

УДК 681.321

Я.І. ЯРОСЛАВСЬКИЙ, С.В. ПАВЛОВ, С.В.КОСТЮК, С.В. ТИМЧИК

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ТЕЛЕМЕДИЧНИХ МЕРЕЖ І СИСТЕМ НА ОСНОВІ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ У ВІННИЦЬКІЙ ОБЛАСТІ

*ДП «Вінницький науково-дослідний та проектний інститут землеустрою»
Національний університет «Одеська Політехніка»
Вінницький національний технічний університет
ТОВ "Альфаметрік", Вінниця*

Анотація. 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.

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 (АПП) 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.

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.

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

Abstract. The article draws a conclusion using the biblio-semantic approach regarding the perspective of creating optoelectronic networks for the exchange of telemedical data, formulated a range of unsolved problems and identified the main directions of their development. The development based on the model of the telemedical data transmission information channel of the fiber-optic communication channel for the exchange of telemedical information with the additional introduction to its structure of optical amplifiers with automatic gain control (AMP) and the unit of automatic control and diagnostics of the optical cable provided remote control with state determination cable fibers; automatic diagnosis of the condition of the cable with an accurate determination of the location and nature of the damage, linking of reflectors to the geographical map of the area and analysis of changes in the parameters of the VOKZ over time, which ultimately increased the reliability and improved the quality of the transmission of biomedical information. automatic . The development of a fiber-optic telemedicine network for the exchange of operational results of telemedical diagnostics and health monitoring of patients in remote areas of the Vinnytsia region through fiber-optic communication channels will in the future ensure its adaptation to the DICOM standard, information support for decision-making, and a flexible work management system network in compliance with the requirements for the protection of personal data of patients.

Key words: fiber-optic communication channels, telemedicine networks and systems, DICOM standard, medical information, patient condition, health prevention

DOI:10.31649/1681-7893-2021-42-2-84-95

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

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].

Основні показники діяльності охорони здоров'я Вінницької області мають позитивну динаміку. Однак зберігаються чинники, які мають несприятливий вплив на показники здоров'я населення [4, 5]:

- низька мотивація населення на дотримання здорового способу життя, яка зумовлена недостатнім забезпеченням умов для ведення здорового способу життя (обмеження куріння, зловживання алкоголем і наркотиками, забезпечення необхідного рівня фізичної активності та здорового харчування);
- висока поширеність поведінкових факторів ризику неінфекційних захворювань (паління, зловживання алкоголем і наркотиками, недостатня рухова активність, нераціональне незбалансоване харчування);
- висока поширеність біологічних факторів ризику неінфекційних захворювань (артеріальна гіпертонія, гіперхолестеринемія, гіперглікемія, надмірна маса тіла і ожиріння);
- недостатня профілактична активність первинної ланки охорони здоров'я;
- висока завантаженість ліжкового фонду екстреної та невідкладної медичної допомоги та недостатньо ефективне його використання;
- недостатня забезпеченість системи охорони здоров'я висококваліфікованими кадрами, недоукомплектованість медичних організацій сучасним медичним обладнанням;
- низька інтенсивність створення і впровадження в практичну охорону здоров'я нових наукових розробок, в т.ч. і телемедичних систем і технологій;
- недостатній рівень оснащення медичних організацій сучасними інформаційно-телекомунікаційними технологіями [6, 7, 8].

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, 11].

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 [12, 17]:

- 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.

Відповідно до принципів медичної реформи, яка зараз відбувається в Україні, поняття і зміст телеконсультації і звичайної консультації прирівнюються, що збільшує кількість лікуючих лікарів по

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

відношенню до лікарів діагностуючих, а значить, збільшує кількість медичних знімків пацієнтів, які лікуючі лікарі виставляють на сервер телемережі, а діагностуючі – повинні обробити і дати своє заключення (поставити діагноз). В такій комбінації лікуючий лікар з точки зору телемедицини виступає як замовник, а діагностуючий – як консультант. Подібна ситуація веде до подальшого розподілу медицини на добре обладнані високоякісним медичним і комп'ютерним обладнанням центри обробки медичних даних і зображень і власне кажучи – на діагностуючих лікарів. Це сприяє спонтанному формуванню співтовариств лікарів, що працюють у даному конкретному закладі охорони здоров'я (ЗОЗ) і пацієнтів, які лікуються в даному ЗОЗ [13, 14, 15].

