

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»
протокол від 19 травня 2026 р.
№ 4

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
для проведення лабораторних занять
з навчальної дисципліни
«Основи мережевих інформаційних технологій, телемедицина»
Частина 2. Телемедицина
для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності G22 «Біомедична інженерія»
освітньо-професійна програма «Біомедична інженерія»
факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
кафедра комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях

Рекомендовано на засіданні
кафедри комп'ютерних
технологій у медицині та
телекомунікаціях
8 квітня 2026 р., протокол № 3

Розробник: к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних технологій у медицині та
телекомунікаціях КОРЕНІВСЬКА Оксана,
старший викладач кафедри комп'ютерних технологій у медицині та
телекомунікаціях МОРОЗОВ Дмитро

Житомир
2026

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 2

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Лабораторна робота 1 Дослідження та аналіз медичних інформаційних систем	4
Лабораторна робота 2 Знайомство з телемедичними сервісами України	6
Лабораторна робота 3 Аналіз медичних повідомлень стандарту HL7.....	11
Лабораторна робота 4 Дослідження структури медичних DICOM-файлів...	14
Лабораторна робота 5 Розрахунок вмісту та формування фрейму і пакета біомедичних даних.....	20
Лабораторна робота 6 Розрахунок пропускної здатності каналу для передачі сигналу ЕКГ.....	23
Лабораторна робота 7 Розробка та аналіз структури телемедичної системи	27
Лабораторна робота 8 Проектування бездротової локальної телемедичної мережі.....	31
Лабораторна робота 9. Зчитування та передача даних пульсу та сатурації крові.....	51
Лабораторна робота 10 Отримання практичних навичок роботи з телемедичними приладами на прикладі телемедичного монітора Health Monitor HC-03.....	59

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 3

Вступ

Сучасний розвиток інформаційно-комунікаційних технологій, цифрових платформ та засобів дистанційного моніторингу фізіологічного стану людини зумовив стрімке впровадження телемедицини у практичну охорону здоров'я. Телемедицина є одним із найбільш перспективних напрямів цифрової трансформації медицини, що забезпечує можливість дистанційного надання медичних послуг, оперативного обміну медичною інформацією, консультування пацієнтів та організації безперервного моніторингу життєво важливих показників.

Для фахівців у галузі біомедичної інженерії телемедицина є міждисциплінарною сферою, яка поєднує знання з медичної електроніки, телекомунікацій, програмування, обробки біомедичних сигналів, інформаційної безпеки та медичних інформаційних систем. Саме тому підготовка майбутніх біомедичних інженерів передбачає не лише засвоєння теоретичних основ функціонування телемедичних систем, а й формування практичних навичок аналізу, проєктування, моделювання та експлуатації відповідних апаратно-програмних комплексів.

Лабораторні роботи з блоку «Телемедицина» спрямовані на формування у здобувачів вищої освіти практичних компетентностей щодо:

- вивчення принципів побудови телемедичних систем;
- дослідження архітектури сучасних телемедичних платформ;
- роботи з цифровими медичними даними;
- аналізу параметрів передачі біомедичної інформації;
- розрахунку пропускну здатності каналів зв'язку;
- формування та передачі пакетів медичних даних;
- оцінювання затримок та якості передавання інформації;
- роботи з телеметричними біомедичними пристроями;
- аналізу стандартів медичного обміну даними;
- оцінювання надійності та безпеки телемедичних систем.

Методичні вказівки містять опис лабораторних робіт, теоретичні відомості, порядок виконання завдань, розрахункові формули, приклади розв'язання типових задач, контрольні запитання та рекомендації щодо оформлення результатів досліджень.

Під час виконання лабораторних робіт студенти набувають навичок практичного застосування сучасних телекомунікаційних та інформаційних технологій для вирішення прикладних задач дистанційної медицини, що є важливою складовою професійної підготовки фахівців спеціальності «Біомедична інженерія».

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 4

Лабораторна робота 1

Дослідження та аналіз медичних інформаційних систем (МІС)

Мета роботи: Ознайомитися з принципами функціонування медичних інформаційних систем, дослідити їх структуру, функціональні можливості, інтерфейс користувача, технічні характеристики та провести порівняльний аналіз сучасних МІС, що використовуються в Україні.

Теоретичні відомості

Медична інформаційна система (МІС) — це програмно-апаратний комплекс, призначений для автоматизації процесів управління медичною інформацією, обліку пацієнтів, ведення електронної медичної документації та забезпечення взаємодії між медичними працівниками.

МІС забезпечують:

- зберігання медичних даних;
- обробку клінічної інформації;
- автоматизацію документообігу;
- підтримку прийняття клінічних рішень;
- інтеграцію з національними і системами охорони здоров'я.

Основні функції МІС

Реєстраційна функція	Діагностична функція	Управлінська функція	Телемедична функція
Забезпечує:	Дозволяє:	Включає:	Передбачає:
– реєстрацію пацієнтів;	– зберігати результати досліджень;	– управління персоналом;	– дистанційні консультації;
– формування електронної картки;	– працювати з лабораторними даними;	– планування графіків;	– передачу біомедичних даних;
– ведення історії звернень.	– переглядати діагностичні зображення.	– статистичну звітність.	– інтеграцію з телемедичними пристроями.

Типова МІС складається з:

Серверної частини	Клієнтської частини	Інтеграційного модуля
Забезпечує:	Реалізується у вигляді:	Забезпечує обмін із:
– зберігання баз даних;	– веб-інтерфейсу;	– eHealth
– обробку інформації;	– десктопного застосунку;	– лабораторними системами;
– резервування.	– мобільного додатку.	– телемедичними платформами;
		– діагностичним обладнанням.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 5

На сьогодні в Україні зареєстровано та функціонує багато медичних інформаційних систем (МІС). Всі вони мають співпрацювати з електронною системою охорони здоров'я в Україні (ЕСОЗ або eHealth) <https://ehealth.gov.ua/>.

Електронна система охорони здоров'я – багатокомпонентна інформаційно-телекомунікаційна система, що забезпечує автоматизацію ведення обліку медичних послуг та управління медичною інформацією в електронному вигляді. До її складу входять центральна база даних, в якій зберігається вся медична інформація про всіх зареєстрованих в ній пацієнтів та медичні інформаційні системи (МІС) (дозволяють лікарям вносити медичні записи, створювати електронні направлення, виписувати електронні рецепти тощо) між якими забезпечено автоматичний обмін даними через відкритий програмний інтерфейс (API).

Завдання роботи

1. Ознайомитися з поняттям медичної інформаційної системи та зробити огляд сучасних МІС України;
2. Проаналізувати архітектуру систем, дослідити функціональні модулі та функціональні можливості, зручність використання;
3. Визначити можливості інтеграції з телемедичними платформами;
4. Провести порівняльний аналіз МІС України;
5. Сформувати висновки щодо ефективності використання МІС.

У звіті необхідно представити:

Ознайомлення з інтерфейсом МІС. Аналіз функціональних модулів. Аналіз технічних характеристик. Інтеграція з eHealth. Дослідження телемедичних можливостей.

Для кожної системи визначити: тип інтерфейсу; зручність навігації; адаптивність; тип архітектури; хмарна/локальна архітектура; рівень захисту; резервне копіювання; масштабованість; підтримку відеоконсультацій; інтеграцію з wearable-пристроями; передачу показників моніторингу; мобільний доступ, тощо

Представити порівняльний аналіз МІС.

