Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Сучасні інформаційні технології в галузі хімічної та біоінженерії» для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 163 – Біомедична інженерія

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Розроблено в рамках проекту "Erasmus+ (CBHE) BioArt "Інноваційна мультидисциплінарна освітня програма зі штучних імплантів для біоінженерії для бакалаврів та магістрів"

Developed in the frame of project "Erasmus+ (CBHE) BioArt "Innovative Multidisciplinary Curriculum in Artificial Implants for Bio-Engineering BSc / MSc Degrees" (586114-EPP- 1-2017- 1-ES- EPPKA2-CBHE- JP).

Вінниця
ВНТУ
2020

Рекомендовано – кафедрою біомедичної інженерії Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол засідання кафедри БМІ № 2 від 10.09.2019 р., оновлено, розглянуто зі змінами на засіданні кафедри БМІ № 2 від 09.09.2020 р)

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Сучасні інформаційні технології в галузі хімічної та біоінженерії» для здобувачів освітнього рівня «магістр» спеціальності 163 – Біомедична інженерія ,освітня програма «Біомедична інженерія» / уклад. С. В. Тимчик. -Вінниця : ВНТУ, 2020.

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт призначений для здобувачів вищої освіти, які навчаються за рівнем магістр зі спеціальності 163 – Біомедична інженерія, освітня програма «Інтелектуальні штучні імпланти та медичні апарати в біоінженерії».

Лабораторна робота № 1

Розробка та аналіз бездротової мережевої технології моніторингу стану фізіологічних показників об’єкту

Мета і задачі:

Теоретичне і практичне засвоєння методів та засобів реєстрації біосигналів.

Теоретичні відомості і методичні вказівки

Система моніторингу включає в себе апаратну та програмну частини. Кожна з цих частин має у своєму складі декілька основних блоків, які пов’язані між собою комутаційним чи програмним способом. Як приклад на рис. 1.1 наведено структуру системи контролю показників голосового сигналу.

Апаратна частина системи являє собою блок вхідних сенсорів і перетворювачів. Петличний мікрофон оснащений вбудованою активною електронікою у вигляді JFET-перетворення, що дозволяє йому повністю перекривати увесь голосовий частотний діапазон людини та гасити шумові складові сигналу у випадку їх наявності. Дискретизація та оцифрування аналогового сигналу, записаного за допомогою мікрофону виконується за допомогою аудіо-інтерфейсу. Аудіо-інтерфейс має вбудований мікрофонний передпідсилювач з фантомним живленням 48 В, що дозволяє підключати професійні конденсаторні мікрофони. Розрядність в 24 біти та максимальна частота дискретизації до 192 кГц дозволяють виконувати записи з дуже високою якістю. У даному аудіо-інтерфейсі наявний вбудований захист аналогових схем на вході та виході від перепадів напруги та наведень мережі. Аудіо-інтерфейс підключається до персонального комп’ютера чи ноутбука через USB-з’єднання, і використовується як зовнішнє джерело звукозапису.

Загальний аналіз голосових сигналів може бути умовно розглянутий як поєднання декількох основних блоків:

- блок обробки акустичного матеріалу та виділення основних характеристик голосового сигналу;
- блок побудови локалізованих структур голосового сигналу у просторі характеристик «структура-частота»;
- блок прийняття аутентифікаційного рішення;
- блок визначення функціонального стану людини;
- блок оновлення бази даних та самонавчання розробленої системи;
- база даних локалізованих структур голосових сигналів.

