

Ярослав ЯРОСЛАВСЬКИЙ^{1,2}, канд. техн. наук,
Сергій ПАВЛОВ³, д-р техн. наук, проф.,
Наталія ТИТОВА², д-р техн. наук, проф.,
Сергій ТИМЧИК³, канд. техн. наук, доц.,
Сергій КОСТЮК⁴

¹ ДП «Вінницький науково-дослідний та проектний інститут землеустрою», yaroslavskyidzk@gmail.com

² Національний університет «Одеська Політехніка», e-mail: yaroslavskyidzk@gmail.com, tnv.titova@gmail.com

³ Вінницький національний технічний університет, e-mail: psv@vntu.edu.ua, tymchik@vntu.edu.ua

⁴ ТОВ «Альфаметрік», м. Вінниця, e-mail: svk@alfametric.com.ua

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ТЕЛЕМЕДИЧНИХ МЕРЕЖ І СИСТЕМ

Анотація. Зроблений висновок з використанням бібліосемантичного підходу щодо перспективності створення оптоелектронних мереж для обміну телемедичними даними, сформулював коло невирішених задач і визначив основні напрямки їх розвитку. Розроблення на основі моделі інформаційного каналу передачі телемедичних даних волоконно-оптичного каналу зв'язку для обміну телемедичною інформацією з додатковим введенням до його структури оптичних підсилювачів з автоматичним регулюванням підсилення (АРП) і блоку автоматичного контролю і діагностики оптичного кабелю забезпечило дистанційний автоматичний контроль з визначення стану волокна кабелю; автоматичну діагностику стану кабелю з точним визначенням місця і характеру пошкодження, прив'язку рефлекторів до географічної карти місцевості та аналіз змін параметрів ВОКЗ в часі, що в

Ключові слова: волоконно-оптичні канали зв'язку, телемедичні мережі та системи, стандарт DICOM, медична інформація, стан пацієнта, профілактика здоров'я

Вступ. В області прогнозується збільшення чисельності громадян похилого віку, зменшення числа жінок дітородного віку, зростання втрат і високий рівень захворюваності серед працездатного населення, що диктує необхідність проведення заходів, спрямованих на збереження зміцнення здоров'я населення.

Для якнайшвидшого впровадження досягнень науки необхідне створення системи та інфраструктури трансляційної медицини, що дозволяє об'єднати в єдине ціле весь процес від розробки до використання в клінічній практиці. Істотним стримуючим фактором є недостатнє застосування сучасних інформаційних технологій і впровадження методів систематизації медичної інформації. Розвиток галузі стримують не в повній мірі вирішені проблеми інформаційної безпеки, які пов'язані з дотриманням вимог конфіденційності особистих даних пацієнтів і персональних даних про стан його здоров'я [1, 2, 3].

Широке впровадження телемедицини на основі єдиного технологічної і технічної політики дозволяє істотно підвищити ефективність надання первинної медико-санітарної допомоги шляхом проведення віддаленого скринінгу високоризикових груп пацієнтів, підвищення якості діагностики соціально значущих захворювань на рівні первинної ланки, підвищення ефективності надання швидкої та невідкладної медичної допомоги за рахунок використання волоконно-оптичної мережі, підвищення доступності консультаційних послуг медичних експертів для населення за рахунок використання телемедичних консультацій, підвищення точності і об'єктивності діагностичних досліджень, зниження кількості рутинних операцій в повсякденній діяльності медичного працівника, підвищення оперативності та достовірності передачі медичної інформації про стан здоров'я пацієнта [9, 10].

Загальні принципи і особливості побудови телемедичних мереж і систем (ТММІС). Процес проектування ТММІС, які використовують для обміну телемедичними даними волоконно-оптичні канали зв'язку (ВОКЗ) є, за своєю сутністю, поступовим та логічно-зумовленим і таким, що будується на відповідній технологічній платформі. Така платформа включає [2, 7]:

– медичний портал з особистими кабінетами лікарів і пацієнтів та базою даних для зберігання електронних історій хвороб і звітів по проведених телеконсультаціях;

- захищений корпоративний зв'язок для телеконсультацій і відеоконференцій між пацієнтом і лікарем;
- засоби формування, моніторингу, управління та контролю заявок на телемедичні відеоконсультації;
- створення і цілодобову підтримку роботи консультаційного центру;
- резервний канал зв'язку між пацієнтом і лікарем.

