

## ПРОТОКОЛИ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ В ТЕЛЕМЕДИЧНИХ СИСТЕМАХ

Вінницький національний технічний університет

**Анотація.** У сучасному світі, де швидкість та доступність інформації стають все більш важливими, телемедицина відіграє ключову роль у забезпеченні медичної допомоги в реальному часі. Вона дозволяє лікарям і пацієнтам взаємодіяти та обмінюватися даними навіть на великій відстані, що відкриває нові перспективи для покращення якості та доступності медичних послуг. Однак успішна реалізація телемедичних послуг в реальному часі вимагає ефективних та надійних протоколів передачі даних, які забезпечують не лише швидкість, але й безпеку обміну медичною інформацією. В роботі розглянуті основні протоколи передачі даних у сучасних телемедичних системах, а також проаналізовано їх роль у забезпеченні безпеки, ефективності та інтероперабельності в телемедичних системах.

**Ключові слова:** телемедична система, протоколи передавання даних, передавання даних в реальному часі.

**Abstract.** In today's world, where the speed and availability of information are becoming increasingly important, telemedicine plays a key role in providing medical care in real time. It allows doctors and patients to interact and exchange data even over long distances, which opens up new perspectives for improving the quality and availability of medical services. However, the successful implementation of real-time telemedicine services requires efficient and reliable data transmission protocols that ensure not only speed, but also security of medical information exchange. The paper examines the main data transmission protocols in modern telemedicine systems, and also analyzes their role in ensuring safety, efficiency and interoperability in telemedicine systems.

**Keywords:** telemedicine system, data transfer protocols, real-time data transfer.

Протоколи передачі даних в телемедичних системах в реальному часі є критично важливими для забезпечення безперервної та надійної комунікації між медичними працівниками та пацієнтами. Вони визначають методи та стандарти обміну даними, що забезпечують швидкість, цілісність та конфіденційність інформації.

Передавання даних в реальному часі в сучасних телемедичних системах базується на використанні таких протоколів: TCP/IP, HL7, DICOM, HTTPS, WebRTC та FHIR.

**Протокол TCP/IP** ((Transmission Control Protocol/Internet Protocol) є основою для передачі даних через Інтернет та мережі та дозволяє передавати медичну інформацію в реальному часі, що є критично важливим у сфері телемедицини, де навіть невелика затримка може мати серйозні наслідки для пацієнта. Особливостями TCP/IP є: надійність передачі даних (TCP/IP забезпечує надійну передачу даних, виявляючи та виправляючи помилки, що можуть виникнути під час передачі), контроль потоку (протокол TCP/IP регулює швидкість передачі даних з урахуванням спроможності отримувача обробляти інформацію, що дозволяє зберігати стабільну передачу навіть при великих обсягах даних), розділення пакетів: TCP/IP розділяє дані на пакети для передачі через мережу, що дозволяє ефективно використовувати пропускну здатність мережі та зменшує ризик втрати даних). До переваг використання TCP/IP в телемедицині можна віднести:

- швидкість передачі даних: TCP/IP забезпечує високу швидкість передачі даних, що є критично важливим у сфері телемедицини, де секунда може вирішити життя пацієнта;
- стабільність зв'язку: завдяки надійній передачі даних та контролю потоку TCP/IP, зв'язок залишається стабільним навіть при великих навантаженнях на мережу;
- глобальний доступ: TCP/IP дозволяє передавати дані через Інтернет, що робить медичну допомогу доступною в будь-якій точці світу, де є з'єднання з мережею [1].

**Протокол HL7** (Health Level Seven International) є стандартом для обміну медичною інформацією між медичними системами та пристроями. HL7 дозволяє лікарям отримувати та обробляти інформацію про пацієнтів у реальному часі, що дозволяє швидко реагувати на медичні потреби та приймати рішення. Особливостями протоколу HL7 є: стандартизація даних (HL7 визначає структуру та формат даних, що дозволяє різним медичним системам та пристроям обмінюватися інформацією безперешкодно), розширені можливості (HL7 не лише передає основні медичні дані, такі як ім'я пацієнта та результати досліджень, але і дозволяє передавати клінічні нотатки, адміністративні дані та іншу важливу інформацію). Використання HL7 в телемедицині надає ряд переваг, таких як:

- ефективність комунікації: використання стандартизованого протоколу спрощує обмін медичною інформацією між різними медичними системами та пристроями, що покращує ефективність комунікації між лікарями та пацієнтами;
- зменшення помилок: стандартизована структура даних допомагає зменшити ризик помилок під час передачі медичної інформації, що впливає на ефективність медичного забезпечення.