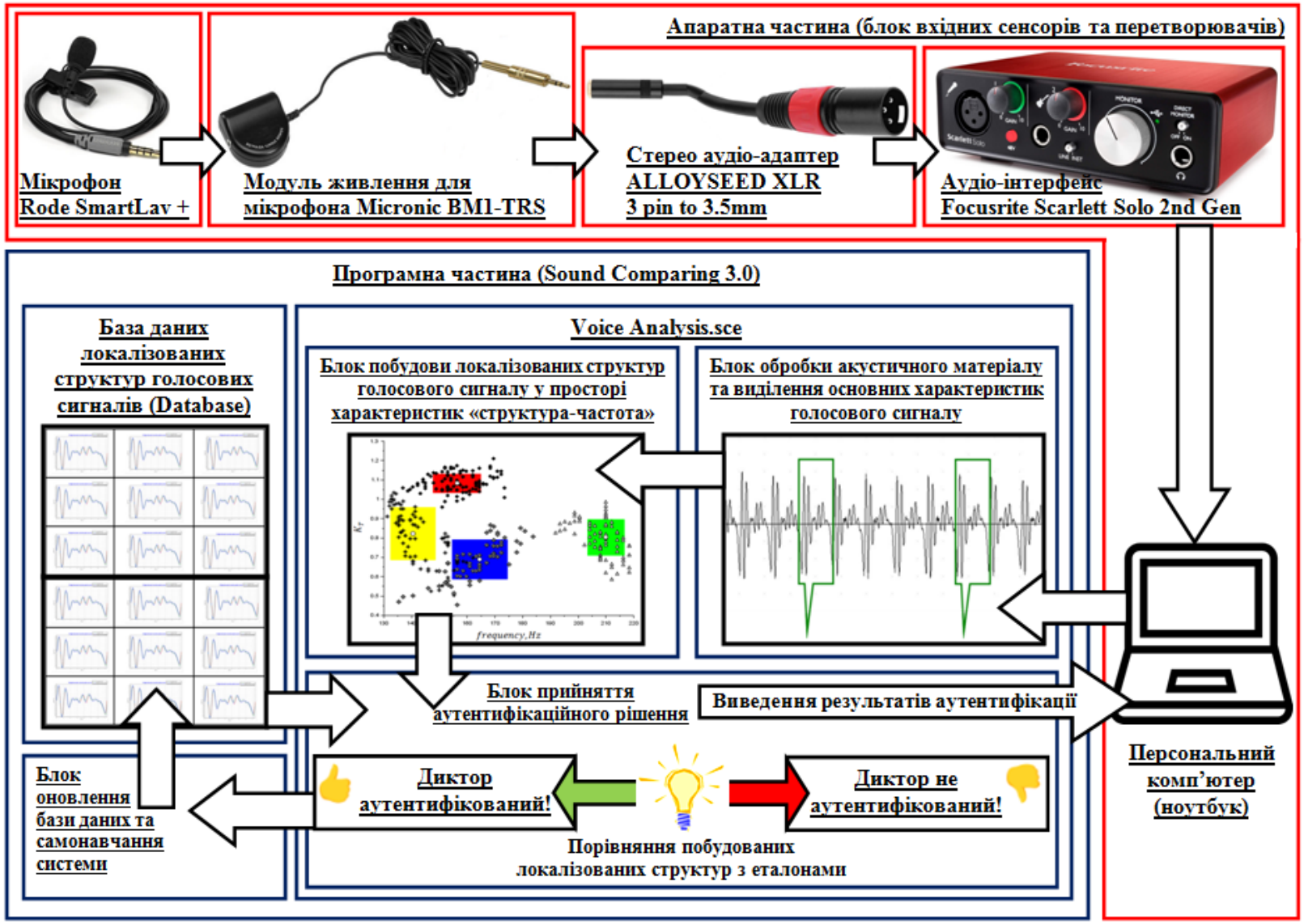


Рисунок 1.1 – Загальна структура системи аутентифікації та оцінювання функціонального стану людини за голосовим сигналом

Визначення параметрів дискретизації голосового сигналу для задачі аутентифікації.

Якщо розглядати індустріальні стандарти обробки звуку, то виділяють ряд типових частот дискретизації, які використовуються у різних сферах (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Частоти дискретизації звукових сигналів

Частота, Гц	Сфера використання
96000	Студії звукозапису, де вимагається ідеальна якість звуку – DVD-Audio за стандартом MLP 5.1. Також може застосовуватись у спеціальних науково-технічних дослідженнях.
44100	Стандартна частота дискретизації, яка використовується при записі компакт-дисків, так звана CD-якість. Визначена на основі того, що людина сприймає звуки з частотою до 20 кГц.
22050	Так звана радіо-якість, використовується при кодуванні звуку FM-радіостанціями. Також використовується у онлайн-плеєрах типу Flash для створення фонової музики та звуків сповіщення. Для передачі людського голосу є надлишковою.
11025	Телефонна якість. Найкраще підходить для передачі людського голосу. Використовується в IP-телефонії.
5500	Звук на межі втрати інформаційної складової. Може застосовуватись для передачі низьких звуків, а також голосу, щоправда з низькою якістю.

Для вокалізованих звуків найвища частота, нижче якої максимуми спектру не досягають рівня 40 дБ, складає близько 4 кГц. З іншого боку, для невокалізованих звуків спектр не затухає навіть на частотах вище 8 кГц. Таким чином, для відтворення усіх звуків мови необхідно використовувати частоту дискретизації близько 20 кГц. Однак, у більшості практичних застосувань така частота не вимагається. Приміром, для стандартного телефонного каналу її значення цілком може становити 4 кГц.

До медико-технічних вимог на систему оцінювання голосового сигналу належать:

- Систему призначено для аутентифікації особистості в реальному часі, як у режимі її допуску до виконання професійних обов’язків, так і в режимі моніторингу її функціонального стану.
- Систему призначено для використання в сімейній і телемедицині для аутентифікації лікарів і пацієнтів за голосовим сигналом.
- Медичні вимоги: система повинна забезпечувати автоматизоване обстеження та оцінювання ступеня готовності об’єкту на основі аналізу

голосового сигналу; повинна забезпечувати акустичний аналіз голосу і діагностування мовних порушень у дітей з затримкою або порушеннями мовного розвитку; повинна забезпечувати виявлення особливостей голосу лікаря і пацієнта при його застосуванні в сімейній і телемедицині

- Канал вимірювання сили і гучності звуку повинен забезпечувати вимірювання тиску видихаємого пацієнтом через голосову щілину повітря та обчислення за психофізичним законом Вебера-Фехнера гучності звуку в дБ:

$$E = k \lg \frac{I}{I_0},$$

де: Е – величина слухового відчуття (гучності) звуку; I – інтенсивність звуку; I_0 – інтенсивність звуку на межі чуття; *к* – деякий коефіцієнт пропорційності, який залежить від частоти та інтенсивності I.

Якщо прийняти *К*=1, то отримаємо формулу для обчислення гучності звуку в дБ:

$$E_{дБ} = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

- Спектральний склад тембру звуку (типу голосу) повинен відповідати таким градаціям: бас – 80-400Гц; баритон – 110-400Гц; тенор – 150-500Гц; контральто – 200-700Гц; колоратурне сопрано – 250-1400Гц.

- Канал спектрального аналізу голосового каналу повинен забезпечувати і визначати:

- кількість гармонік в сигналі;

- амплітуди, частоти початкової фази – для кожної гармоніки;

- відсутність або наявність білого шуму (за наявності – визначають його середньоквадратичне відхилення (СКВ);

- відсутність або наявність постійної складової сигналу.