При цьому на етапі їх формування кожному лікарю і пацієнту виділяється спеціальний телефонний номер (СТН), який одночасно є його унікальним ідентифікатором в тій чи іншій телемедичній мережі або системі. Пацієнту відомий тільки СТН лікаря, у якого він лікується, завдяки чому пацієнт, з одного боку, не може подзвонити лікарю в обхід мережі (системи), а з іншого – лікар захищений від втручання в його приватне життя з боку пацієнта або його родичів і друзів. Лікар, в свою чергу, не має права і не повинен спілкуватися із пацієнтом в реальному часі без зайвих на те причин, поширювати будь-яким чином його медичні знімки без згоди пацієнта [16, 17, 18].

Однією із форм організації співавторств лікарів є створення робочих груп, до складу яких входять фахівці з розвитку та удосконалення телемедичних мереж, систем і центрів, їх апаратного, програмного та інформаційного забезпечення та лікарі того ЗОЗ, де подібні групи створюються і функціонують. Кожна група складається в основному з дослідницької (більшість складають фахівці-дослідники) і медичної (основа – це лікарі того ЗОЗ, де група створюється і працює. Основною функцією дослідницької групи є подальший розвиток програмного та інформаційного забезпечень, нарощування і розширення можливостей апаратної (технічної) підтримки.

Як уже відзначалося базовим технологічним процесом є процес консультування пацієнта лікарем лікуючим і лікарем діагностуючим, один із варіантів якого, приведений на рисунку 1 [17, 18].

За основу взято алгоритм, запропонований в [19], який пройшов різнобічну клінічну апробацію і зарекомендував себе надійним та ефективним програмним продуктом. Удосконалений алгоритм складається фактично із трьох частин: робота у пацієнта за місцем проживання; вибір клінічного випадку та обмін інформацією; проведення телеконсультації та прийняття рішення експертами і доведення його до сімейного лікаря.

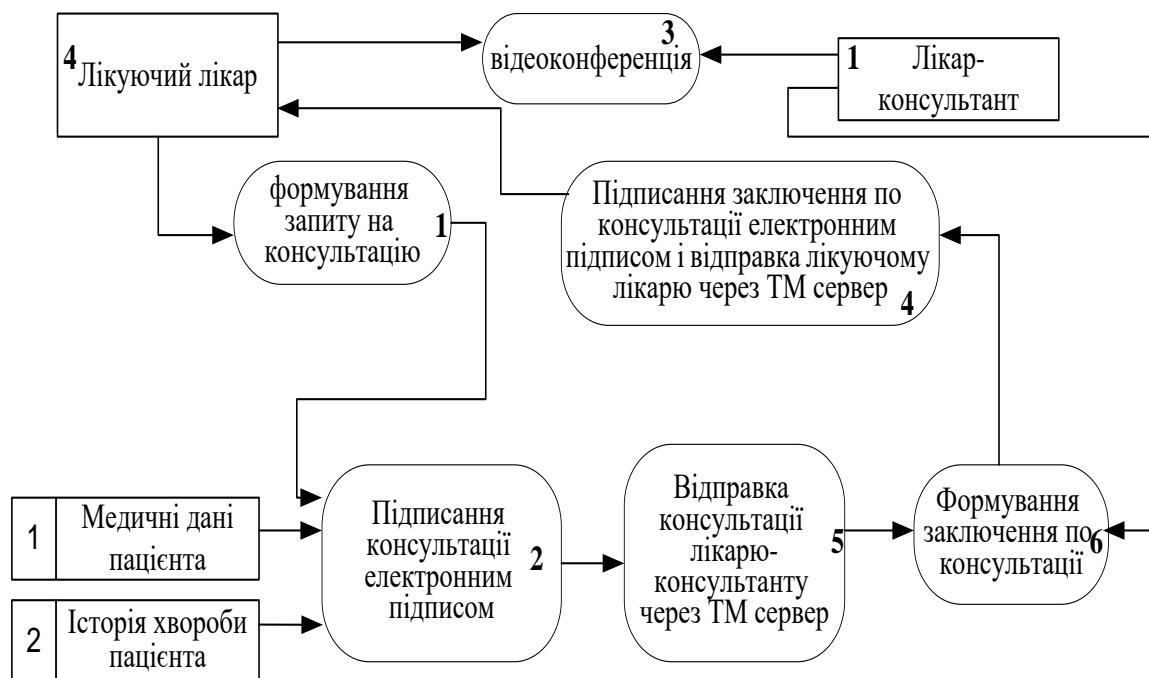


Рисунок 1 - Процес консультування пацієнта між лікуючим лікарем і лікарем-консультантом [Царегородцев]

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

Розроблений алгоритм, на відміну від існуючих, встановлює попередній діагноз, після чого проводить його перевірку на наявність хоча б одного із вищеперахованих ризиків. При їх наявності відбувається корекція попереднього діагнозу, який затверджується в подальшому як основний і на його основі призначається лікування [19].