Контрольні питання

1. Що таке МІС?
2. Які основні модулі має МІС?
3. Чим МІС відрізняється від телемедичної платформи?
4. Для чого потрібна інтеграція з eHealth?
5. Які вимоги до захисту медичних даних?
6. Які переваги хмарних МІС?
7. Як МІС взаємодіє з біомедичним обладнанням?
8. Які перспективи розвитку МІС в Україні?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 6

Лабораторна робота 2

Знайомство з телемедицинними сервісами України

Мета роботи: ознайомитися з електронними сервісами надання медичних послуг в Україні. Визначити призначення, функціональні можливості, особливості користування. Огляд сервісів для телемедицини.

Теоретичні відомості.

Телемедицина – це комплекс організаційних, фінансових та технологічних заходів, що забезпечують дистанційне надання медичних послуг із використанням телекомунікаційних технологій.

Телемедицина – це сукупність впроваджуваних, «вбудованих» в медичні інформаційні системи, принципово нових засобів і методів обробки даних, що об'єднуються в цілісні технологічні системи, забезпечують створення, передачу, зберігання і відображення інформаційного продукту з найменшими витратами з метою проведення необхідних і достатніх лікувально-діагностичних заходів, а також навчання, для всіх, хто потребує них в потрібному місці і в потрібний час.

Телемедицинні системи дозволяють:

- проводити дистанційні консультації;
- здійснювати медичний моніторинг;
- передавати діагностичні дані;
- зберігати медичну інформацію;
- організовувати взаємодію між лікарями.

Основними напрямками телемедицини є:

1 Телемедичне консультування – дистанційна консультація лікаря.

2 Телемоніторинг – безперервний контроль фізіологічних параметрів пацієнта.

3 Теледіагностика – передача діагностичних даних для аналізу.

4 Телереабілітація – дистанційний контроль процесу реабілітації.

Розвиток телемедицини в Україні активізувався завдяки:

- цифровізації охорони здоров'я;
- розвитку eHealth;
- потребам військової медицини;
- необхідності дистанційного доступу до медичних послуг;
- розвитку приватних медичних цифрових платформ.

Основні сервіси телемедицини України

eHealth. Національна електронна система охорони здоров'я.
Електронна система охорони здоров'я – багатокомпонентна інформаційно-телекомунікаційна система, що забезпечує автоматизацію ведення обліку медичних послуг та управління медичною інформацією в електронному

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 7

вигляді. До її складу входять центральна база даних, в якій зберігається вся медична інформація про всіх зареєстрованих в ній пацієнтів та медичні інформаційні системи (МІС) (дозволяють лікарям вносити медичні записи, створювати електронні направлення, виписувати електронні рецепти тощо) між якими забезпечено автоматичний обмін даними через відкритий програмний інтерфейс (API).

Особистий кабінет пацієнта в e-Health

Наразі пацієнту доступний кабінет в медичній інформаційній системі якою користується лікарня в якій він пройшов реєстрацію в eHealth та підписав декларацію з сімейним лікарем. В цей кабінет підтягуються дані про декларацію, вакцинацію, прийоми у лікаря та інша медична інформація.

Можливості:

- ведення електронних медичних записів;
- електронні направлення;
- електронні рецепти;
- інтеграція медичних закладів;
- обмін даними між лікарями.

Переваги

- державна підтримка;
- централізованість;
- масштабованість.

Недоліки

- обмежений функціонал для відеоконсультацій;
- залежність від інтеграції МІС.

Helsi. Онлайн-сервіс запису до лікаря та дистанційних консультацій. Це найбільша в Україні медична інформаційна система, створена для пацієнтів, лікарів, державних та приватних медичних закладів. Зараз нею користуються понад 1 300 закладів охорони здоров'я (72 % по всій Україні) та 49 000 лікарів різних ланок медичної допомоги по всій Україні. Системою користується понад 24 мільйони українців, що становить 55 % населення країни. Медична інформаційна система Helsi допомагає пацієнтам отримувати послуги як у державних, так і в приватних клініках, бачити свої медичні дані та рідних, записуватись на вакцинацію, до лікаря, бронювати ліки, переглядати рецепти, завчасно почитати інформацію про клініку чи фахівця та отримати онлайн-консультацію.

Можливості

- запис до лікаря;
- онлайн-консультації;
- доступ до медичної історії;
- перегляд рецептів;
- електронні направлення.
- перегляд результатів аналізів та діагностики;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 8

- переглядати призначення лікаря та план лікування;
- запис на щеплення.

Переваги

- простий інтерфейс;
- популярність;
- мобільний доступ.

Недоліки

- залежність від медичного закладу;
- не всі функції доступні в усіх регіонах.

helsi.me – сервіс для пацієнтів. Користуватися системою можна двома способами: на сайті або за допомогою застосунку для смартфона (Android, iOS). Спочатку необхідно увійти в систему, вказавши свій номер телефону та ім'я.

Helsi зберігає всю дані в дата-центрі, який отримав сертифікат комплексної системи захисту інформації від Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України. Обробка персональної інформації громадян відбувається в правовому полі України.

MIC Helsi – найбільша медична інформаційна система країни, підключена до електронної системи охорони здоров'я (eHealth). Завантаження та використання додатка MIC Helsi для пацієнта є абсолютно безкоштовним.

Мобільний додаток лікаря Helsi.pro – простий інструмент для ефективної роботи медичних працівників, що працюють з MIC Helsi.

В умовах відключень електроенергії та частої відсутності зв'язку, додаток Helsi.pro допоможе лікарю завжди мати можливість зберегти потрібні дані, заповнити прийом чи навіть провести онлайн-консультацію.

Система Медбрама. Телемедична платформа містить два взаємопов'язані модулі: медичний портал MedBrama та мобільний додаток «Пошук лікаря».

Портал MedBrama призначений винятково для лікарів. Його основна функція – телемедицина, портал надає такі функції як телемедичні консультації, телеметрія та дистанційний нагляд за пацієнтом. Крім того, MedBrama забезпечує низку інструментів, які допомагають лікареві розширити коло пацієнтів і при цьому економити час та зручно організувати робочий процес. Щоб користуватися порталом, не потрібно ніякого додаткового обладнання та програмного забезпечення – достатньо лише комп'ютера та доступу в інтернет.

Реєстрація в телемедичній системі MedBrama безкоштовна. Втім, в системі можуть бути зареєстровані лише медичні заклади та ФОП, що отримали ліцензію з медичної практики в установленому законом порядку. Якщо лікар працює у медичному закладі й планує користуватися сервісами

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 9

MedBrama, необхідно, щоб цей заклад був зареєстрований у системі. Після цього він отримує можливість створити свій профіль.

Разом з тим, ФОП, що має відповідну ліцензію на медичну практику, може зареєструватися в системі окремо від медичного закладу.

Кожен лікар в системі MedBrama може виступати як консультант і як лікар, що надає консультації. Ці функції доступні в інтерфейсі програми кожному користувачу.

Мобільний додаток «Пошук лікаря». Якщо портал MedBrama призначений для лікарів, то безкоштовний мобільний додаток – для пацієнтів. В цьому додатку пацієнти можуть знайти фахівця за потрібними параметрами (спеціальність, стаж роботи, назва клініки або за геолокацією) і записатися на консультацію до вибраного лікаря. Також вони мають можливість використовувати додаток в якості персональної медичної картки, зберігаючи в особистому профілі необхідні файли.

Обов'язковою умовою для користування сервісами є наявність персонального номера мобільного телефону, за допомогою якого пацієнт авторизується в додатку.