- Канал фільтрації вхідного дискретного звукового сигналу передбачає його оброблення фільтром для усунення перешкод за такою формулою

$$X_i = \left(X_t - 0,9^*_{t-1} \right) \left[0,54 - 0,46^* \cos\left(\left(i - 6 \right)^* \frac{2^*_n}{180} \right) \right]$$

X_i – множина дискретних значень звукового сигналу.

- Система повинна забезпечувати критеріальне оцінювання звуку та його складових.

- Технічні вимоги:

- Склад апаратної частини системи аутентифікації та оцінювання функціонального стану водія наведений в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Склад апаратної частини системи

№ п/п	Назва складових частин	К-ть	Призначення
1	Мікрофон	1	Запис голосового сигналу
2	Модуль живлення для мікрофона	1	Живлення мікрофона
3	Стерео аудіо-адаптер	1	Комутація мікрофона та аудіо-інтерфейса
4	Аудіо-інтерфейс	1	Дискретизація та оцифрування аналогового сигналу, записаного за допомогою мікрофона
5	Персональний комп'ютер чи ноутбук	1	Підтримка прийняття рішення про функціональний стан людини та його аутентифікацію

- Канал запису голосового сигналу повинен забезпечувати:
- діапазон частот від 20Гц до 20000Гц;
- діапазон амплітуд від -1 до 1 нормованої одиниці;
- середня похибка в діапазоні частот – 0,5 Гц;
- середня похибка в діапазоні амплітуд – 0,05 нормованих одиниць;
- чутливість – (-35дБ);
- зменшення рівня власного шуму – (27 дБА);
- максимальний рівень звукового тиску – 110 дБ SPL;
- коефіцієнт підсилення – 1-1,5.

- Технічні вимоги до ПК.

Мінімальні параметри: процесор з тактовою частотою не нижче 1500 МГц; HDD місткістю не менше 10 ГБ; наявність портів – USB; оперативна пам'ять – не менше ніж 2048 МБ; відеокарта – не менше ніж 128 МБ; VGA монітор з розширенням 1024x768;.

Порядок виконання і звітування

1. Визначити тип фізіологічного сигналу.
2. Розробити структуру системи для реєстрації фізіологічного сигналу з використання каналу бездротової передачі інформації.
3. Розробити вимоги до системи (апаратна та програмна частини).
4. Зібрати макет системи з використанням наданої апаратної бази.
5. Провести тестування системи.
6. Зробити висновки.

Підсумок

Після виконання роботи студенти повинні знати будову систем реєстрації фізіологічних сигналів, загальні підходи до побудови систем, основні вимоги до апаратних засобів.

Лабораторна робота № 2

Розробка та аналіз структури БТС з використанням бездротової передачі даних

Мета і задачі:

Теоретичне і практичне засвоєння методів та засобів реєстрації біосигналів, основні вимоги до проектування біотехнічних систем.

Теоретичні відомості і методичні вказівки

Біотехнічна система (наприклад, накісткового остеосинтезу) фактично (рис. 2.1) складається з декількох автономних модулів, багатофункціональної бази даних, мікрокомп'ютера, програмних та апаратно-програмних інтерфейсів, засобів реєстрації, збереження та відображення даних.

Відмінністю розробленої БТС є наявність у її структурі окремого біотелеметричного модуля (рис. 2.2), конструктивно виконаний у вигляді окремої функціонально-завершеної структури з автономним джерелом живлення, фіксується безпосередньо на металевій пластині фіксатора за допомогою механічного (гвинтового) з'єднання або клею.