Структурно-функціональна організація запропонованої здобувачем телемедичної системи, наведена на рисунку 2. Систему представлено у вигляді сукупності трьох базових ресурсозберігаючих компонент будь-якої системи: апаратного, аналітичного та інформаційного ресурсів. Таке представлення є, на погляд здобувача, більш наочним і сприйнятливим, оскільки одночасно надає необхідну інформацію про склад і функції кожного із компонент.

Найбільш повно сформульованим принципам, концепції і вимогам відповідає структура телемедичної системи (рисунок 3), яку ми і приймаємо за основу створення телемедичної мережі.

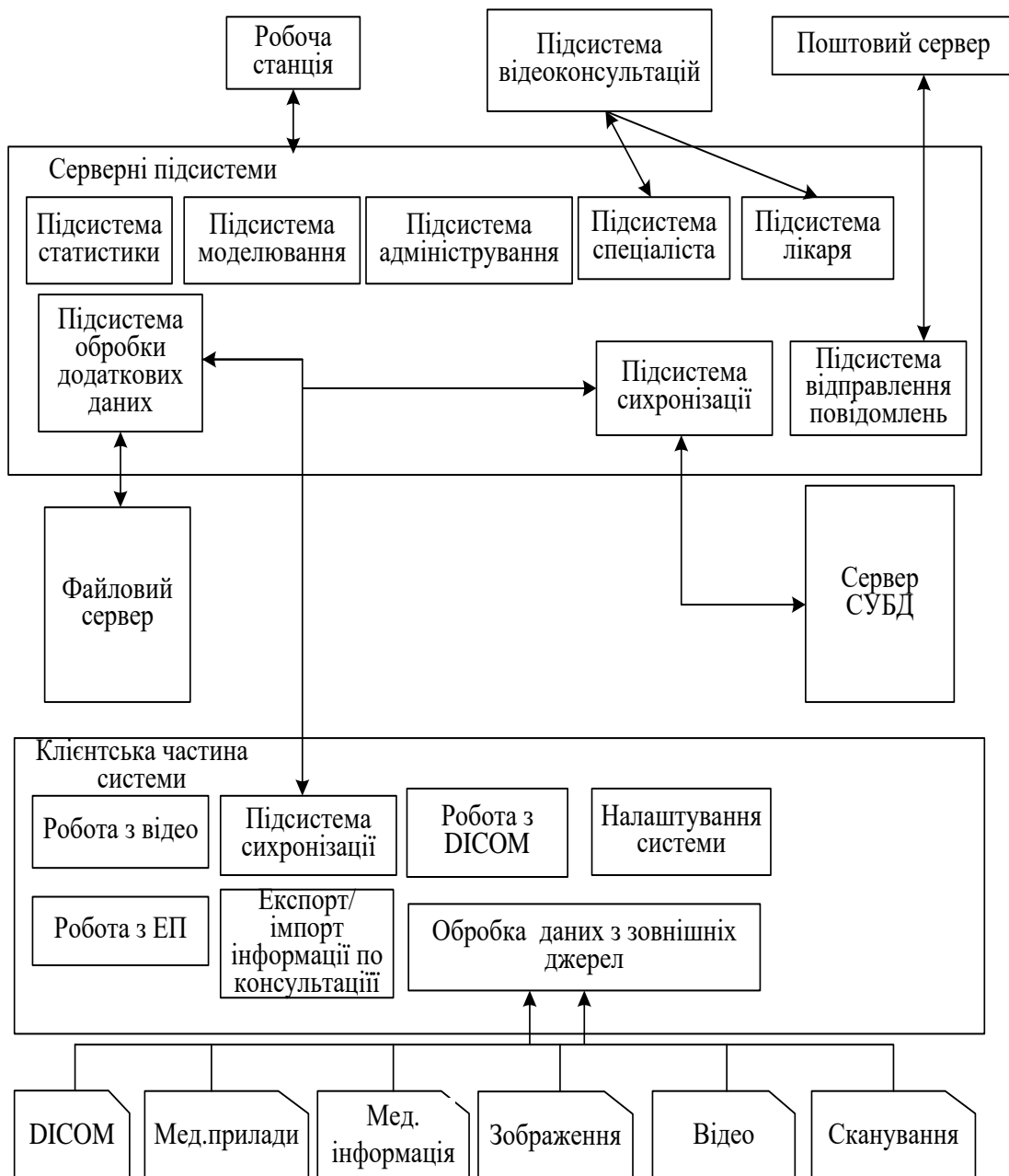


Рисунок 2 - Структура телемедичної системи [17], [18]

