носіння: Bluetooth використовується в невеликих носіях та носимих пристроях для моніторингу фізичних показників, що сприяє стеженню за здоров'ям в реальному часі.
- Недоліками використання Bluetooth в телемедицині є:
- обмежений діапазон передачі: загальний обмежений діапазон передачі Bluetooth може бути перешкодою в роботі на великих відстанях чи у великому просторі;
 - загрози безпеці: як і в усіх бездротових технологіях, існує ризик злому та несанкціонованого доступу, що може становити загрозу конфіденційності медичних даних;
 - конфлікт із іншими Bluetooth-пристроями: в областях з великою кількістю пристроїв, які використовують Bluetooth, може виникати конфлікт та порушення стабільності підключення.

Bluetooth в телемедицині представляє собою важливий інструмент для забезпечення моніторингу здоров'я та комунікації між пристроями. Його особливості роблять його відмінним вибором для мобільних медичних пристроїв, але важливо враховувати аспекти безпеки та обмеження в діапазоні передачі для максимальної ефективності в телемедицині.

У сфері телемедицині широкого застосування знав Zigbee – бездротовий протокол, що забезпечує надійний обмін даними в телемедицині. Однією з ключових особливостей Zigbee є його низьке споживання енергії, що робить його ідеальним для використання в носіях та медичних пристроях, які потребують довготривалого безперервного функціонування на одній батареї [14].

Основними перевагами використання Zigbee в телемедицині є:

- ефективне використання батарей: низьке споживання енергії дозволяє пристроям, які використовують Zigbee, працювати тривалий час без необхідності заміни або заряджання батарей;
- стійкість до перешкод: Zigbee може працювати в умовах обмеженого простору та в зоні з перешкодами;
- сприяння моніторингу здоров'я: забезпечуючи надійний збір та передачу даних, Zigbee сприяє розвитку систем моніторингу здоров'я та віддалених консультацій;
- інтеграція та сумісність: Zigbee легко адаптується до інших технологій та пристроїв, що дозволяє створювати комплексні медичні екосистеми.

Недоліками використання Zigbee в телемедицині можуть бути:

- обмежений діапазон передачі: завдяки своєму призначенню для коротких діапазонів, Zigbee може бути неефективним для великих відстаней або великих медичних установ;
- обмежені обсяги даних: для деяких медичних застосувань може бути обмеженою пропускну здатність Zigbee для передачі великих обсягів даних [15].

В наш час мобільні мережі операторів стали невід'ємною частиною телемедицині, відкриваючи перед медициною нові можливості та прискорюючи розвиток сфери охорони здоров'я. Ключовою особливістю використання мобільних мереж в телемедицині є забезпечення глобального зв'язку між всіма користувачами тієї чи іншої системи. Оператори мобільних мереж покривають великі території, що робить їх ефективними для використання в різних географічних областях, включаючи віддалені та важкодоступні регіони, а розвиток технологій, таких як LTE та 5G, забезпечує високу швидкість передачі даних, що критично для роботи в режимі реального часу у телемедицині [16].

Головними перевагами мобільних мереж є:

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНФОРМАЦІЙНИХ (INTERNET, INTRANET ТОЩО) ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖАХ

- доступність у віддалених регіонах: мережі мобільних операторів розширюють доступність телемедицинських послуг у віддалених регіонах, де інфраструктура може бути обмеженою;
 - ефективне використання високих швидкостей: використання LTE та 5G дозволяє ефективно передавати великі обсяги медичних даних, таких як відео зображення або результати обстежень;
 - віддалений моніторинг: мережі операторів забезпечують можливість віддаленого моніторингу пацієнтів за допомогою носимих пристроїв та датчиків;
 - гнучкість та мобільність: існування мобільних мереж дозволяє медичному персоналу та пацієнтам використовувати телемедицинські сервіси у будь-якому місці, де є доступ до мережі.
- До недоліків мобільних мереж можемо віднести:
- можливість витоку конфіденційної медичної інформації через відкриті мережі;
 - залежність від покриття: нестабільність або відсутність мережевого покриття може ускладнити надання телемедицинських послуг;
 - витрати на доступ до даних: в деяких випадках вартість передачі та отримання великих обсягів даних може бути високою.