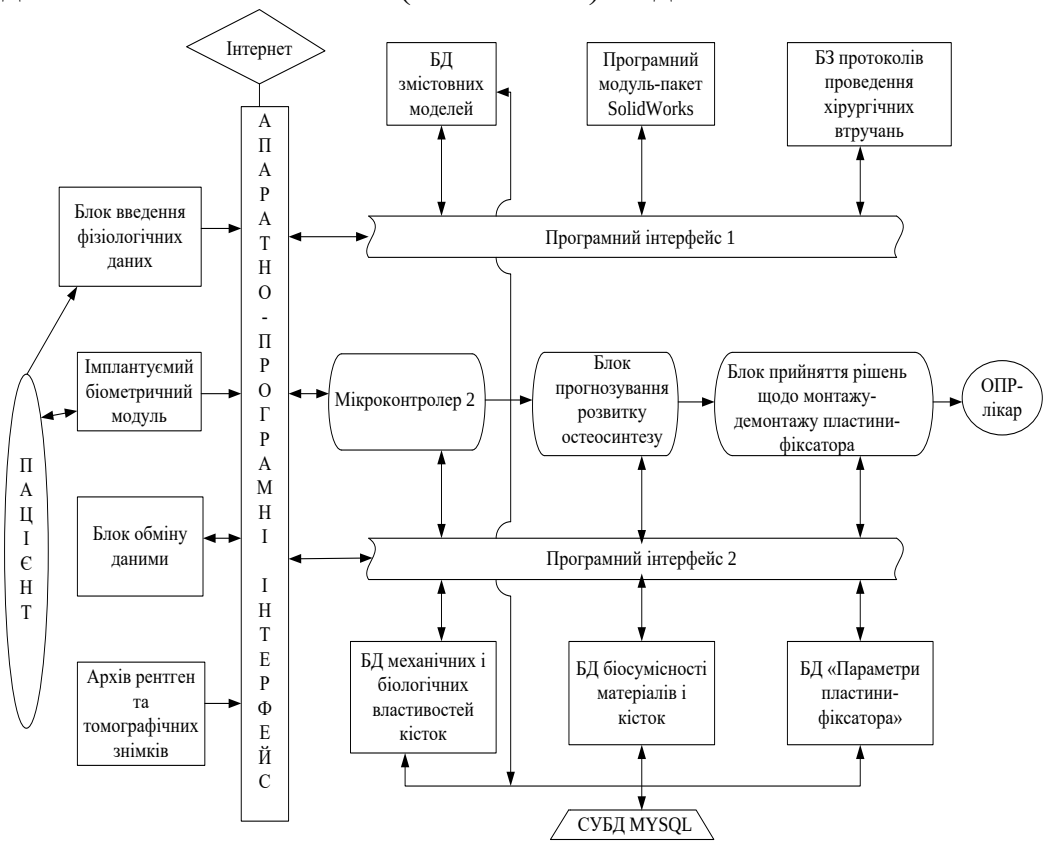


Рисунок 1.1 - Структурна схема біотехнічної системи

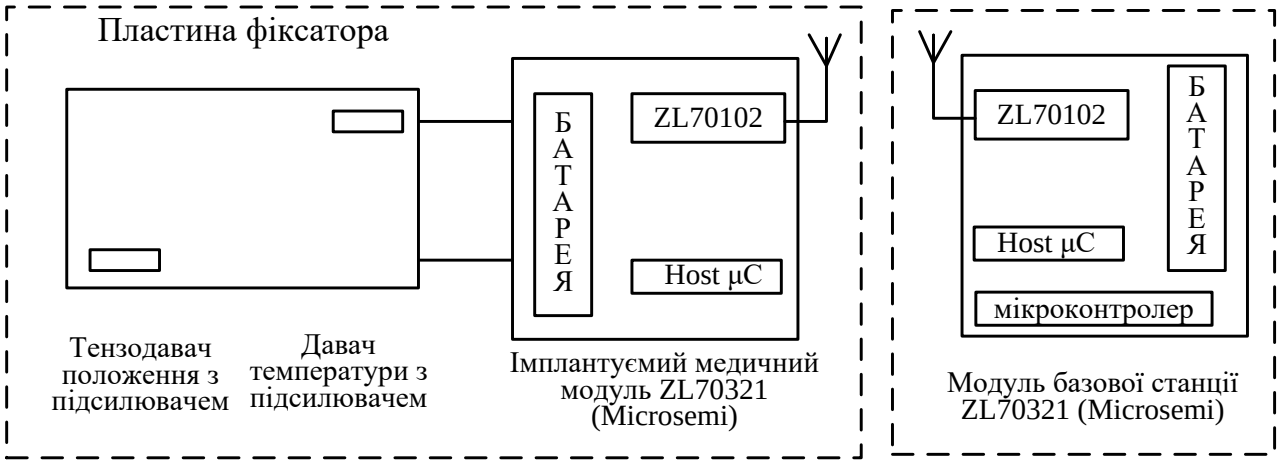


Рисунок 1.2 - Структурна схема біотелеметричного модуля (ІБМ)

Біотехнічна система функціонує в межах визначених, перш за все, предметною областю й цільовою функцією, обмежень, основними серед яких є:

- система повинна давати лише незначні мінімальні неточності результатів досліджень;
- система повинна зберігати цілісність отриманих експериментальних даних в умовах дії негативних зовнішніх впливів і внутрішніх збоїв;
- система повинна відповідати критерію ціна/якість;
- система повинна мати можливість оперативної зміни загальної конфігурації системи, у тому числі зміни структури та функції її апаратного забезпечення;
- система повинна забезпечувати персоніфікований доступ з контролем ідентифікації особистості;
- система повинна мати можливість розширення або зміни структури і змісту баз даних відповідно до нових завдань.

Структурно-функціональна організація програмного модуля БТС представлена на рис. 2.3 і включає інтелектуальний інтерфейс користувача, центральне ядро системи, бази і сховища даних.