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

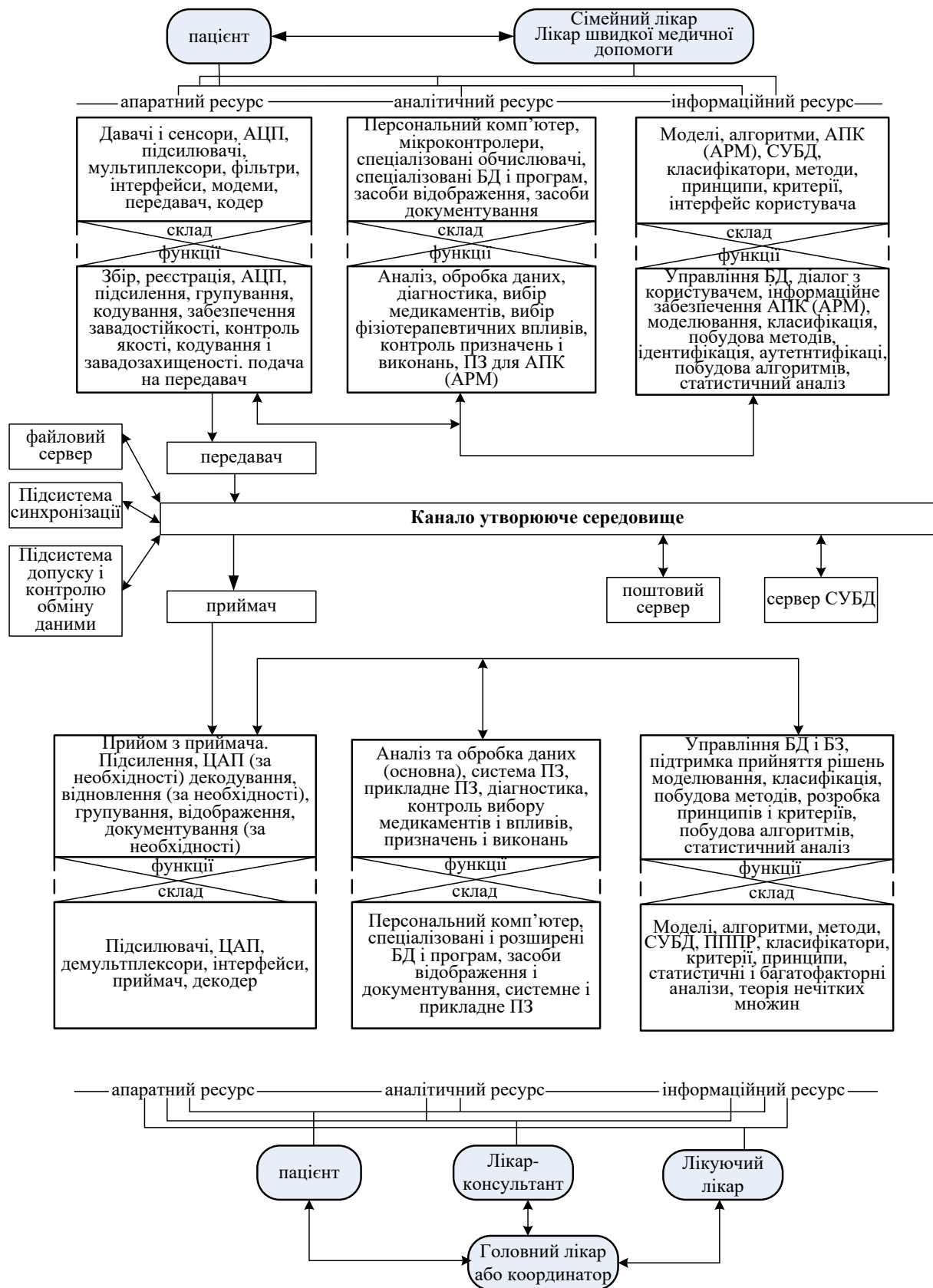


Рисунок 3 - Структурно-функціональна організація телемедичної системи

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

До складу системи також входить каналотворююче середовище, сервери СУБД, поштовий і діалоговий, підсистема допуску і контролю обміну даними, підсистема синхронізації, яка синхронізує роботу всієї системи. Окрім того, запропонована структурно-функціональна організація системи потребує суттєво меншого словесного опису кожного із ресурсів і його складових завдяки їх вдалому графічному поєднанню і представленню.

Основними напрямками розробки є [19]:

- 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 КОНСТРУКТИ ТММІС

В основі телемедичних систем лежать базові робочі станції (БРС), об'єднані каналами зв'язку. БРС – це комплекс апаратно-програмних засобів, що представляє собою багатофункціональне і багатозадачне робоче місце фахівця з можливостями обробки основних видів медичної інформації, а також проведення телеконференцій [7, 8, 18].

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 рисунку 4,а, другого – на рисунку 4,б.

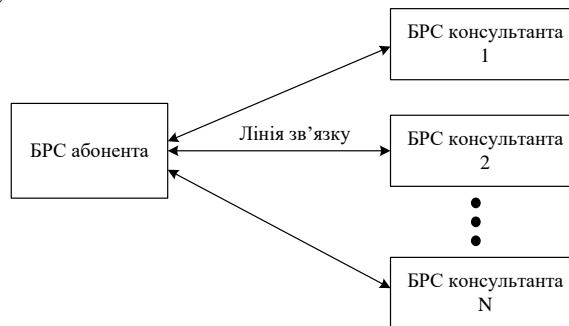


Рисунок 4,а - Спрощена структура системи віддаленого консультування [8], [18, 19]

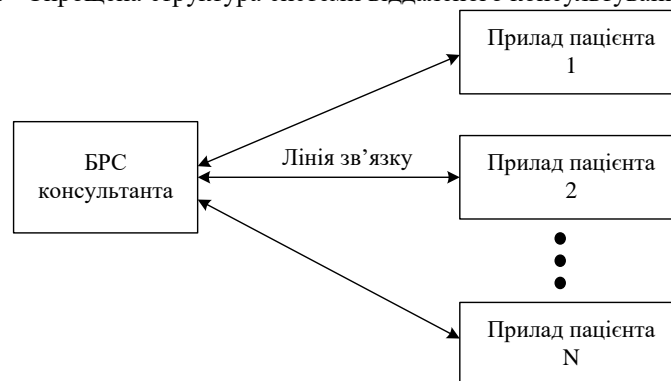


Рисунок 4,б - Спрощена структура системи біотелеметрії [8], [18, 19]

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

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.