Під час запису на консультацію, або перед онлайн консультаціями з лікуючим лікарем користувач може передавати йому інформацію у вигляді текстового чату, фотографій, необхідних документів (результати діагностики, лабораторних аналізів тощо), а також у вигляді аудіофайлу (не більше 30 секунд).

У додатку також реалізована функція телемедичного контролю з боку лікаря. Завдяки цій функції пацієнт має можливість підтримувати постійний online-зв'язок зі своїм лікарем. Це особливо важливо, коли мова йде про хронічні захворювання, складні патології або післяопераційні випадки, що вимагають спостереження за ходом лікування навіть за межами стаціонару.

«ASKEP.NET»

«ASKEP.NET» реалізує національну програму цифрової трансформації системи охорони здоров'я в якості медичної інформаційної системи, яка спеціалізується на медичному програмному забезпеченні та надає комплексні рішення для автоматизації медичних центрів, як державного так і комерційного сегменту. «ASKEP.NET» одна із небагатьох систем на ринку, яка відтворює повноцінний документообіг в медичній установі; відповідає стандартам Національної служби здоров'я України, HL7 протоколу та працює із DICOM форматом.

Основні функції «Askep.net» :

- Швидкий онлайн-запис на прийом до будь-якого лікаря.
- Впровадження контролю за процесом лікування та цілодобовий доступ пацієнта до історії хвороб.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 10

– Надання рекомендацій у автоматичному режимі за допомогою інтерактивної системи аналізу даних пацієнта: акцентування уваги на конкретних показниках аналізів у випадку їх відхилення від норми, альтернативні медикаменти, зміни графіку прийому та рейтингу лікарів, тощо.

Поліклініка без черг

Це медична інформаційна система, яка була впроваджена в рамках медичної реформи. Спочатку система працювала як онлайн-сервіс для запису до лікарів, а з початком пандемії запустила нову функцію онлайн-консультацій. На сьогодні до платформи приєдналися понад **17 000** лікарів та **2,9** млн пацієнтів.

Щоб потрапити до потрібного лікаря, пацієнту не потрібно встановлювати спеціальні додатки – достатньо створити на сайті свій кабінет та вибрати зручний час.

Телемедичні сервіси військової медицини України

Напрями:

- дистанційні консультації фронтової медицини;
- передача діагностичних даних;
- координація евакуації;
- польовий моніторинг стану поранених.

Інші сервіси та платформи телемедицини: МІС"МЕДЕЙР", Medics, Doctor Online, Medinet, Telemed24, Medikit, LeoDoc, ONDOC, Лікар Лікує, Платформа UATeleMD, iBolit, Doc.ua.

Завдання роботи

1. Дослідити основні телемедичні платформи України, визначити їх функціональне призначення;
2. Проаналізувати технічні можливості та зручність використання;
3. Провести порівняльний аналіз сервісів;
4. Сформулювати рекомендації щодо їх використання.
5. Отримати практичні навички роботи з одним з таких сервісів.

Контрольні питання

1. Що таке телемедицина?
2. Які основні напрями телемедицини?
3. Яка роль eHealth в Україні?
4. Чим відрізняються приватні та державні телемедичні сервіси?
5. Які вимоги до телемедичних платформ?
6. Які ризики виникають при використанні телемедицини?
7. Які перспективи розвитку телемедицини в Україні?
8. Як біомедичний інженер бере участь у розвитку телемедицини?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 11

Лабораторна робота 3. Аналіз медичних повідомлень стандарту HL7

Мета роботи: Ознайомитися зі стандартом HL7 (Health Level Seven), навчитися відкривати та аналізувати структуру медичних повідомлень, визначати їх сегменти та інформаційні поля.

Теоретичні відомості

HL7 (Health Level Seven) – міжнародний стандарт обміну медичною інформацією між інформаційними системами охорони здоров'я.

Стандарт використовується для передачі даних між:

- лікарняними інформаційними системами (HIS);
- лабораторними системами (LIS);
- радіологічними системами (RIS);
- системами телемедицини;
- електронними медичними картками (EMR).

HL7 дозволяє передавати:

- дані пацієнта;
- результати аналізів;
- призначення лікаря;
- дані госпіталізації;
- результати діагностичних досліджень.

Структура HL7 повідомлення

HL7 повідомлення складається з **сегментів**. Кожен сегмент починається з трилітерного коду.

Сегмент	Значення
MSH	Заголовок повідомлення
PID	Дані пацієнта
PV1	Дані госпіталізації
ORC	Призначення
OBR	Запит на дослідження
OBX	Результати досліджень

Приклад:

```
MSH|^~\&|HIS|Hospital|LAB|LabSystem|202402101200||ADT^A01|123456|P|2.3
PID|1||12345||Ivanov^Ivan||19800101|M||Kyiv
PV1|1|I|Ward^101^1|||1234^Petrenko^Oleg
```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 12

Для аналізу HL7 можна використати:

- HL7 Inspector,
- 7Edit HL7 Editor,
- Notepad++,
- HL7 Message Viewer (онлайн),
- HL7 Sender / Receiver,
- HL7Spy .

Онлайн аналізатор: <https://hl7-definition.caristix.com>.

Або простий текстовий редактор.

Джерела файлів

Sample HL7 messages (Priority Health)

HL7 message samples (Enterprise Health)

HL7 sample dataset (STC documentation)

HL7 sample messages + parser

Хід роботи

1. Скачати HL7 повідомлення.

Приклад HL7 файлу:

```
MSH|^~\&|HospitalSystem|CityHospital|LabSystem|Lab|202503101030||ORU^R01|MSG00001|P|2.3
PID|1||10001^^Hospital||Petrenko^Oksana||19890512|F|||Zhytomyr
PV1|1|0|Clinic^101
OBR|1||12345|Blood test
OBX|1|NM|Hemoglobin||135|g/L|120-160|N
OBX|2|NM|Glucose||5.2|mmol/L|3.5-6.1|N
```

2. Відкрити файл у редакторі. Визначити: кількість сегментів, тип повідомлення.

3. Провести аналіз сегментів та заповнити таблицю.

№	Сегмент	Призначення
1	MSH	
2	PID	
3	PV1	
4	OBR	
5	OBX	

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 13

4. Провести аналіз даних пацієнта. З сегмента PID визначити:

Параметр	Значення
ID пацієнта	
Прізвище	
Ім'я	
Дата народження	
Стать	
Адреса	

5. З сегментів OBX визначити:

Показник	Значення	Одиниці

Оцінити чи знаходяться результати у межах норми.

6. Оформити звіт за результатами роботи

Контрольні питання

1. Що таке стандарт HL7?
2. Для чого використовується HL7 у медицині?
3. Що таке сегмент HL7 повідомлення?
4. Який сегмент містить дані пацієнта?
5. Який сегмент містить результати аналізів?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 14

Лабораторна робота 4

Дослідження структури медичних DICOM-файлів

Мета роботи: Ознайомитися з форматом DICOM, навчитися відкривати медичні зображення та аналізувати їхні метадані.

Теоретичні відомості

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) – міжнародний стандарт для зберігання та передачі медичних зображень.

DICOM-файл містить: медичне зображення, інформацію про пацієнта, параметри дослідження, параметри апарату.

Структура файлу DICOM досить чітко визначена стандартом. Якщо спростити: це контейнер, у якому зберігається медичне зображення + повний набір службової інформації про пацієнта, дослідження, обладнання та параметри зйомки.