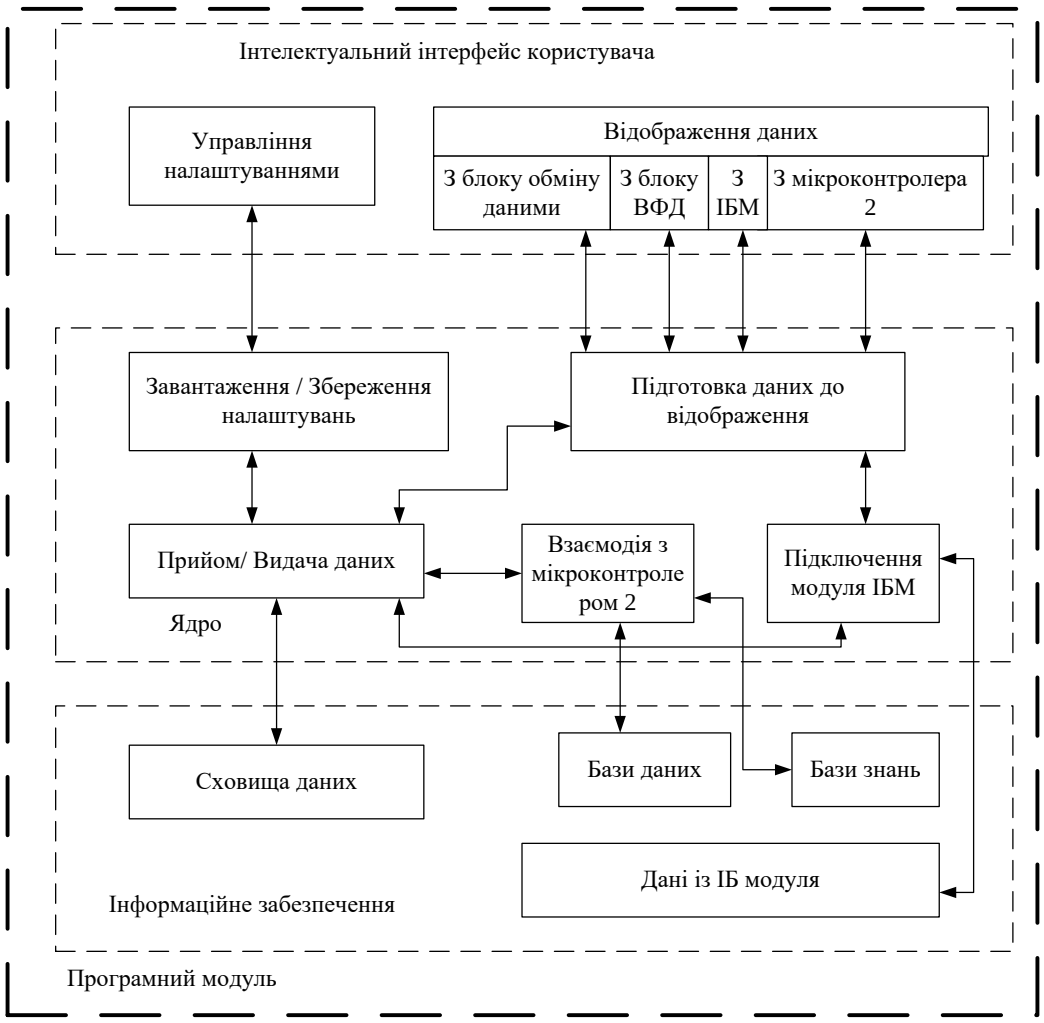


Рисунок 2.3 - Узагальнена схема програмного модуля БТС

Порядок виконання і звітування

1. Визначити типи сигналів.
2. Розробити структуру БТС для реєстрації сигналів з використання каналу бездротової передачі інформації.
3. Розробити вимоги до БТС (апаратна та програмна частини).
4. Зібрати макет системи з використанням наданої апаратної бази.
5. Провести тестування системи.
6. Зробити висновки.

Підсумок

Після виконання роботи студенти повинні знати будову систем реєстрації фізіологічних сигналів, загальні підходи до побудови систем, основні вимоги до апаратних засобів.

Лабораторна робота № 3

Розробка та аналіз структури телемедичної системи

Мета і задачі:

Теоретичне і практичне засвоєння методів та засобів реєстрації біосигналів, основні вимоги до проектування телемедичних систем.

Теоретичні відомості і методичні вказівки

В основі створення будь-якої телемедичної системи повинні бути закладені такі принципи:

– можливість отримання об'єктивної медичної інформації про пацієнта в цифровій формі. Цей принцип реалізується за допомогою застосування сучасних цифрових медичних апаратних засобів або пристроїв перетворення медичних даних в цифрову форму;

– можливість реалізовувати перегляд, зберігання, оброблення, а також збір медичних даних хворого для проведення телемедичних консультацій. Даний принцип здійснюється за допомогою побудови спеціальних телемедичних станцій, що представляють собою програмно-апаратні комплекси, які містять засоби оброблення і зберігання медичних даних, засоби підготовки відомостей та проведення телемедичних консультацій, засоби обліку та реєстрації проведених телемедичних заходів;

– 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 обладнання, яке використовується, та каналів зв'язку, з огляду на те, що підсумковою метою будь-якого телемедичного заходу є відповідне застосування переданої інформації в інтересах хворого.

Вся піддана обробленню інформація зберігається в базах даних різного призначення. До основних БД можна віднести: БД пацієнтів, де знаходиться повна інформація про хворих, в тому числі і історії хвороб в електронному вигляді; БД лікарів, де знаходиться відомості про діагностів і консультантів, місця їх роботи і спеціалізації за професійною діяльностю; БД лікарських засобів, де зберігається інформація про ліки, їх фармакологічні властивості, наявність 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.

*Технічні вимоги до мережі***.**

Мінімальні вимоги до функціональної ТМ:

1. Швидкість мережі – від 100 Мбіт і вище для роботи в «реальному» часі, коли лікар може замовити зображення пацієнта з архіву і тут же його побачити.

2. Відсутність проблеми «останньої ланки».

3. Захищеність мережі за такими вимогами та умовами [32], [21]:

- класичний захист типу firewall, коли сам медичний заклад вибирає, хто до нього може приєднуватися і як. Причому цей вибір обмежений не фізичними рамками мережі, а диктується тільки практичними потребами. Купівля окремого firewall (VPN) сервера цілком вирішує цю задачу.

- при бажанні, до мережі клініки може бути підключений будь-який зовнішній користувач, наприклад, лікар тієї ж клініки, що працює з дому. Захист створюється за допомогою Virtual Private Network.

4. Зв'язок між організаціями здійснюється через шлюзові сервери. Як правило, це окремий МС, виділений для спілкування з зовнішнім світом. Наявність такого МС покращує і ефективність і безпеку внутрішньої мережі клініки.

У структурі телемедичного центру повинен бути адміністратор – людина, здатна стежити за правильністю роботи мережі і своєчасно виправляти всі її збої.