Однак, незважаючи на все різноманіття телемедичних систем, для них характерні типові операції, пов'язані з отриманням, обробкою, поданням і передачею інформації. У загальному вигляді структуру, що здійснює обробку і передачу інформації, телемедичної системи можна представити в такий спосіб (рисунком 4).

АПРОБАЦІЯ ВОТМ ТА ЇЇ ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ

Головною характерною рисою формування телемедицини в десятиліття двадцятого століття, що минає з'явилися множинні дослідження в застосуванні різних комп'ютерних і телекомунікаційних технологій для вирішення різних медичних завдань. Початок був покладений з виникненням модемів, що дозволяють передавати різну медичну інформацію по телефонних лініях. Заміна низькошвидкісних телефонних каналів на високошвидкісні призвело до спроби використання бізнес-відеоконференцій для медицини, а також до прогресу різних систем оцифровки медичної інформації. Почалося активне використання електронної пошти і мережі Інтернет [7,8, 18].

Всі експерименти проводилися майже ідентично: початковою точкою було формування комунікаційної технології, а потім спроби застосування її для вирішення медичних завдань. В даний час даний період завершується. Накопичено певний досвід телемедичних послуг, і стало очевидно, що відчутний практичний ефект при їх проведенні можуть надати тільки системи, побудовані на чітко визначених медичних вимогах по кожному типу діагностики та лікування і які, виходячи з даних умов застосовують різні інноваційні телекомунікаційні технології.