Загальна структура DICOM-файлу

DICOM-файл складається з 4 основних частин:

1. Preamble (Преамбула). 128 байт. Це службова область. Вона може використовуватись для сумісності з іншими форматами або залишатися нульовою.

Приклад:

00 00 00 00 ... (128 байт)

2. Prefix. Після преамбули йде сигнатура: DICM, 4 байти. Вона показує, що файл належить до формату DICOM.

Отже початок файлу:

[128 байт preamble][DICM]

3. Metadata (File Meta Information). Це службові дані про сам файл.

Містить:

- версію формату;
- UID;
- тип передачі;
- клас SOP;
- кодування.

Приклади полів:

Tag	Назва
(0002,0000)	File Meta Information Group Length
(0002,0001)	File Meta Information Version
(0002,0002)	Media Storage SOP Class UID
(0002,0003)	Media Storage SOP Instance UID
(0002,0010)	Transfer Syntax UID

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 15

4. Data Set (Основний набір даних). Це головна частина файлу. Тут знаходяться:

Дані пацієнта

Tag	Поле
(0010,0010)	Ім'я пацієнта
(0010,0020)	ID пацієнта
(0010,0030)	Дата народження
(0010,0040)	Стать

Дані дослідження

Tag	Поле
(0008,0020)	Дата дослідження
(0008,0030)	Час дослідження
(0008,0060)	Тип модальності

Дані обладнання

Tag	Поле
(0008,0070)	Виробник
(0008,1090)	Модель

Параметри зображення

Tag	Поле
(0028,0010)	Rows
(0028,0011)	Columns
(0028,0100)	Bits Allocated
(0028,0101)	Bits Stored

Pixel Data

Ключовий тег: **(7FE0,0010)**

Саме тут лежить зображення. Це може бути:

- 2D-знімок,
- набір зрізів,
- 3D-об'єм,
- Відео послідовність.

Як виглядає структура Data Element

Кожен елемент має однакову структуру.

Tag – 2 числа: (Group, Element).

Наприклад: (0010,0010)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 16

VR (Value Representation)

Тип даних.

Приклади:

VR	Значення
PN	Person Name
DA	Date
TM	Time
UI	UID
CS	Code String
US	Unsigned Short
OB	Byte Data

Length - довжина поля.

Value - саме значення.

Схема:

[TAG][VR][Length][Value]

Приклад реального DICOM-елемента

Ім'я пацієнта:

(0010,0010) PN 12 "IVANENKO^IVAN"

де:

- (0010,0010) – тег;
- PN – тип;
- 12 – довжина;
- IVANENKO^IVAN – значення.

Ієрархія даних у DICOM

Стандарт організований як:

Patient

↓

Study

↓

Series

↓

Instance

Пацієнт

→ КТ грудної клітки

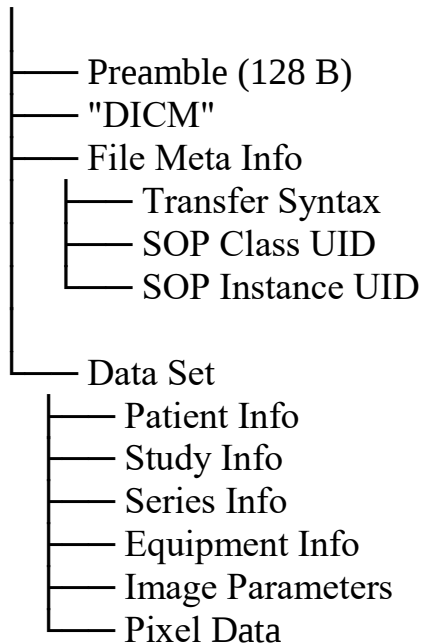
→ Серія аксіальних зрізів

→ окремий зріз №45

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 17

Спрощена схема DICOM-файлу

DICOM FILE



Кодування типів (модальностей) медичних зображень:

EPS – електрофізіологія серця;
 CR – комп'ютерна рентгенографія;
 CT – комп'ютерна томографія;
 DX – цифрова рентгенографія;
 ECG – електрокардіографія;
 ES – ендоскопія;
 XC – зовнішня фотографія;
 GM – мікроскопія загального призначення;
 MR – магнітно-резонансна томографія;
 MG – мамографія;
 PX – панорамна рентгенографія;
 PT – позитронно-емісійна томографія;
 RG – рентгенографія;
 US – ультразвукова діагностика;
 LS – поверхневе лазерне сканування;
 SMR – стереометричне зображення;
 HD – криві кровотоку;
 IO – рентгенографія ротової порожнини;
 IVUS – внутрішньосудинний ультразвук;
 NM – ядерна медицина;
 OP – офтальмологічна фотографія;
 SM – слайд-мікроскопія;
 XA – рентгенівська ангіографія;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 18

BI – біомагнітні зображення;
 CD – кольорове доплерівське картування;
 DD – подвійне доплеровское картування;
 LS – поверхневе лазерне сканування;
 ST – однофотонна емісійна комп'ютерна томографія;
 TG – термографія;
 HC – тверда копія (зображення для друку);
 AU – аудіозаписи;
 SC – вторинне захоплення.

Хід роботи

1. Завантажити файл медичного дослідження: TCIA або DICOM Library.
DICOM-файли можна скачати з джерел

1. The Cancer Imaging Archive (TCIA)
<https://www.cancerimagingarchive.net/>
2. OsiriX DICOM sample data <https://www.osirix-viewer.com/resources/dicom-image-library/>
3. Radiopaedia DICOM cases <https://radiopaedia.org>
4. PhysioNet Medical Imaging <https://physionet.org>
5. DICOM Library <https://www.dicomlibrary.com/>

2. Відкрити файл у програмах перегляду DICOM-файлів.
Безкоштовні програми для відкриття DICOM

1. RadiAnt DICOM Viewer <https://www.radiantviewer.com/>
2. MicroDicom Viewer <https://www.microdicom.com/>
3. Weasis DICOM Viewer <https://nroduit.github.io/en/>

Виконати: перегляд зображення, зміну контрастності, масштабування, перегортання зрізів (якщо це КТ або МРТ).

3. Зробити аналіз метаданих. Відкрити DICOM Tags.

Знайти такі параметри:

№	Назва параметра	Значення
1	Patient Name	
2	Patient ID	
3	Study Date	
4	Modality	
5	Manufacturer	
6	Slice Thickness	
7	Image Resolution	

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 19

4. Визначити тип дослідження (КТ, МРТ, рентген, УЗД, тощо). Описати характерні особливості зображення.

5. Провести аналіз структури DICOM.

Пояснити значення таких тегів:

- (0010,0010) Patient Name,
- (0008,0060) Modality,
- (0028,0010) Rows,
- (0028,0011) Columns.

6. Оформити звіт за результатами роботи

Контрольні питання

1. Що таке формат DICOM?
2. Які дані містить DICOM файл?
3. Що таке DICOM тег?
4. Які основні модальності медичних зображень існують?
5. Чим DICOM відрізняється від JPEG або PNG?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 20

Лабораторна робота 5

Розрахунок вмісту та формування фрейму і пакета біомедичних даних

Мета роботи: Навчитися визначати обсяг даних, які генерує біомедичний датчик у реальному часі. Освоїти методику структурування фрейму та пакету передавання медичних даних.