**Протокол DICOM** (Digital Imaging and Communications in Medicine) - це один з важливих засобів, який дозволяє передавати та обробляти цифрові медичні зображення. Він створений для стандартизації обробки, зберігання та передачі медичних зображень і пов'язаної з ними інформації. У телемедицині, де доступ до точних медичних зображень може бути вирішальним для діагностики та лікування, протокол DICOM відіграє критичну роль у забезпеченні передачі зображень в реальному часі. До особливостей протоколу DICOM можна віднести стандартизацію формату зображень (DICOM визначає структуру та формат медичних зображень, що дозволяє різним медичним пристроям та програмам однаково інтерпретувати та обробляти ці дані) та Забезпечення конфіденційності та безпеки (DICOM має вбудовані механізми захисту конфіденційності та безпеки, що робить передачу медичних зображень відповідною до стандартів безпеки в телемедицині). Перевагами використання протоколу DICOM в телемедицині є:

- точність та надійність діагностики: забезпечення швидкої та надійної передачі медичних зображень у реальному часі зменшуючи ризик помилок;
- швидкий доступ до інформації: DICOM забезпечує миттєвий доступ до медичних зображень, що є критичним для ефективного вирішення медичних питань та надання вчасної медичної допомоги;
- інтеграція з іншими системами: DICOM може легко інтегруватися з іншими медичними системами та програмами, що дозволяє забезпечити високий рівень сумісності та обміну даними між різними медичними пристроями та програмами [2].

**Протокол HTTPS** (Hypertext Transfer Protocol Secure) є захищеною версією протоколу HTTP, яка забезпечує конфіденційність та цілісність даних шляхом шифрування комунікації між клієнтом і сервером. Основними особливості протоколу HTTPS є: шифрування даних (HTTPS використовує криптографічні алгоритми для шифрування даних, які передаються між клієнтом та сервером, що забезпечує конфіденційність інформації), аутентифікація сервера (HTTPS використовує цифрові сертифікати для перевірки автентичності сервера, що запобігає можливим атакам типу "людський посередник"), захист від перехоплення даних (шифрування даних у комбінації з аутентифікацією сервера забезпечує захист від перехоплення та модифікації даних під час передачі). Використання протоколу HTTPS в телемедицині має багато переваг, головні з яких:

- конфіденційність медичної інформації: HTTPS забезпечує шифрування даних, що гарантує конфіденційність медичної інформації, що передається через телемедичні системи;
- забезпечення цілісності даних: HTTPS гарантує, що дані, передані між клієнтом і сервером, не були змінені або пошкоджені під час передачі;
- високий рівень автентифікації: використання цифрових сертифікатів дозволяє перевірити, що клієнт спілкується з вірним сервером, що є важливим для безпеки медичної інформації;
- глобальний доступ: HTTPS дозволяє передавати дані через Інтернет, що робить медичну допомогу доступною в будь-якій точці світу з доступом до мережі.

**Протокол WebRTC** (Web Real-Time Communication) - потужний інструмент для забезпечення передачі даних, який надає засоби для взаємодії у реальному часі через веб-браузери без необхідності встановлення додаткових програм або плагінів. У телемедицині, WebRTC стає все більш популярним інструментом для передачі аудіо-, відео- та даних у реальному часі між лікарями та пацієнтами. Особливостями даного протоколу є: низька затримка (WebRTC пропонує мінімальну затримку, що дозволяє лікарям та пацієнтам спілкуватися у режимі реального часу без помітних затримок), підтримка аудіо і відео (WebRTC дозволяє передавати як аудіо-, так і відеодані у високій якості. Це особливо корисно для консультацій та діагностики у телемедицині, де важливо не лише слухати, а й бачити пацієнта), шифрування даних (WebRTC застосовує шифрування з точки до точки, що забезпечує конфіденційність та безпеку переданих даних. Це надійний механізм захисту медичної інформації під час телемедичних консультацій), спрощена реалізація (WebRTC можна використовувати безпосередньо в веб-браузері, що робить процес реалізації телемедичної системи більш простим та доступним), масштабованість (WebRTC дозволяє створювати системи з різною кількістю учасників, що важливо для організації групових консультацій або вебінарів у медичній сфері). До основних переваг використання WebRTC в телемедицині можна віднести:

- доступність: WebRTC доступний на більшості сучасних веб-браузерах та не вимагає встановлення додаткових програм або плагінів, що робить його доступним для широкого кола користувачів;
- швидкість реакції: завдяки низькій затримці WebRTC дозволяє швидко реагувати на потреби пацієнтів і здійснювати консультації у реальному часі, на відстані;
- зменшення витрат: використання WebRTC дозволяє зменшити витрати на технічне обладнання та програмне забезпечення для реалізації телемедичних систем;
- гнучкість: WebRTC дозволяє розробникам створювати різноманітні медичні додатки та платформи з різними функціональними можливостями [3].