Значить, слід створювати телемедичну систему, відштовхуючись від медичних вимог, а не навпаки. Телемедичні системи зобов'язані стати базисною складовою процесів діагностики та лікування і органічно вписуватися в технологію їх проведення [7, 8, 19]

Особливістю розробленої волоконно-оптичної телемедичної мережі є те, що вона в повній мірі відповідає «Рекомендаціям по сумісності національних консультативних телемедичних мереж держав-учасників СНД, м.Баку 23.05.2005» [19]:

- телемедичні консультації і теленаставництво (зв'язок організовується відповідно до схеми «точка-точка», що забезпечує обговорення консультуючого лікаря і лікаря-консультанта постановку діагнозу пацієнту, а також надання методичної допомоги фахівця або викладача лікарю, що навчається студенту);
- телемоніторинг (телеметрії) функціональних параметрів (зв'язок організовується відповідно до схеми «багато точок-точка», в даному випадку інформація багатьох пацієнтів надходить в консультативний центр);
- телемедичні лекції і семінари (зв'язок організовується відповідно до схеми «точка – багато точок», при якій лектор (викладач) може звертатися до всіх учасників одноразово);
- телемедичні наради, консилиумах і симпозиумах (зв'язок організовується за допомогою багатоточкової мережі, внаслідок чого всі учасники мають можливість контактувати між собою).

В основу розробленої волоконно-оптичної телемедичної мережі закладено декілька головних системних принципів, що сприяє вирішенню двох принципових завдань телемедицини: перетворення різноманітних діагностичних даних, отриманих від пацієнтів, що знаходяться на відстані від ТМЦ по волоконно-оптичних каналах зв'язку в цифрову форму без втрати якості; заповнення баз даних діагностичною оцифрованою інформацією.

В основі створення телемедичної системи закладені такі принципи [8, 18]:

- можливість отримання об'єктивної медичної інформації про пацієнта в цифровій формі. Цей принцип реалізується за допомогою застосування сучасних цифрових медичних апаратних засобів або пристроями перетворення медичних даних в цифрову форму (у разі використання аналогового медичного обладнання);
- можливість реалізовувати перегляд, зберігання, обробку, а також збір медичних даних хворого для проведення телемедичних консультацій. Даний принцип здійснюється за допомогою побудови спеціальних телемедичних станцій, що представляють собою програмно-апаратні

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

комплекси, що містять засоби обробки і зберігання медичних даних, засоби підготовки відомостей та проведення телемедичних консультацій, засоби обліку та реєстрації проведених телемедичних консультацій;

- можливість передачі медичної інформації на відстань в найкоротші терміни, обговорення даних відомостей консультантом і отримання лікарського рішення по них. Даний принцип здійснюється за допомогою використання різних загальнодоступних каналів зв'язку;
- технології телемедицини зобов'язані гарантувати достовірність і повноту інформації незалежно від відстаней, видів використовуваного обладнання та каналів зв'язку, з огляду на те що підсумковою метою будь-якого телемедичного заходу (сеансу) є відповідне застосування переданої інформації в інтересах хворого, медичного працівника, якого навчають або управлінського органу охорони здоров'я.

Вся піддана обробці інформація зберігається в базах даних різного призначення. До основних БД можна віднести [18]: БД пацієнтів, де знаходиться повна інформація про хворих, в тому числі і історії хвороб в електронному вигляді; БД лікарів, де знаходиться відомості про консультантів, місця їх роботи і спеціалізації професійної діяльності; БД лікарських засобів, де зберігається інформація про ліки, їх фармакологічні властивості, наявності; БД медичних методик, де містяться методики діагностики та лікування захворювань; БД телемедичних консультацій, де представлений архів проведених телемедичних консультацій. Технічними засобами реалізації технологій телемедицини є телекомунікаційна інфраструктура і телемедичне обладнання. Перша об'єднує в єдиному інформаційному просторі спеціалізованих телекомунікаційних операторів, провайдерів телемедичних послуг, консультантів і клієнтів. Друга дозволяє в цифровому вигляді збирати, запам'ятовувати, обробляти, готувати до передачі медичні діагностичні дані, а також підтримувати проведення телемедичної консультації [19]

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 [18].

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 ухвалення 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 [18].