Використання мереж мобільних операторів в телемедицинських системах є кроком у майбутнє, спрямованим на забезпечення доступності та ефективності медичних послуг для всіх шарів населення. Розвиток технологій та забезпечення безпеки і конфіденційності дозволять мобільним мережам продовжувати відігравати ключову роль в удосконаленні сфери телемедицини.

Приклад організації телемедицинської системи з використанням як дротових, так і бездротових технологій зображено на рисунку 3.

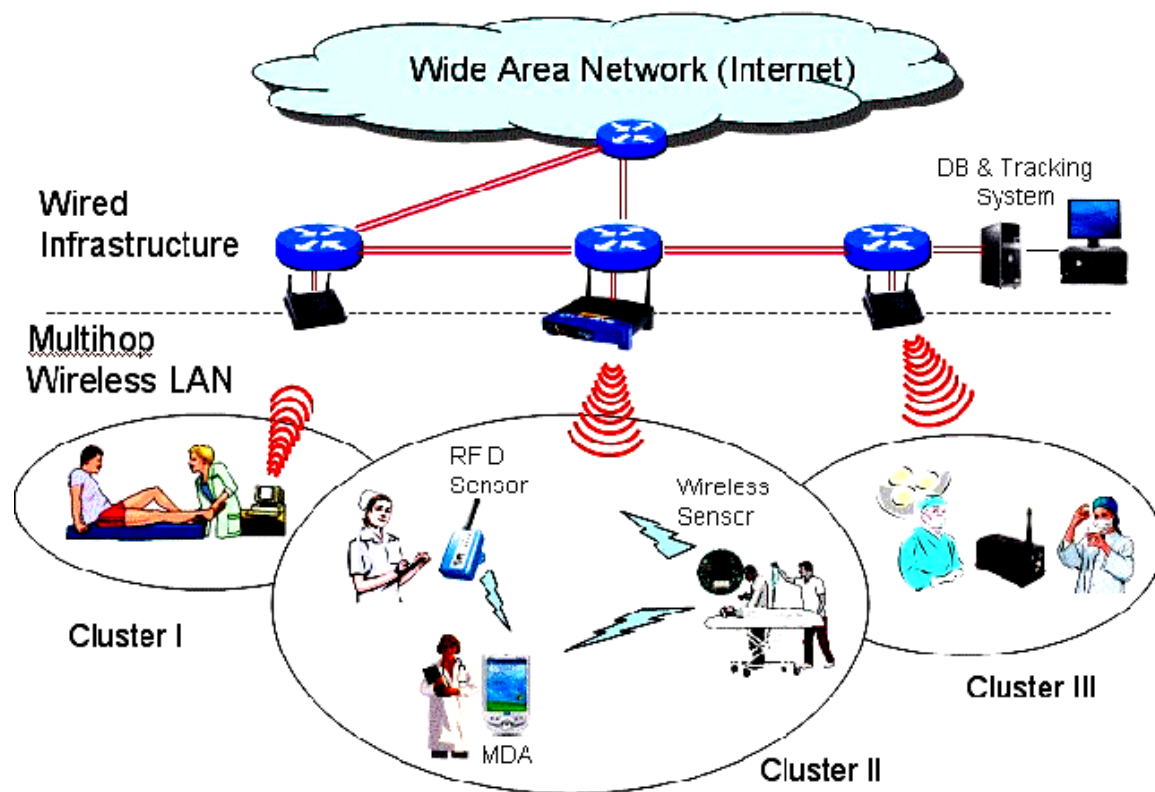


Рисунок 3 – Приклад організації телемедицинської системи з використанням дротових та бездротових технологій

АЛГОРИТМ ЗАХИСТУ МЕДИЧНИХ ДАНИХ

Забезпечення безпеки передачі даних є критичним аспектом для збереження конфіденційності та цілісності медичної інформації. Нижче наведено алгоритм криптозахисту передачі даних в телемедицинських системах, який включає основні етапи та методи захисту. Блок-схема алгоритму зображена на рисунку 4.