Вимоги до DICOM – забезпечення [25], [21]

DICOM-забезпечення і є той елемент, який зв'язує розрізнені прилади й комп'ютери в єдину медичну мережу. Стандарт DICOM сам по собі досить складний і налічує не один десяток томів. Тому при виборі програмного забезпечення на перше місце повинні бути поставлені чистота, ефективність і простота реалізації DICOM. Структура цієї реалізації також повинна збігатися зі структурою ТМС: програма для сервера (МС), робочої станції (РС) і віддаленої станції (ДРС).

Устаткування і мережа

У мінімальному обсязі, як уже було сказано, ТМС можна створити вже на базі існуючого комп'ютерного обладнання. Будь-який нормальний ПК може бути використаний як в МС, так і в РС (не кажучи вже про ДРС, де будь-який ПК підійде за визначенням).

Удосконалення обладнання буде диктуватися винятково навантаженням на нього. Добре відомо, що одна цифрова рентгенограма займає 10МБ, одна МР-томограма - 0,1-0,5МБ (але їх може бути 20-100), що КТ вимагає 12 біт на піксель, і т.д.

Найбільш повно сформульованим принципам, концепції і вимогам відповідає структура телемедичної системи (рис.3.1), яку ми і приймаємо за

основу розробляємої в дисертаційній роботі телемедичної мережі.

Структурно-функціональна організація телемедичної системи, наведена на рис. 3.2. 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.

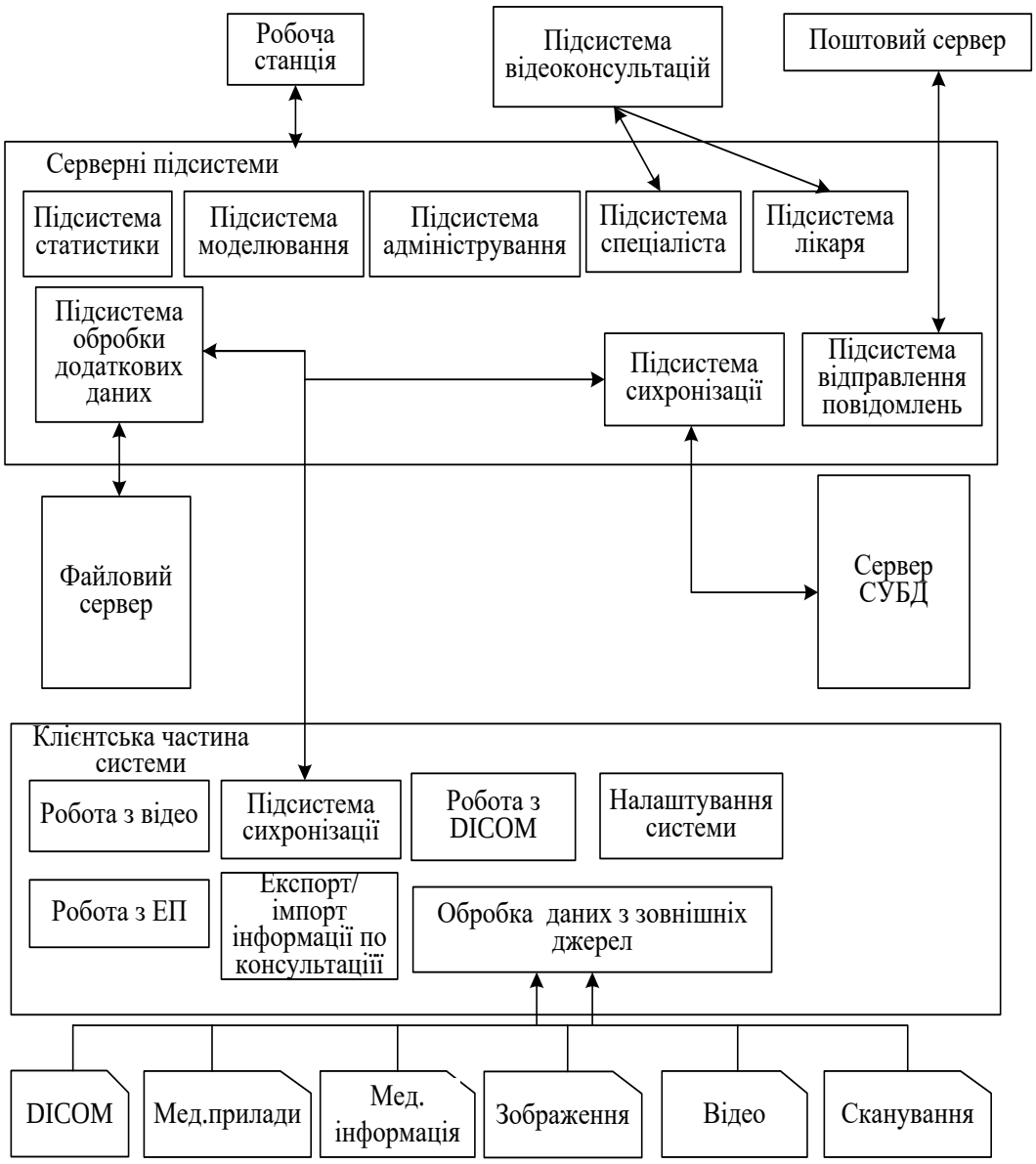


Рисунок 3.1 – Структура телемедичної системи

До складу системи також входить каналоутворююче середовище, сервери СУБД, поштовий і діалоговий, підсистема допуску і контролю обміну даними, підсистема синхронізації.