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;

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

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

- 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.
- 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 рефlectorів до географічної карти місцевості та аналіз змін параметрів ВОКЗ в часі, що в кінцевому результаті підвищило достовірність і покращило якість передачі біомедичної інформації.
- Розроблення волоконно-оптичної телемедичної мережі для обміну по волоконно-оптичних

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

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.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

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. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. — СПб : изд-во «Питер», 1999. — 672 с.
3. Антонов В. М Сучасні комп'ютерні мережі / В. М. Антонов. — Київ : МК-Прес, 2005. — 478 с.
4. Убайдулаев Р. Р. Волоконно-оптические сети / Р. Р. Убайдуллаев. — М.: Эко-Тренз, 1998. — 268 с. — ISBN 5-88405-023-2.
5. 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.
6. Круцкевич Н. Принципы паралелизма при побудові багаторівневих розподілених комп'ютерних мереж / Н. Круцкевич // Вісник національного університету «Львівська політехніка». — 2003. — № 477. — С 185—191. — ISSN: 0321-0499.
7. Кожем'яко В. П. Принципы 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.
8. 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.
9. 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). — Р. 5 (PDF: р. 8). — Retrieved 08 February 2012. — Режим доступу : <http://www.nrel.gov/docs/fy10osu743208.pdf>.
10. 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.
11. Никифоров А. В. Технология PLC — телекоммуникации по сетям электропитания / А. В. Никифоров // Сети и системы связи. — 2002. — № 5. — С. 15-23. — ISSN 1605-5055.
12. Ben Carlin. European standards organisations make progress towards Smart Grid standards and reference architecture / Materials of Preparing the electricity networks of the future – CEN, CENELEC and ETSI have presented two interim reports to the European Commission. Brussels, 9 March 2012 // Communication Unit CEN-CENELEC Management Centre. [Електронний ресурс]. — Тип доступу World Wide Web: http://www.cenelec.eu/news/press_releases/Pages/PR-2012-04.aspx
13. Smart Grid projects in Europe: lessons learned and current developments Vincenzo Giordano, Flavia Gangale, Gianluca Fulli (JRC-IE), Manuel Sanchez Jimenez (DG ENER) and Other JRC-IE contributors: [Materials of JRC European Commission] // Luxembourg: Publications Office of the European Union. — 118p.
14. Науково-виробнича фірма "ГРИС" «Автоматизована геоінформаційна система моніторингу волоконно-оптичних телекомунікаційних мереж» (ГИС «Волоконно-оптические сети» система паспортизації): [Електронний ресурс] . — Режим доступу: <http://gris.com.ua/?id=114&lan>
15. Кожем'яко В. П. Оптико-електронна геоінформаційно-енергетична система управління інфраструктурою регіону / В. П. Кожем'яко, О. А. Бойко // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. — 2007. — № 1 (13). — С. 176 – 180.
16. Кожем'яко В. П. Оптико-електронна геоінформаційно-енергетична система біомедичного призначення / В. П. Кожем'яко, С. В. Павлов, О. В. Шевченко, В. В. Дмитрук // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. — 2006. № 2 (12). — С. 192 – 196.

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

17. Wójcik W., Pavlov S., Kalimoldayev M. Information Technology in Medical Diagnostics II. London: (2019). Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages.
18. Владимирский А.В. Первичная телемедицинская консультация «пациент-врач»: первая систематизация методологии / Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. 2017. – №2. С.109-121.
19. Осташко Г. В. Концептуальні основи створення міжрегіональної телемедичної мережі / Г. В. Осташко // Український журнал телемедицини та медичної телематики. - 2012. - Т. 10. - №2. - С. 22-25.