Теоретичні відомості

У телемедичних системах дані з біомедичних датчиків передаються у вигляді **фреймів** та **пакетів**, які містять:

- **Корисну частину (payload)** – безпосередньо виміряні дані (наприклад, значення ЕКГ-сигналу);
- **Службову інформацію (header)** – тип сигналу, мітки часу, ідентифікатор датчика, номер пакету тощо;
- **Контрольну інформацію (CRC)** – контроль цілісності даних.

Фрейм – це логічно завершена структура даних, сформована пристроєм збору медичної інформації. Фрейм містить: службові поля; часову мітку; корисні дані; контроль цілісності.

Пакет – це фрейм, інкапсульований у транспортний протокол для передачі мережею. Різниця в тому, що **Фрейм** → внутрішня структура даних пристрою, а **Пакет** → мережева одиниця передачі.

Типова структура пакету телемедичних даних:

Sync	ID	Timestamp	Type	Length	Payload	CRC	
2B	2B	4B	1B	2B	N B	2B	

Поле	Розмір (байт)	Опис
Sync	2	Синхрослово
ID сенсора	2	Ідентифікатор пристрою
Timestamp (Unix time)	4	Час зняття даних
Signal type	1	Тип сигналу (ЕКГ, аудіо, температура)
Length	2	Довжина даних payload
Payload	N	Виміряні дані
CRC	2	Контрольна сума

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 21

**Формули розрахунку обсягу даних
Кількість відліків за секунду (N):**

$$N = F_s \cdot T,$$

де F_s – частота дискретизації (Гц), T – тривалість збору (с).

Обсяг даних payload (байт):

$$S_{\text{payload}} = N \cdot b_{\text{sample}},$$

де b_{sample} – розмір одного відліку у байтах.

Загальний розмір пакета (байт):

$$S_{\text{packet}} = S_{\text{payload}} + S_{\text{header}} + S_{\text{CRC}},$$

де S_{header} – розмір службової частини.

Бітрейт передавання (біт/с):

$$R = (S_{\text{packet}} \cdot 8) / T.$$

Приклад висновку: для передачі 1 секунди ЕКГ з частотою F_s Гц та n -бітною розрядністю потрібен канал з пропускною здатністю $\sim R$ кбіт/с без урахування протоколів транспортного рівня.

Вихідні параметри для розрахунку

Параметр	ЕКГ	Фонокардіограма (ФКГ)	Температура
Частота дискретизації F_s	250, 500, 1000 Гц	400, 800, 1000 Гц	0,2, 1 Гц
Тривалість T	1 с	1 с	1 с
Розрядність	12 біт (2 байти)	16 біт (2 байти)	16 біт
Розмір службової частини S_{header}	13 байт	13 байт	13 байт
CRC	2 байти	2 байти	2 байти

Завдання до виконання

- Розрахувати обсяг даних та бітрейт для:
 - ЕКГ з частотою 250 Гц, 500 Гц та 1000 Гц;
 - ФКГ з частотою 400, 800, 1000 Гц;
 - Температури з частотою 1 Гц та 0.2 Гц.
- Побудувати таблицю залежності Обсягу пакету (байт) та Бітрейту (біт/с) для різних Частот дискретизації (Гц).
- Побудувати графік залежності бітрейту від частоти дискретизації.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 22

4. Спроектувати власний формат фрейму для комплексної передачі ЕКГ + температури в одному пакеті (мультисигнальний фрейм).
5. Визначити поля, порядок, обсяг.
6. Розрахувати загальний розмір пакету для 1 с даних.
7. Розрахувати потрібну пропускну здатність каналу.
8. Дослідити коефіцієнт службового навантаження

$$K_{ovh} = \frac{S_{header} + S_{CRC}}{S_{packet}} \cdot 100\%$$

Оцінити наскільки службова інформація "з'їдає" канал; як це залежить від частоти дискретизації.

Дані для каналів

Канал	Типова швидкість
LoRaWAN	0,3–50 кбіт/с
NB-IoT	20–250 кбіт/с
3G	до 2 Мбіт/с
4G LTE	десятки Мбіт/с
Wi-Fi	сотні Мбіт/с
Ethernet	>100 Мбіт/с
Bluetooth Low Energy	до 1 Мбіт/с

Контрольні питання

1. Чим відрізняється фрейм від пакета?
2. Для чого потрібен CRC?
3. Як впливає частота дискретизації на обсяг даних?
4. Які сигнали потребують високої частоти дискретизації?
5. Чому температура має малий бітрейт?
6. Як зменшити навантаження на канал?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 23

Лабораторна робота 6

Розрахунок пропускної здатності каналу для передачі сигналу ЕКГ

Мета роботи: Розрахувати мінімальну пропускну здатність каналу зв'язку, необхідну для реального часу передачі цифрового сигналу ЕКГ у двох сценаріях – постійний моніторинг та клінічна телеметрія. Додатково: врахувати мережеві заголовки (IP/UDP/RTP), пакетизацію, компресію та запас на надійність.

Теоретичні відомості

Електрокардіографічний сигнал (ЕКГ) є одним із найважливіших біомедичних сигналів, що використовується для дистанційного моніторингу функціонального стану серцево-судинної системи пацієнта.

У телемедичних системах передача ЕКГ здійснюється в цифровій формі через канали зв'язку різного типу:

- дротові (Ethernet);
- бездротові локальні мережі (Wi-Fi);
- мобільні мережі (3G, 4G, LTE, 5G);
- енергоощадні IoT-мережі (NB-IoT, LoRaWAN).

Якість передачі ЕКГ визначається такими параметрами:

Пропускна здатність каналу – максимальний обсяг інформації, що може бути переданий за одиницю часу.

Затримка передачі – час від моменту формування сигналу до його отримання.

Джитер – варіація затримки між пакетами.

Втрати пакетів – частка даних, що не дійшла до приймача.

Для медичних систем критично важливо забезпечити передачу сигналу без значних спотворень і затримок.

Перед передачею аналоговий сигнал ЕКГ проходить процеси підсилення; фільтрацію; дискретизацію; квантування; пакетизацію.

Частота дискретизації діагностичної ЕКГ:

- 250 Гц – базовий моніторинг;
- 500 Гц – клінічна телеметрія;
- 1000 Гц – високоточний аналіз.

Розрядність визначає точність цифрового представлення сигналу.

Типові значення:

- 10 біт;
- 12 біт;
- 16 біт.

На практиці навіть 12-бітні дані часто упаковуються у 16-бітні слова для зручності передачі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 24

Передача даних здійснюється пакетами. Кожен пакет складається з:
Корисного сигналу – власне відліків ЕКГ.

Службових заголовків (headers):

- IP – 20 байт,
- UDP – 8 байт,
- RTP – 12 байт.

Загальний службовий обсяг: 40 байт. При малих пакетах службова інформація може складати значну частину трафіку.

Для зменшення навантаження використовують компресію:

- без втрат;
- з мінімальними втратами.

Типові коефіцієнти:

- 2:1,
- 4:1,
- 8:1.

Однак надмірне стиснення може призвести до втрати діагностично важливої інформації.

Формули для розрахунку

Сирий бітрейт (без заголовків):

$$R_{\text{raw}} = f_s \times N_{\text{ch}} \times b_{\text{sample}} \text{ [біт/с]},$$

де b_{sample} – біт на відлік (реально пакуємо у 16 біт → використовуємо 16).

Сирий байтрейт:

$$B_{\text{raw}} = R_{\text{raw}}/8 \text{ [байт/с]}.$$

Пакетна модель (врахування заголовків).