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНФОРМАЦІЙНИХ (INTERNET, INTRANET ТОЦЮ) ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖАХ



Рисунок 4 – Блок-схема алгоритму криптозахисту передачі даних

- 1) Аутифікація користувача:
Мета: Перевірка особи користувача або пристрою, що намагається отримати доступ до системи.
Методи: Використання паролів, біометричних даних (відбитки пальців, розпізнавання обличчя), двофакторна аутифікація (2FA).
- 2) Шифрування даних:
Мета: Забезпечення конфіденційності переданих даних.
Методи: Використання симетричного (AES) та асиметричного (RSA) шифрування для захисту даних під час передачі.
- 3) Створення цифрових підписів
Мета: Забезпечення цілісності даних і підтвердження їх автентичності.
Методи: Використання хеш-функцій (SHA-256) для створення унікального цифрового підпису документів або даних.
- 4) Передача даних через захищений канал
Мета: Захист даних від перехоплення під час передачі.
Методи: Використання протоколів захищеної передачі даних, таких як TLS (Transport Layer Security).
- 5) Дешифрування даних
Мета: Відновлення оригінальних даних після їх отримання.
Методи: Використання закритого ключа для дешифрування даних, які були зашифровані за допомогою відкритого ключа.

Запропонований алгоритм криптозахисту передачі даних забезпечує високий рівень безпеки телемедицинських систем, захищаючи конфіденційність, цілісність та автентичність медичної інформації. Використання сучасних методів шифрування та аутифікації дозволяє ефективно протидіяти потенційним загрозам і забезпечувати надійний захист даних під час їх передачі через відкриті мережі.

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНФОРМАЦІЙНИХ (INTERNET, INTRANET ТОЩО) ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖАХ

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ У ТЕЛЕМЕДИЦИНІ

Здійснивши огляд дротових та бездротових технологій, що широко використовуються для передачі даних в телемедицині, а також ознайомившись з перевагами та недоліками кожної з технологій, підіємо підсумок щодо відмінностей їх використання в телемедичних системах (таблиця 1).

Таблиця 1

Особливості використання технологій передачі даних в телемедичних системах

Дротові технології	Бездротові технології
Підключення та доступність	
вимагають фізичного підключення до мережі чи пристрою; є стабільнішими і надійними в умовах, де доступність сигналу може бути важливою.	забезпечують вільність рухів та більшу гнучкість, оскільки не потребують фізичних з'єднань; зручні для використання в мобільних ситуаціях, таких як віддалений моніторинг пацієнтів.
Швидкість передачі даних	
мають потенціал для високої швидкості передачі даних, особливо в ефективних мережах, таких як Ethernet.	на швидкість передачі даних може впливати наявність перешкод або значна кількість підключених пристроїв.
Мобільність та гнучкість	
менш гнучкі у плані розміщення та рухливості, оскільки потребують фізичних з'єднань.	забезпечують високий рівень мобільності та гнучкості.
Безпека та конфіденційність:	
зазвичай вважаються більш безпечними, оскільки з'єднання може бути менш вразливим до несанкціонованого доступу.	вимагають додаткових заходів безпеки для захисту передачі даних через відкриті бездротові мережі.
Вартість інфраструктури	
можуть вимагати значних витрат на інфраструктуру, зокрема на проведення кабельних мереж та підтримку обладнання.	зазвичай мають менші витрати на розгортання та легше масштабуються, особливо у великих медичних установах.

Отже, вибір між тими чи іншими технологіями передачі даних залежить від конкретних потреб телемедичної системи та обстави. Тому, дуже важливо заздалегідь сформулювати вимоги до телемедичної системи, а також визначити важливі параметри, такі як:

- тип даних, передавання яких передбачене системою;
- вимоги до конфіденційності та безпеки;
- необхідна швидкість передачі даних;
- передавання в реальному часі чи асинхронний обмін;
- вартість системи.

Зазвичай дротовим технологіям надається перевага в умовах, де важлива стабільність та безпека. У той час як бездротові технології є найбільш підходящими для віддаленого доступу, моніторингу та консультацій.