Основними напрямками розробки є [9]:

- система пересувного зв'язку для телемоніторингу в сільській місцевості і в місті (DECT, телефонні лінії, xDSL і т.д.);
- переносні антено-фідерні пристрої;
- універсальні джерела живлення (мережа-акумулятор);
- пристрої узгодження трансивера з промисловими медичними приладами і давачами (в тому числі і дистанційний збір даних);
- конкретні медичні давачі і на їх основі – переносна медична лабораторія експрес-аналізу і діагностики;
- пристрій спрощеного зв'язку хворого з медичним центром (центром соціальної допомоги);
- пристрої автоматизованого введення лікарських препаратів по команді від таймера і/або від радіостанції медичного центру;
- протоколи і прикладні програми управління всіма засобами системи.

Розроблення волоконно-оптичного каналу зв'язку (ВОКЗ) – базової конструкції ТММІС. В основі телемедичних систем лежать базові робочі станції (БРС), об'єднані каналами зв'язку. БРС – це комплекс апаратно-програмних засобів, що представляє собою багатопрофільне і багатозадачне робоче місце фахівця з можливостями обробки основних видів медичної інформації, а також проведення телеконференцій [7, 8].

За базовою структурою телемедичні системи можна спрощено розділити на дві групи: системи для віддаленого консультування, діагностики та навчання, а також системи віддаленого моніторингу життєвих функцій (біотелеметричні системи). Структура систем першого типу представлена на рис. 1, 2.

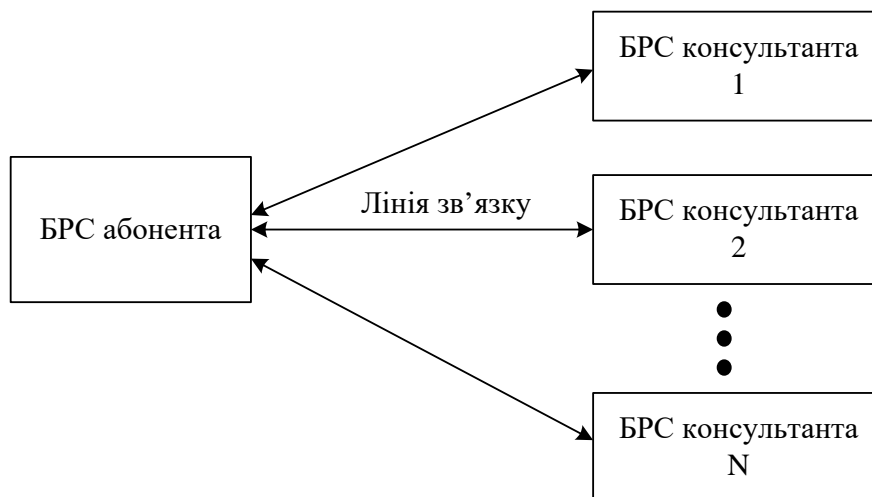


Рис. 1. Спрощена структура системи віддаленого консультування

На практиці, ці базові структури можуть мати досить складну топологію, бути наповнені різноманітною функціональністю, а також з'єднуватися в мережі з різним ступенем ієрархії. Наприклад, канал зв'язку може бути комбінованим і складатися з пристроєм ближнього зв'язку, такого як WiFi, і оптоволоконної лінії, що є частиною мережі інтернет. У свою чергу, самі локальні телемедичні системи можуть бути об'єднані в більш великі структури з різних класичним топологічним схемами, наприклад зірка, тощо.