Кількість пакетів в секунду:

$$P = f_s/N_{\text{s/pkt}}.$$

Розмір корисної частини пакету (байти):

$$S_{\text{payload}} = N_{\text{s/pkt}} \times (b_{\text{sample}}/8) \times N_{\text{ch}}.$$

Повний розмір пакету (байти):

$$S_{\text{pkt}} = S_{\text{payload}} + S_{\text{hdr}},$$

де $S_{\text{hdr}} = 40$ байт.

Байт/с з урахуванням пакетів:

$$B_{\text{with_hdr}} = P \times S_{\text{pkt}}.$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 25

Біт/с з заголовками:

$$R_{\text{with_hdr}} = B_{\text{with_hdr}} \times 8.$$

Врахування оверхеду та запасу:

$$R_{\text{final}} = R_{\text{with_hdr}} \times (1 + O_{\text{app}}) \times (1 + M),$$

де $O_{\text{app}} = 10\%$ - оверхед, $M = 20\%$ - запас.

При компресії (коефіцієнт стиснення C , наприклад $2 \rightarrow 2:1$):

$$R_{\text{compressed}} = R_{\text{with_hdr}} / C.$$

(потім також множимо на оверхед і запас).

Сериалізація (час передачі пакета по каналу):

$$D = (S_{\text{pkt}} \times 8) / R_{\text{final}}$$

де R_{final} – пропускна здатність каналу (біт/с).

Припустити коефіцієнт стиснення (4:1) і повторити розрахунок.

Вхідні дані

Сценарій А (Постійний моніторинг – 1 відведення).

Частота дискретизації $f_s = 250$ Гц.

Розрядність ADC = 12 біт (пакетуються як 16 біт/відлік = 2 байти/відлік).

Кількість каналів $N_{\text{ch}} = 1$.

Вибір пакету: $N_{s/\text{pkt}} = 50$ відліків в одному мережевому пакеті.

Мережеві заголовки (IP+UDP+RTP) $\approx 20 + 8 + 12 = 40$ байт на пакет.

Додатковий протокольний/аплікативний оверхед $\approx 10\%$ від байт/с.

Запас на надійність/варіації мережі = 20%.

Сценарій В (Клінічна телеметрія – 12 відведень).

Частота дискретизації $f_s = 500$ Гц.

Розрядність = 16 біт = 2 байти/відлік.

Кількість каналів $N_{\text{ch}} = 12$.

Вибір пакету: $N_{s/\text{pkt}} = 50$ відліків в пакеті.

Мережеві заголовки (IP+UDP+RTP) $\approx 20 + 8 + 12 = 40$ байт на пакет.

Оверхед = 10%.

Запас на надійність/варіації мережі = 20%.

Студент може змінювати $N_{s/\text{pkt}}$, оверхед і т.д.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з вихідними параметрами.
2. Обчислити сирий бітрейт.
3. Визначити кількість пакетів за секунду.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 26

4. Обчислити повний обсяг переданих даних.
5. Врахувати службовий оверхед.
6. Врахувати запас на нестабільність каналу.
7. Провести розрахунок при компресії.
8. Провести аналіз чутливості: як змінюється результат при зміні частоти дискретизації, при різних коефіцієнтах стиснення.
9. Вибрати оптимальний канал передачі сигналу ЕКГ (NB-IoT, LoRaWAN, 3G, LTE, Wi-Fi).

Дані для каналів

Канал	Типова швидкість
LoRaWAN	0,3–50 кбіт/с
NB-IoT	20–250 кбіт/с
3G	до 2 Мбіт/с
4G LTE	десятки Мбіт/с
Wi-Fi	сотні Мбіт/с
Ethernet	>100 Мбіт/с

Контрольні питання

1. Що таке пропускна здатність каналу?
2. Як частота дискретизації впливає на бітрейт?
3. Чому використовують пакетизацію?
4. Які переваги компресії?
5. Чому надмірне стиснення небезпечне для медичних сигналів?
6. Який канал найкращий для телеметрії ЕКГ?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 27

Лабораторна робота 7

Розробка та аналіз структури телемедичної системи

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

Теоретичні відомості

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, 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 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 діяльністю; 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

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 28

операторів, провайдерів телемедицини послуг, консультантів і клієнтів. Друга дозволяє в цифровому вигляді збирати, запам'ятовувати, обробляти, готувати до передачі медичні діагностичні дані, а також підтримувати проведення телемедицинської 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:

- 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, що покращує і ефективність і безпеку внутрішньої мережі клініки.

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

Вимоги до DICOM – забезпечення

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 10 МБ, одне зображення МРТ – 0,1-0,5 МБ (але їх може бути 20-100), КТ вимагає 12 біт на піксель, і т.д.

Структурно-функціональна організація телемедицинської системи, наведена на рис. 7.1. Систему представлено у вигляді сукупності трьох базових

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 30

параметри. Водночас, обчислення характеристик сигналу дає можливість згрупувати потоки повідомлень відповідно до їх динамічних характеристик.

Пристрій групування потоків повідомлення формує загальний каналний 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 мультиплікативну 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.

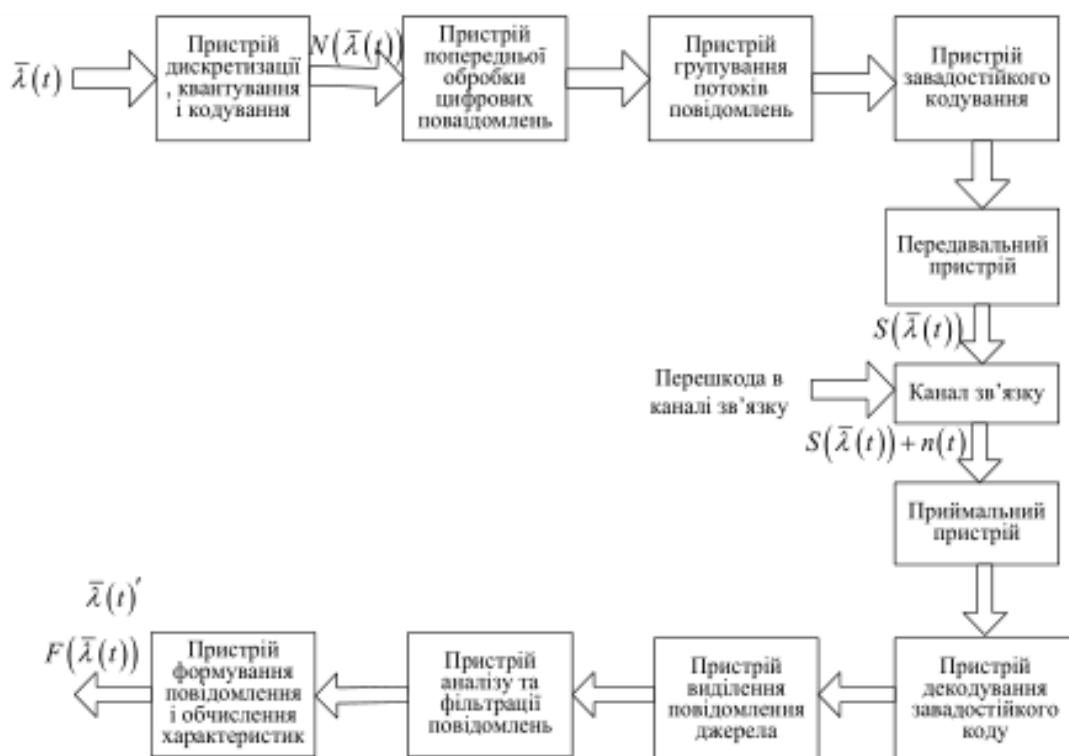


Рисунок 7.2 – Модель інформаційного каналу телемедичної системи

Порядок виконання роботи

1. Визначити типи ТМС.
2. Сформулювати технічне завдання на розробку телемедичної системи з використанням каналу бездротової передачі інформації..
3. Розробити структуру ТМС, намалювати структурну схему системи, вибрати та описати елементну базу, сформулювати схему електричну принципову.
4. Зібрати макет системи з використанням наданої апаратної бази.
5. Провести тестування системи.
6. Зробити висновки по роботі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 31

Лабораторна робота 8

Проектування бездротової локальної телемедичної мережі

Мета роботи: Навчитися попередньо планувати та розраховувати бездротові мережі для надання телемедичних послуг.