REFERENCES

1. The optical-electronic geo-informational-energy system as a global means of harmoniously solving the problems of the development of civilization/ [V. P. Kozhemyako, S. S. Bilan, O. V. Kozhemyako, A. V. Kozhemyako] //Optical-electronic information-energy technologies. — 2004. — No. 2 (8). - С 5-10. — ISSN 1681-7893.
2. Oliner V. G. Computer networks. Principles, technologies, protocols / V. G. Oliner, N. A. Oliner. — St. Petersburg: "Pyter" Publishing House, 1999. — 672 p.
3. Antonov V. M. Modern computer networks / V. M. Antonov. — Kyiv: MK-Press, 2005. — 478 p.
4. Ubaidullaev R.R. Fiber optic networks / R.R. Ubaidullaev. — M.: Eco-Trenz, 1998. — 268 p. — ISBN 5-88405-023-2.
5. Kussul N.N. Grid-systems for the problems of Earth research. Architecture, models and technologies / N. N. Kussul, A. Yu. Shelestov. — K.: Naukova dumka, 2008. — 452 p.
6. Krutskovich N. Principles of parallelism in the construction of multi-level distributed computer networks / N. Krutskovich // Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic". — 2003. — No. 477. — P. 185-191. — ISSN: 0321-0499.
7. Kozhemyako V.P. Principles of construction and structural organization of channels for all-optical geoinformation and energy networks / V.P. Kozhemyako, V.I. Malinovsky // Bulletin of the Vinnytsia Polytechnic Institute. — 2008. — No. 1.—С 95—101.
8. Kozhemyako V.P. The method of construction and the method of creating a unified system of transformation of wavelengths / B.P. Kozhem'yako, O. V. Shevchenko, Ya. I. Yaroslavsky // Optical-electronic information-energy technologies. — No. 2 (12). — 2007. — P. 78-86.
9. 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/fy11osu743208.pdf>.
10. 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.
11. Nikiforov A.V. PLC technology — telecommunications on power supply networks / A.V. Nikiforov // Networks and communication systems. - 2002. - No. 5. - P. 15-23. – ISSN 1605-5055.
12. Ben Carlin. European standards organisations make progress towards Smart Grid standards and reference architecture / Materials of Preparing the electricity networks of the future – CEN, CENELEC and ETSI have presented two interim reports to the European Commission. Brussels, 9 March 2012 // Communication UnitCEN-CENELEC Management Centre. [Електронний ресурс]. – Тип доступу World Wide Web: http://www.cencenelec.eu/news/press_releases/Pages/PR-2012-04.aspx
13. Smart Grid projects in Europe:lessons learned and current developments Vincenzo Giordano, Flavia Gangale, Gianluca Fulli (JRC-IE), Manuel Sanchez Jimenez (DG ENER)and Other JRC-IE contributors: [Materials of JRC European Commission] // Luxembourg: Publications Office of the European Union. – 118p.
14. Research and production company "GRIS" "Automated geo-informational system for monitoring fiber-optic telecommunication networks" (GIS "Volonkonno-opticheskie seti" system of passporting): [Electronic resource] . – Access mode: <http://gris.com.ua/?id=114&lan>
15. Kozhem'yako V.P. Optical-electronic geo-informational and energy management system of the infrastructure of the region / V.P. Kozhem'yako, O.A.Boyko // Optical-electronic information-energy technologies. – 2007. – No. 1(13) . - P. 176 - 180.

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

16. Kozhem'yako V. P.. Optical-electronic geo-informational and energy system for biomedical purposes / V. P. Kozhem'yako, S.V. Pavlov, O. V. Shevchenko, V. V. Dmytruk // Optical-electronic information and energy technologies. – 2006. No. 2(12)). -WITH. 192 - 196.
17. Wójcik W., Pavlov S., Kalimoldayev M. Information Technology in Medical Diagnostics II. London: (2019). Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages.
18. Vladimisky A.V. Primary telemedicine consultation "patient-doctor": the first systematization of methodology / Journal of telemedicine and electronic health care. 2017. – No. 2. P.109-121.
19. Ostashko G. V. Conceptual foundations of the creation of an interregional telemedical network / G. V. Ostashko // Ukrainian journal of telemedicine and medical telematics. - 2012. - Vol. 10. - No. 2. - P. 22-25.

ЯРОСЛАВСЬКИЙ ЯРОСЛАВ ІВАНОВИЧ – старший викладач кафедри біомедичної інженерії, Національний університет «Одеська Політехніка, директор, ДП «Вінницький науково-дослідний та проектний інститут землеустрою», Вінниця, Україна, ***e-mail: yaroslavskyidzk@gmail.com***

ПАВЛОВ СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ – д.т.н., професор кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна, ***e-mail: psv@vntu.edu.ua***

КОСТЮК СЕРГІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ – директор, ТОВ "Альфа метрік", Вінниця, ***e-mail: svk@alfametric.com.ua***

ТИМЧИК СЕРГІЙ ВАСИЛЬОВИЧ – к.т.н., доцент, декан факультету інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна, ***e-mail: tymchyk@vntu.edu.ua***