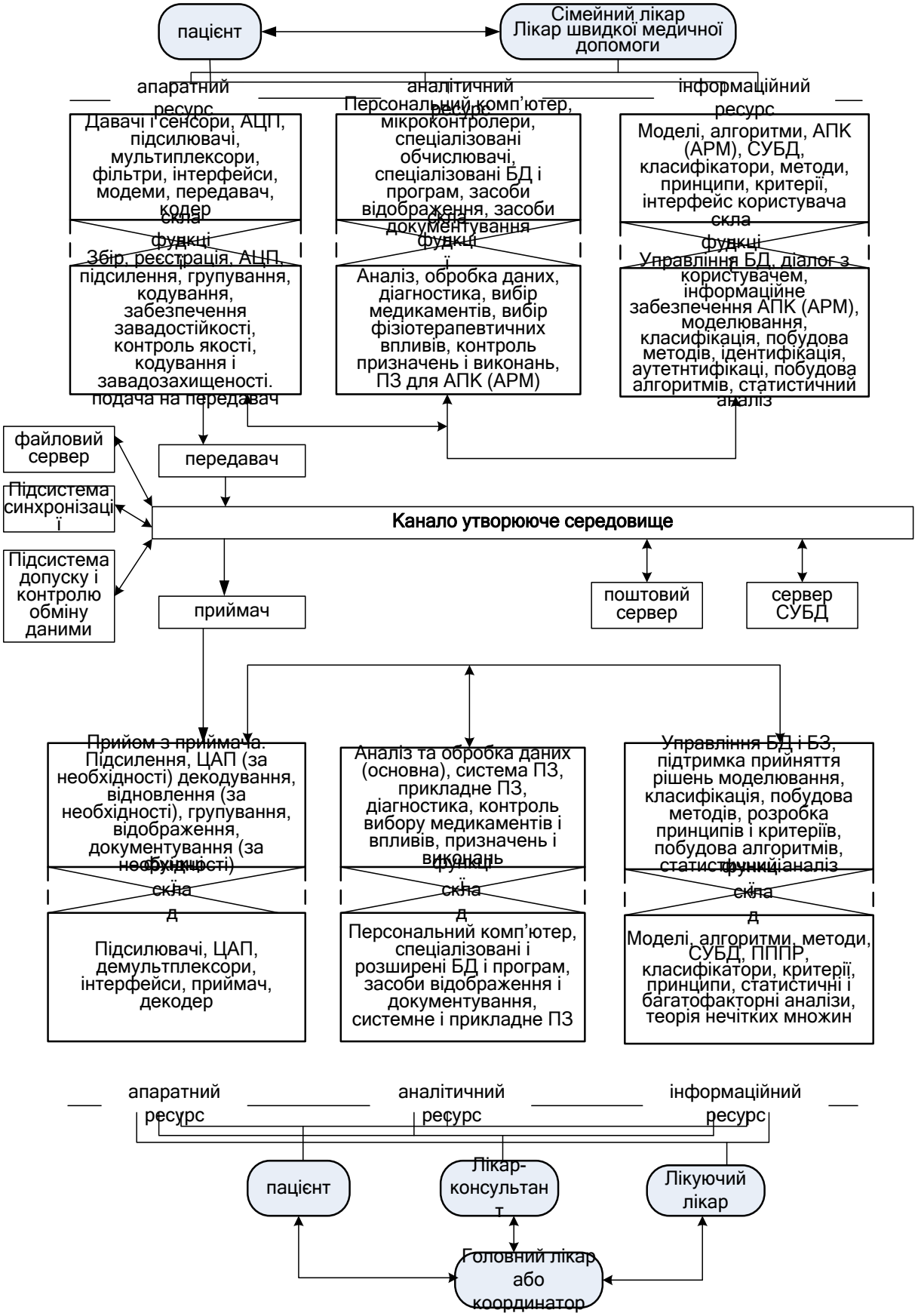


Рисунок 3.2 – Структурно-функціональна організація телемедичної мережі

Харктерною ознакою більшості телемедичних, т. ч. і опто-волоконних мережі систем є наявність типових операцій, пов'язаних з отриманням, обробленням, поданням і передачею інформації. У загальному вигляді структуру, що здійснює оброблення і передачу інформації в телемедичній системі можна представити моделлю інформаційного каналу (рис. 3.3), в якій на вхід надходить аналоговий векторний сигнал (повідомлення) X(t), з довільного джерела, наприклад, медичного діагностичного приладу, який далі дискретизується, квантується і кодується.

Далі сигнал в цифровій формі подається на пристрій попереднього оброблення повідомлень, в якому виконується фільтрація, стиснення сигналу та обчислення параметрів сигналу. Остання операція може бути використана, якщо одержувача не цікавить вихідний сигнал в цілому, а тільки окремі його параметри. Водночас, обчислення характеристик сигналу дає можливість згрупувати потоки повідомлень відповідно до їх динамічних характеристик. Пристрій групування потоків повідомлення формує загальний канальний сигнал, який надходить на пристрій завадостійкого кодування і, далі, в передавальний пристрій, де модулює несучу частоту. Поширюючись по каналу сигнал спотворюється шумами і завадами, які мають адитивну та мультипликативну складову і надходить на пристрій декодування, після якого відбувається виділення інформаційних повідомлень. На останньому етапі оброблення відбувається відновлення вихідних сигналів та обчислення параметрів сигналів, необхідних користувачеві.