Теоретичні відомості

На сьогоднішній день можна виділити дві основні технології побудови телемедичних мереж – провідна та безпроводна (бездротова).

Бездротова телемедична мережа – розподілена мережа, що складається із безлічі датчиків і пристроїв, об'єднаних між собою за допомогою радіосигналу. Область покриття таких мереж становить від декількох метрів до декількох кілометрів за рахунок здатності ретрансляції повідомлень від одного елемента до іншого. Безпроводна технологія має низку переваг над провідною, це:

- простота розгортання;
- гнучкість архітектури мережі, коли забезпечується можливість динамічної зміни топології мережі при підключенні, пересуванні та відключенні мобільних користувачів без значних втрат часу;
- швидкість проектування та реалізації, що критично за жорстких вимог до часу побудови мережі;
- не потребує прокладання кабелів, не виникає проблем із поломкою проводів, їх від'єднанням, перетиранням та необхідністю ремонту;
- мобільність: відсутність мережних дротів дає можливість користуватися Інтернетом, безперешкодно переміщаючись усередині приміщення чи всієї будівлі;
- висока швидкість передачі інформації;

У той же час бездротові мережі на етапі їх розвитку не позбавлені серйозних недоліків. Насамперед, це залежність швидкості з'єднання та радіусу дії від наявності перешкод та від відстані між приймачем та передавачем.

Один із способів збільшення радіусу дії бездротової мережі полягає у створенні розподіленої мережі на основі кількох точок бездротового доступу. При створенні таких мереж з'являється можливість перетворити будівлю на єдину бездротову зону та збільшити швидкість з'єднання незалежно від кількості стін (перешкод).

Аналогічно вирішується і проблема масштабованості мережі, а використання зовнішніх спрямованих антен дозволяє ефективно вирішувати проблему перешкод, що обмежують сигнал.

Таблиця 8.1

Порівняльна характеристика мереж бездротового зв'язку

	ZigBee	Z-Wave	BLE	ANT	Wi-Fi	W-USB
Частотний діапазон, МГц	868/915/2400	8968/908(всі) 2400(с.400)	2400-2483	2400-2483	2483-5500	3100-10600
Швидкість передавання, Кбіт/с	20/40/250	9.6/40 (з 200 с.) 200(с.400)	1000	1000	100- >54000	110000-480000
Кількість вузлів	1 маршрутизатор обслуговує до 32 вузлів	1 маршрутизатор обслуговує до 32 вузлів	1 ведучий обслуговує 7 ведених	1 ведучий обслуговує 7 ведених	Мін. 2 вузла	1 хост обслуговує до 127 вузлів
Радіус дії, м	10-100	30-100	50	30	150	3-100
Типи пристроїв чи ролі вузлів	Координатор, маршрутизатор, кінцевий пристрій	Координатор, маршрутизатор, ведений	Ведучий і ведений	Ведучий і ведений	Точка доступу, клієнт	Хост, периферійний пристрій
Піковий струм споживання вузла, мА	<150	21 (режим пробудження) 36 (режим передачі)	12,5	17	116 (при 1,8В)	<500

Найпоширенішою на сьогодні є технологія Wi-Fi (стандарт 802.11). Wi-Fi є протоколом, що дозволяє електронним пристроям підключатися до бездротової мережі LAN, переважно з використанням 2,4 ГГц і 5 ГГц радіодіапазонів. Протокол є одним з найпоширеніших, існує значний об'єм літератури, де його описано.

Стандарт IEEE 802.11 є базовим стандартом для побудови бездротових локальних мереж (WLAN). Стандарт IEEE 802.11 постійно вдосконалювався, а тому зараз існує сімейство, до якого відносять специфікації IEEE 802.11 з буквеними індексами a, b, c, d, e, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, u, v, w. Однак тільки п'ять з них (a, b, g, i та n) є основними й користуються найбільшою популярністю у виробників устаткування, інші ж являють собою доповнення, удосконалення або виправлення прийнятих специфікацій.

Сьогодні побудова Wi-Fi систем відбувається за такими стандартами:

802.11b є найпоширенішим стандартом, з яким працюють і роутери. Він підтримується будь-якими комп'ютерами та смартфонами. Заявлена фахівцями швидкість трафіку досягає позначки 11 Мб/с. Проте практика показує, що цей параметр рідко перевищує показник 6 Мб/с. Назвати стандарт бездоганним складно – на нього негативно впливають радіопристрої, IP-камери та мікрохвильові печі.

802.11a – це стандарт, що функціонує на більш високих частотах. Це є причиною можливої втрати сигналу під час використання у приміщенні з товстими перегородками. Однак швидкість передачі даних стандарту помітно вище, ніж у попереднього, і становить, відповідно до специфікації, 54 Мбіт/с

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 33

(на практиці близько 30 Мбіт/с). Експлуатація цього стандарту передбачає введення в експлуатацію дорогого обладнання. Він зручний для бездротової магістралі або WLAN.

802.11g функціонує на частоті 2,4 ГГц і має максимальну пропускну здатність, що дорівнює 54 Мб/с, а тому впевнено замінює попередника. Цей тип може похвалитися чудовою зворотною сумісністю з попередніми протоколами.

802.11n – це один з найсучасніших і високотехнологічних стандартів, що забезпечує передачу трафіку на швидкостях, що досягають 300 Мб/с. Він обернено сумісний з вищеописаними форматами, а також є топовим варіантом для реалізації максимальних можливостей покриття в системі з великою кількістю кінцевих клієнтів.

Мережі Wi-Fi підтримують спосіб керування доступом до фізичного середовища (радіоканалу), що використовує метод множинного доступу із упізнанням несучої й усуненням колізій (CSMA-CA). В таблиці 8.2 наведено порівняльну характеристику стандартів IEEE 802.11 [10].