Розвиток телемедицини напряму залежить від впроваджених технологій передачі даних, які можуть значно поліпшити ефективність, безпеку та доступність цих систем. Ось деякі ключові аспекти перспектив телемедицини:

- 5G Технології:
- швидкість та пропускна здатність: 5G надає значно вищу швидкість передачі даних і більшу пропускну здатність порівняно з попередніми поколіннями мереж. Це дозволить передавати великі обсяги високоякісних медичних даних, що є критичним для телемедицини;
- низька затримка (Low Latency): низька затримка 5G забезпечуватиме передачу даних в реальному часі, що особливо важливо для медичних заходів, які вимагають миттєвої відповіді, наприклад, в хірургічних операціях чи в екстрених випадках;
- розширення DICOM та стандартизація:

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНФОРМАЦІЙНИХ (INTERNET, INTRANET ТОЩО) ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ МЕРЕЖАХ

- взаємодія з іншими системами: розширення DICOM дозволить більш ефективно взаємодіяти з іншими медичними системами, що сприятиме інтеграції та обміну інформацією між різними пристроями та платформами;
- забезпечення загальних стандартів: розвиток нових стандартів для обміну медичною інформацією (не лише зображень) та їхнє адаптування для різних областей медицини дозволить поліпшити координацію та якість надання медичних послуг;
- розширення використання штучного інтелекту (ШІ);
- оптимізація передачі та збору даних: використання ШІ у телемедицині може допомогти оптимізувати передачу даних, а також аналізувати їх для автоматизації процесів діагностики та лікування;
- покращення систем стискання даних: ШІ може бути використаний для розробки більш ефективних методів стискання даних, що сприятиме економії пропускну здатності та прискорить передачу інформації;
- розвиток технологій захисту даних:
- шифрування та аутентифікація: розвиток технологій шифрування та аутентифікації дозволить забезпечити високий рівень безпеки для передачі конфіденційних медичних даних через відкриті мережі;
- безпека конфіденційності пацієнтів: забезпечення конфіденційності пацієнтів залишається важливим аспектом в розвитку технологій та методів передачі даних;
- розробка та впровадження систем реального часу:
- онлайн діагностика та моніторинг: системи реального часу дозволять проводити онлайн діагностику та моніторинг пацієнтів, що є критичним в умовах віддаленої медицини та телеконсультацій;
- використання у хірургічних заходах: розробка систем для використання в хірургічних заходах в режимі реального часу може покращити точність та ефективність операцій;
- розширення автономності та мобільності:
- мобільні телемедичні рішення: розвиток мобільних телемедичних рішень дозволить пацієнтам та медичним працівникам використовувати телемедицину у будь-якому місці та часі;
- використання у важкодоступних регіонах: мобільні телемедичні системи можуть бути важливим інструментом для надання медичної допомоги у важкодоступних або рідконаселених регіонах.

Ці напрямки розвитку є ключовими для подальшого вдосконалення та поширення телемедичних систем, що сприятиме покращенню медичної допомоги та забезпеченню доступу до неї для більшого числа людей.

ВИСНОВКИ

У роботі розглянуті різні методи передавання даних в телемедичних системах та здійснено їх порівняльний аналіз.

Отже, існують різні підходи до передачі даних в телемедицині, включаючи провідні та безпроводні технології, мережі стандартного та високого рівня. Кожен з методів має свої переваги та недоліки, які слід враховувати при виборі оптимального рішення для конкретного застосування.

Використання безпроводних технологій може забезпечити більшу мобільність телемедичних систем, але при цьому може виникати проблема зі забезпеченням безпеки даних. Провідні технології можуть забезпечити більшу надійність передачі даних, але є менш гнучкими у використанні.

Отже, вибір методу передачі даних в тій чи іншій телемедичній системі повинен бути здійснений з урахуванням конкретних вимог щодо мобільності, безпеки, надійності та інтеграції, а також можливостей та обмежень конкретної медичної практики. Додаткові дослідження в цьому напрямку можуть сприяти подальшому вдосконаленню телемедичних технологій та покращенню якості медичних послуг в цілому.