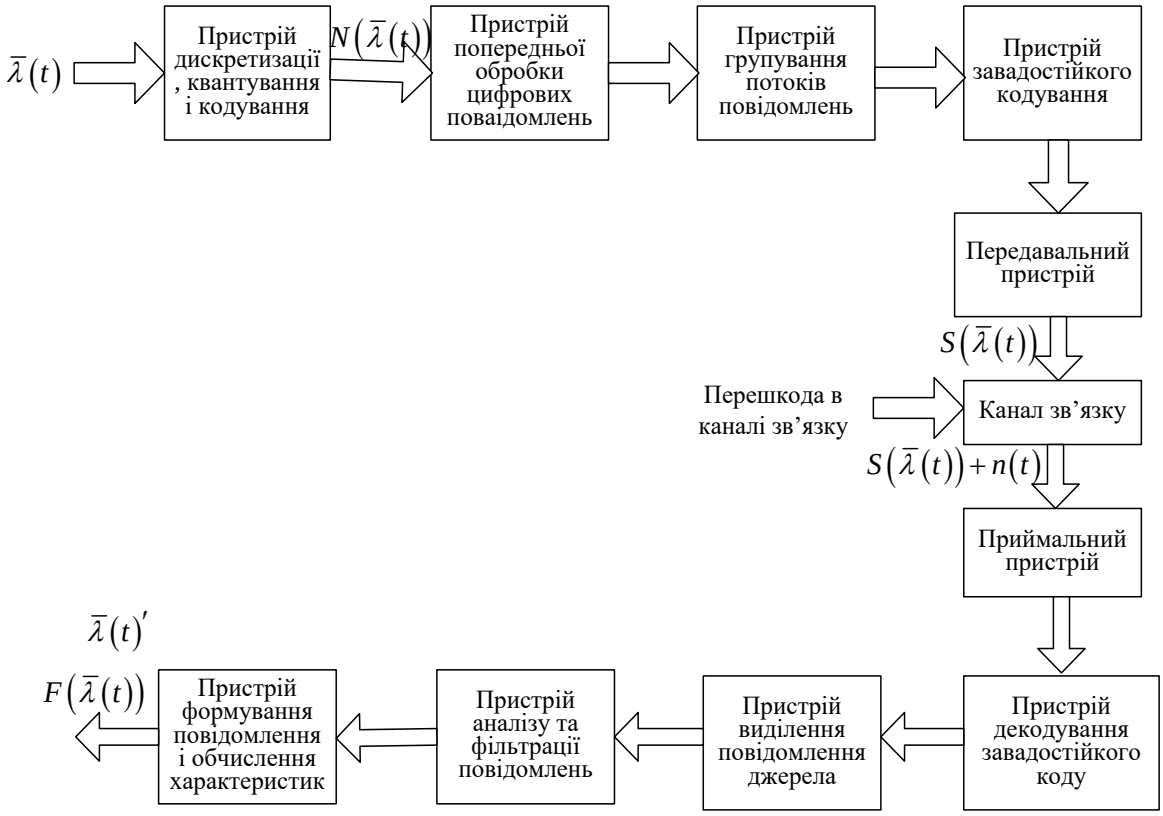


Рисунок 3.3 – Модель інформаційного каналу телемедичної системи

Порядок виконання і звітування

1. Визначити типи ТМС.
2. Розробити структуру ТМС з використання каналу бездротової передачі інформації.
3. Розробити вимоги до ТМС (апаратна та програмна частини).
4. Зібрати макет системи з використанням наданої апаратної бази.
5. Провести тестування системи.
6. Зробити висновки.

Підсумок

Після виконання роботи студенти повинні знати ТМС, загальні підходи до побудови ТМС, основні вимоги до апаратних засобів ТМС.

Список літератури

1. Wireless telecommunication systems / Terré, Michel, et al. - Wiley, 2013. - 212 p.

2. Telemedicine technologies: Information technologies in medicine and telehealth / Fong, B., Fong, A. C. M., & Li, C. K. - John Wiley & Sons, 2011. - 260 p.

3. Pahlavan, K. Principles of Wireless Networks: A Unified Approach / Pahlavan, K., Krishnamurthy, P. - Prentice Hall PTR, 2011. – 608 p.

4. Millimeter Wave Wireless Communications / Rappaport, T. S., Heath Jr, R. W., Daniels, R. C., & Murdock, J. N. - Pearson Education, 2015. – 260 p.

5. Security and privacy for mobile healthcare networks / Zhang, K., Shen, X. S. - Springer, 2015. - 117 с.

6. Беспроводные сети. Первый шаг : Пер. с англ. — М. : Издательский дом "Вильяме", 2005. — 192 с.

7. Сучасні інформаційні технології в науці та освіті / С. М. Злепко, С. В. Тимчик, І.В.Федосова та ін. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 146 с.

8. Абакумов В. Г. Реєстрація, обробка та контроль біомедичних сигналів : навчальний посібник / В. Г. Абакумов, С. М. Злепко, З. Ю. Готра та ін. — Вінниця : ВНТУ, 2011. — 352 с.

9. Mobile and Wireless Technologies / Kim, K. J., Joukov, N. (Eds.). - Springer, 2017. – 655 p.

10. Інформаційні технології в біології та медицині. Курс лекцій: навчальний посібник / Гриценко В.І., Котова А.Б., Вовк М.І., Кіфоренко С.І., Бєлов В.М. - К: Наук. думка, 2015. - 382 с.

11. Wireless Health / Wang, H., Mahmud, M. S., Fang, H., & Wang, C. - Springer, 2011. – 53 p.

This project has been funded with support from the European Commission. This publication / communication reflects the views only of the author, and the Commission

cannot be held responsibility for any use which may be made of the information contained therein.