**Протокол FHIR** (Fast Healthcare Interoperability Resources) - це стандарт взаємодії для обміну медичною інформацією між різними системами у сфері охорони здоров'я. Даний протокол характеризується легкістю використання (оскільки він використовує сучасні веб-стандарты, такі як JSON та XML, що робить його легким для реалізації та інтеграції з існуючими медичними системами), стандартизованою структурою даних (FHIR визначає структуру медичних даних та ресурсів, що дозволяє різним медичним системам однаково інтерпретувати та обробляти ці дані) та масштабільністю (протокол FHIR може бути застосований для обміну будь-якого типу медичної інформації, від простих лікарських записів до складних клінічних даних та зображень). Використання FHIR в телемедицині надає ряд переваг. Головні з них:

- інтероперабельність: FHIR допомагає забезпечити інтероперабельність між різними медичними системами, що дозволяє легко обмінюватися медичною інформацією між різними лікарнями, клініками та платформами телемедицини;
- швидкий доступ до даних: завдяки підтримці реального часу, FHIR дозволяє отримувати медичну інформацію негайно, що допомагає вчасно діагностувати та лікувати пацієнтів;
- безпека даних: протокол FHIR забезпечує високий рівень захисту конфіденційності та безпеки медичної інформації, що є критичним у телемедицині;
- гнучкість та розширюваність: FHIR дозволяє розробникам створювати різноманітні медичні додатки та платформи з різними функціональними можливостями для різних потреб та сценаріїв використання [4].

### Висновки

Розглянуті в роботі протоколи передачі даних в телемедицинських системах забезпечують високу швидкість передачі даних, надійність зв'язку, а також забезпечувати конфіденційність та цілісність медичної інформації. Проаналізувавши особливості кожного протоколу, можна зробити висновок, що не існує універсального протоколу, який би відповідав усім вимогам телемедицини. Зазвичай використовується комбінація різних протоколів залежно від конкретних потреб та вимог проекту.

Також визначено напрямки подальшого розвитку протоколів передачі даних в реальному часі в телемедицині, які включають вдосконалення методів забезпечення безпеки даних, оптимізацію протоколів для роботи в умовах обмеженого мережевого трафіку, а також розробку стандартів інтеграції протоколів з іншими системами.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Горбатий І.В. Телекомунікаційні системи та мережі. Принципи функціонування, технології та протоколи / І.В. Горбатий, А.П. Бондарев. // Стек протоколів TCP/IP — Львів: В-цтво Львівської політехніки, 2016. — С. 266-270.
2. Joel Rodrigues. Health information systems: concepts, methodologies, tools, and applications / Joel Rodrigues // Chapter 1.25. Overview and Analysis of Electronic Health Record Standards University — Pennsylvania: Idea Group Inc, 2009. — pp. 374-392
3. Salvatore Loreto. Real-Time Communication with WebRTC: Peer-to-Peer in the Browser 1st Edition / Salvatore Loreto, Simon Pietro Romano — O'Reilly, 2014. — 164 p.
4. Tim Benson. Principles of Health Interoperability / Tim Benson, Grahame Grieve // Principles of FHIR — Springer, 2020. — pp. 329-348.

**Яковишен Павло Олександрович** - аспірант кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [yakovishen3@gmail.com](mailto:yakovishen3@gmail.com).

**Тужанський Станіслав Євгенович** – к.т.н, доцент кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, [slavat@vntu.edu.ua](mailto:slavat@vntu.edu.ua).

**Yakovyshen Pavlo Oleksandrovych** - Postgraduate student, Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [yakovishen3@gmail.com](mailto:yakovishen3@gmail.com).

**Tuzhanskyi Stanislav Yevhenovych** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University, [slavat@vntu.edu.ua](mailto:slavat@vntu.edu.ua).