ПОДЯКА

Дослідження виконано за підтримки гранту Національного фонду досліджень України 2022.01/0135.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Craig J., Patterson V., "Introduction to the Practice of Telemedicine" Journal Telemedicine and Telecare 11(1), pp 3–9, 2005. DOI: 10.1177/1357633x0501100102.
2. Telemedicine: A Survey of Telecommunication Technologies, Developments, and Challenges. Article. [Electronic source] URL <https://www.mdpi.com/2224-2708/12/2/20>.
3. Moore, M. "The Evolution of Telemedicine". Future Generation Computer Systems 15(2), pp 245-254, 1999. DOI 10.1016/S0167-739X(98)00067-3
4. Pandian, P.S. "An Overview of Telemedicine Technologies for Healthcare Applications". International Journal of Biomedical and Clinical Engineering (IJBC)5(2), pp 29-52, 2016. DOI: 10.4018/IJBC.2016070103
5. Ferrante, F.E. "Evolving Telemedicine/eHealth Technology". Telemed. e-Health 11(3), pp 370-383, 2005. DOI: 10.1089/tmj.2005.11.370
6. Jill Gemmill "Network basics for telemedicine". Journal of Telemedicine and Telecare 11(2), p 71, 2005. DOI:10.1258/1357633053499822
7. Istepanian R. S. H., Woodward B., Richards C. I. "Advances in telemedicine using mobile communications". IEEE Xplore, Conference: Engineering in Medicine and Biology Society, 2001. Proceedings of the 23rd Annual International Conference of the IEEE Volume: 4, 2001. DOI:10.1109/IEMBS.2001.1019600
8. Kozhemyako V.P. "Principles of construction and structural organization of channels for all-optical geoinformation and energy networks". Optoelectronic Information-Power Technologies 42(2), pp 84-95, 2022. DOI:10.31649/1681-7893-2021-42-2-84-95
9. Kozhem'yako V.P., Malinovskiy V. I., Yaroslavskiy Ya. I., Moroz V. V., Shtelmak O. O. Local, Geo-informational and energy networks on the latest fiber-optic lines with spectrotransformer power supply. Optical-electronic information and energy technologies. 2 (24), Art. 137-146, 2012.
10. Devaraj, S.J.; Ezra, K. "Current Trends and Future Challenges in Wireless Telemedicine System". IEEE, 3rd International Conference on Electronics Computer Technology, pp 8–10, 2011. DOI: 10.1109/ICECTECH.2011.5941933
11. Khaddar, M.A.E.; Harroud, H.; Boulmalf, M.; Elkoutbi, M.; Habbani, A. "Emerging Wireless Technologies in e-health Trends, Challenges, and Framework Design Issues". IEEE, International Conference on Multimedia Computing and Systems, 2012. DOI:10.1109/ICMCS.2012.6320276
12. Pattichis, C., Kyriacou, E., Voskarides, S., Pattichis, M., Istepanian, R., Schizas, C. "Wireless Telemedicine Systems: An Overview". IEEE, Conference: Antennas and Propagation Magazine, pp 143-153, 2002. DOI:10.1109/MAP.2002.1003651
13. Khor, S., Nieberl, K., Fugedi, K., Kail, E. "Telemedicine ECG-Telemetry with Bluetooth Technology". IEEE, Conference: Computers in Cardiology, pp 585-588, 2001. DOI:10.1109/CIC.2001.977723
14. Hu, X., Wang, J., Yu, Q., Liu, W., Qin, J. "A wireless sensor network based on ZigBee for telemedicine monitoring system". IEEE, International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering (ICBBE), 2008. DOI: 10.1109/ICBBE.2008.671
15. Auteri, V., Roffia, L., Cinotti, T.S. "ZigBee-Based Wireless ECG Monitor". Article. [Electronic source] URL <https://cinc.org/archives/2007/pdf/0133.pdf>
16. Amuomo, N.O. "The Evolution of GSM Technologies into 5G and the Imminent Emergence of Transformative Telemedicine Applications: A Review". East African Journal of Information Technology 2(1), 2020. DOI:10.37284/eajit.2.1.131

Надійшла до редакції 20.04.2024 р.

ЯКОВИШЕН ПАВЛО ОЛЕКСАНДРОВИЧ – аспірант кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця,
e-mail: yakovishen3@gmail.com

ТУЖАНСЬКИЙ СТАНІСЛАВ ЄВГЕНОВИЧ – к.т.н, доцент кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця,
e-mail: slavat@vntu.edu.ua

Pavlo YAKOVYSHEN, Stanyslav TUZHANSKY

ANALYSIS OF DATA TRANSMISSION METHODS IN TELEMEDICINE SYSTEMS
Vinnytsia National Technical University 21021, Khmelnytske Shosse 95, Vinnytsia, Ukraine