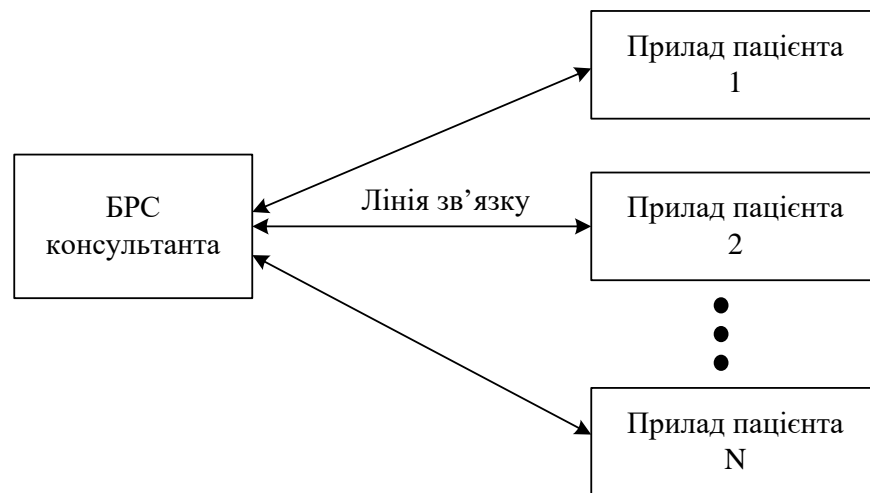


Рис. 2. Спрощена структура системи біотелеметрії

Оцінка ефективності передачі біомедичної інформації в стандарті dicom двохвильовим методом по волз. У практиці оцінки ефективності при передачі біомедичної інформації в стандарті DICOM застосовують не тільки показник відносної частоти обміну медичними даними без спотворень, який отримав назву чутливості, але і такі показники, як специфічність, безпомилковість, показники помилково негативних відповідей (помилки першого роду) і псевдопозитивних відповідей (помилки другого роду).

Суть названих показників ефективності методу передачі біомедичної інформації в стандарті DICOM двохвильовим методом по ВОЛЗ полягає в наступному [8].

Чутливість – це відносна частота віднесення істинно спотвореного кадру зображення і керуючої інформації у вигляді DICOM тегів до класу спотворених DICOM файлів.

Специфічність – це відносна частота віднесення істинно неспотворених кадрів зображення і керуючої інформації до класу неспотворених DICOM файлів.

Безпомилковість – це відносна частота безпомилкових рішень, як по відношенню до істинно спотворених, так і істинно неспотворених DICOM файлів.

Псевдонегативна відповідь (помилка першого роду) – це відносна частота віднесення істинно спотвореного кадру зображення і керуючої інформації до класу неспотворених DICOM файлів.

Псевдопозитивна відповідь (помилка другого роду) – це відносна частота віднесення істинно неспотвореного кадру зображення і керуючої інформації до класу спотворених DICOM файлів.

Природно вимагати, щоб помилка першого роду була менше ніж помилка другого роду.

Оцінимо ефективність передачі біомедичної інформації в стандарті DICOM двохвильовим методом по ВОЛЗ. Для цього всі об'єкти навчальної вибірки розіб'ємо на дві групи: у першу групу віднесемо об'єкти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 із спотвореними кадрами зображення і керуючої інформації у вигляді DICOM тегів; у другу – об'єкти групи 8 зі спотвореним DICOM файлом [8].

Опишемо всі об'єкти DICOM файлу.

Об'єкт 1 – атрибути і демографічні дані пацієнта;

Об'єкт 2 – атрибути медичного закладу, де було проведено обстеження, а також атрибути персоналу, що проводив обстеження пацієнта;

Об'єкт 3 – вид обстеження, дата і час його проведення, а також умови і параметри проведення обстеження пацієнта;

Об'єкт 4 – параметри зображення чи серії зображень, записаних у DICOM файлі;

Об'єкт 5 – унікальні ключі ідентифікації груп даних, описаних у DICOM файлі;

Об'єкт 6 – зображення, серію або набір серій, отриманих при обстеженні пацієнта;

Об'єкт 7 – модель і фірма виробника апарату, на якому проводилось обстеження;
 Об'єкт 8 – повне спотворення DICOM файлу.
 Результати зведено у таблицю 1.

Таблиця 1

Частотна таблиця для двох груп об'єктів передавання інформації
 у форматі DICOM двохвильовим методом по ВОЛЗ

Групи об'єктів передавання інформації	Результати передавання інформації у форматі DICOM				Всього об'єктів	
	віднесені до першої групи. (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)		віднесені до другої групи (8)			
Перша (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)	a	442	b	6	$a + b$	448
Друга (8)	c	2	d	50	$c + d$	52
Всього	$a + c$	444	$b + d$	56	$a + b + c + d$	500

Позначимо елементи частотної таблиці рядковими латинського алфавіту a, b, c, d .
 Згідно з таблицею 1 можна визначити [18, 19]:

– чутливість: $\frac{100 \cdot a}{a + b} = \frac{100 \cdot 442}{448} = 98,7\%$;

– специфічність: $\frac{100 \cdot d}{c + d} = \frac{100 \cdot 50}{52} = 96,2\%$;

– безпомилковість: $\frac{100 \cdot (a + d)}{a + b + c + d} = \frac{100 \cdot (442 + 50)}{500} = 98,8\%$;

– псевдонегативна відповідь (помилка першого роду): $\frac{100 \cdot b}{a + b} = \frac{100 \cdot 6}{448} = 1,3\%$;

– псевдопозитивна відповідь (помилка другого роду): $\frac{100 \cdot c}{c + d} = \frac{100 \cdot 2}{52} = 3,8\%$.

На основі проведених розрахунків передавання інформації у форматі DICOM двохвильовим методом по ВОЛЗ слід визнати досить ефективними показники помилково негативних відповідей (помилки першого роду) і псевдопозитивних відповідей (помилки другого роду). Об'єкти з дійсним неспотворенням DICOM файлів виявлені на 98,7%. Помилки віднесення об'єктів з дійсним спотворенням кадру зображення і керуючої інформації до класу неспотворених DICOM файлів можливі з вірогідністю 1,3%, а навпаки – 3,8%. Всі об'єкти, що не мають спотворення, віднесені до 8-ї групи. Безпомилковість передавання інформації дуже висока – 98,8%. Тільки для 1,2% об'єктів передавання інформації спостерігається спотворення DICOM файлу.

Висновки

1. В статті зроблений висновок з використанням бібліосемантичного підходу щодо перспективності створення оптоелектронних мереж для обміну телемедичними даними, сформулював коло невирішених задач і визначив основні напрямки їх розвитку.

2. Розроблення на основі моделі інформаційного каналу передачі телемедичних даних волоконно-оптичного каналу зв'язку для обміну телемедичною інформацією з додатковим введенням до його структури оптичних підсилювачів з автоматичним регулюванням підсилення (АРП) і блоку автоматичного контролю і діагностики оптичного кабелю забезпечило дистанційний автоматичний контроль з визначенням стану волокна кабелю; автоматичну діагностику стану кабелю з точним визначенням місця і характеру пошкодження, прив'язку рефлекторів до географічної карти місцевості та аналіз змін параметрів ВОКЗ в часі, що в кінцевому результаті підвищило достовірність і покращило якість передачі біомедичної інформації.

3. Розроблення волоконно-оптичної телемедичної мережі для обміну по волоконно-

оптичних каналах зв'язку оперативними результатами телемедичної діагностики і моніторингу стану здоров'я пацієнтів у віддалених районах Вінницької області в перспективі забезпечить її адаптацію під стандарт DICOM, інформаційну підтримку прийняття рішень, гнучку систему управління роботою мережі з дотриманням вимог по захисту персональних даних пацієнтів.

Література

1. Оптико-електронна геоінформаційно-енергетична система, як глобальний засіб гармонійного вирішення проблем розвитку цивілізації/ [В.П. Кожем'яко, С.С. Білан, О.В. Кожем'яко, А.В. Кожем'яко] //Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. — 2004. — № 2 (8). — С. 5–10. ISSN 1681-7893.
2. Антонов В.М Сучасні комп'ютерні мережі / В.М. Антонов. — Київ : МК-Прес, 2005. — 478 с.
3. Куссуль Н.Н. Grid-системы для задач исследования Земли. Архитектура, модели и технологии / Н.Н. Куссуль, А.Ю.Шелестов. — К. : Наукова думка, 2008. — 452 с.
4. Круцкевич Н. Принципи паралелізму при побудові багаторівневих розподілених комп'ютерних мереж / Н. Круцкевич // Вісник національного університету «Львівська політехніка». — 2003. — № 477. — С. 185–191. ISSN: 0321-0499.
5. Кожем'яко В.П. Принципи побудови та структурна організація каналів для повністю оптичних геоінформаційно-енергетичних мереж / В.П. Кожем'яко, В.І. Маліновський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2008. — № 1. — С. 95–101.
6. Кожем'яко В.П. Спосіб побудови та методика створення уніфікованої системи трансформації довжин хвиль / В.П. Кожем'яко, О.В. Шевченко, Я.І. Ярославський // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. — №2(12). — 2007. — С. 78–86.
7. Kurtz S. Opportunities and Challenges for Development of a Mature Concentrating Photovoltaic Power Industry: [Електронний ресурс] / Kurtz S. // Materials of USA National Laboratory of Renewable Energy (USA). — P. 5 (PDF: p. 8). — Retrieved 08 February 2012. — Режим доступу : <http://www.nrel.gov/docs/fyl/losu743208.pdf>.
8. Локальні, геоінформаційно-енергетичні мережі на новітніх волоконно-оптичних лініях із спектротрансформаторним живленням / [В.П. Кожем'яко, В.І. Маліновський, Я.І. Ярославський, В.В. Мороз] // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. — № 2 (24). — 2012 р. — С. 137–146.
9. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). Information Technology in Medical Diagnostics II. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. pp. 336.
10. Pavlov S. V. Information Technology in Medical Diagnostics //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press. pp. 210.