Таблиця 8.2

Основні характеристики стандартів IEEE

Стандарт	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac
Частотний діапазон, ГГц	5,15-5,25 5,67-5,85	2,4-2,483	2,4-2,483	2,4-2,483 5,15-5,25 5,67-5,85	5 ГГц
Кількість абонентів на один канал	64	64	64	64	
Доступ до радіоканалу	CSMA-CA	CSMA-CA	CSMA-CA	CSMA-CA	CSMA-CA
Метод передачі	DSSS, OFDM	BPSK, CCK	DSSS, OFDM	MIMO	MIMO
Максимальна швидкість, Мбіт/с	54	11	54	480	До 3 Гбіт/с
Сумісність	802.11 n	802.11 a	802.11 b/n	802.11 a/b/g	802.11 a/b/g/ n
Метод модуляції	BPSK, QPSK, OFDM	BPSK, QPSK, OFDM	BPSK, QPSK, OFDM	BPSK, QPSK, 16, (64)- QAM	BPSK, QPSK, QAM
Дальність зв'язку в приміщенні, м	10-20	20-100	20-50	50-100	300

З погляду інформаційно-комунікаційних технологій мережа телемедицини може бути поділена на два сегменти (рис. 8.1):

– сегмент LAN (внутрішній) – забезпечує підключення телемедицинських робочих станцій до мережі та передачу даних всередині об'єкта мережі телемедицини;

– сегмент WAN (зовнішній) – забезпечує підключення об'єкта телемедицини до зовнішньої мережі передачі даних (Інтернет) для забезпечення взаємодії з іншими об'єктами мережі телемедицини.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 34

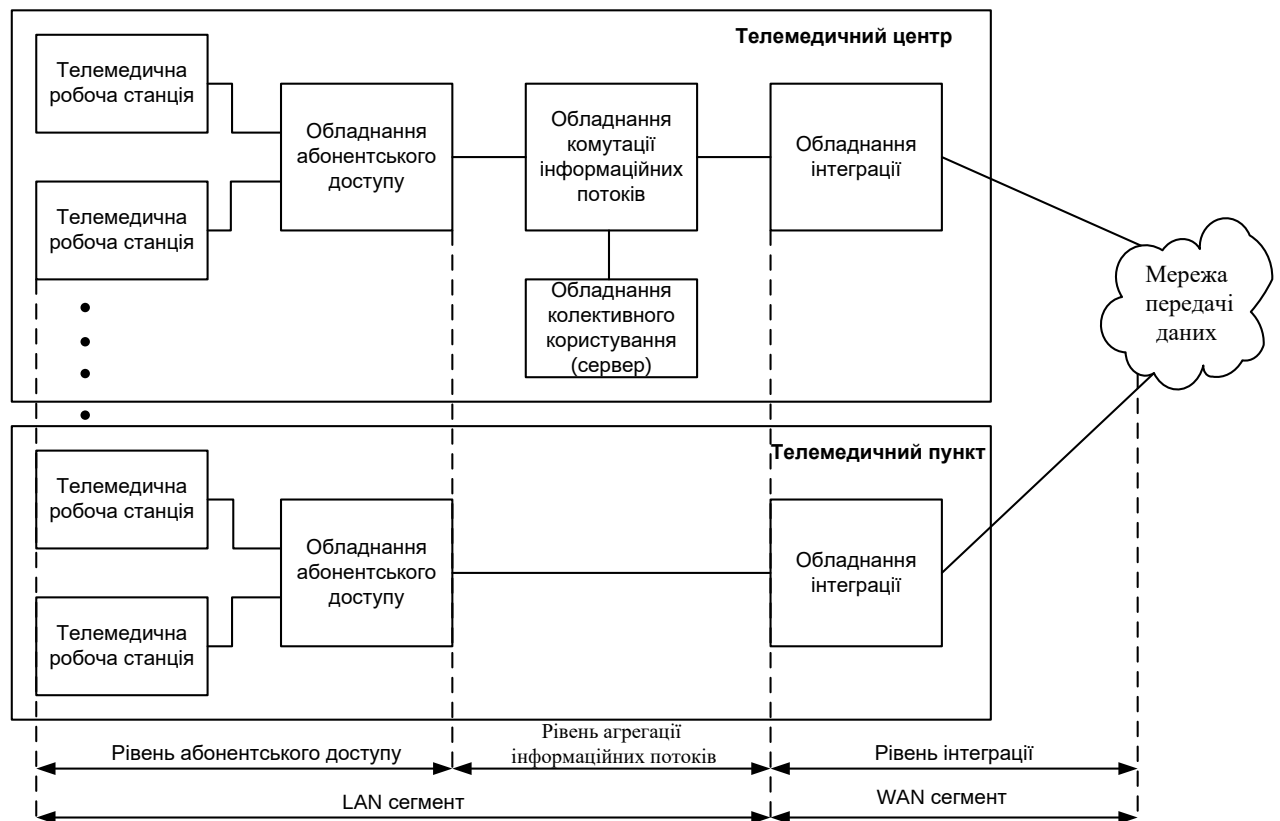


Рисунок 8.1 – Узагальнена схема телемедичної мережі

У сегменті LAN присутні такі елементи:

- Телемедичні робочі станції;
- Обладнання колективного користування (сервера);
- Обладнання абонентського доступу;
- Обладнання комутації інформаційних потоків;
- Канали передачі даних.

У сегменті LAN можна виділити два рівні ієрархії:

- рівень абонентського доступу – забезпечує підключення телемедичних робочих станцій до мережі;
- рівень агрегації інформаційних потоків – забезпечує розподіл інформаційних потоків усередині мережі телемедицини.

У сегменті WAN присутні такі елементи:

- обладнання інтеграції з мережею провайдера послуги доступу до зовнішньої мережі передачі даних (наприклад, Інтернет);
- канали передачі даних.

Як рівні сегмента WAN можна виділити рівень інтеграції, який забезпечує підключення (інтеграцію) сегмента LAN до зовнішньої мережі передачі даних (наприклад, Інтернет).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 35

При проектуванні бездротової мережі в приміщеннях застосовують різні підходи, які майже завжди містять кілька етапів.

1. Оцінка кількості точок доступу в залежності від запланованого числа користувачів Wi-Fi і послуг, які повинні бути їм надані.

2. Розміщення точок доступу на план-схемі приміщення з урахуванням його розмірів, матеріалів, з яких виготовлені стіни і меблі, а також розміщення користувачів.

Таблиця 8.3

Характеристики медичних даних

Тип медичних даних	Середній об'єм, Мб	Допустима затримка	Тип трафіку
Медичний запис (ПІБ пацієнта, лікаря, проведені дослідження, назначені аналізи, тощо)	До 1 с	1с	дані
Дані (результати аналізів, звіти по використанню ліків, посібники)	До 50	Не нормується	Дані, зображення
Чорно-біле статичне зображення (рентгенівські знімки, КТ, МРТ, ЕКГ тощо)	До 100	1 с	Дані, зображення
Кольорове статичне зображення (кольорові знімки КТ, МРТ, ЕКГ...)	До 500	1 с	Дані, зображення
Тримірні зображення (об'ємні моделі внутрішніх органів)	До 1000	400 с	Дані, відео
Потокове відео, аудіо (передача аудіовізуальної інформації між учасниками)	Залежить від тривалості	До 100 мс	Аудіо, відео, дані

Для забезпечення необхідних характеристик якості телемедичних послуг необхідно використовувати канали передачі даних відповідних пропускних здібностей. У табл. 8.4 показана залежність часу передачі від обсягу даних та швидкості каналу передачі, дані отримані за допомогою онлайн калькулятора розрахунку середнього часу передачі даних через мережу.

Таблиця 8.4

Середній час передачі даних за секунди, залежно від обсягу даних і швидкості каналу передачі

Швидкість, Мбіт/с	1	5	10	20	25	50	100	1000
Об'єм, Мб								
1	9	2	1	1	1	1	0,1	0,1
10	82	17	9	5	4	2	1	0,1
50	410	82	41	21	17	8	5	1
100	820	164	82	41	33	17	9	1
500	4096	820	410	205	164	82	41	5
1000	8192	1639	820	410	328	164	82	9

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 36

Загальний алгоритм побудови телемедичної системи показано на рис. 8.2.

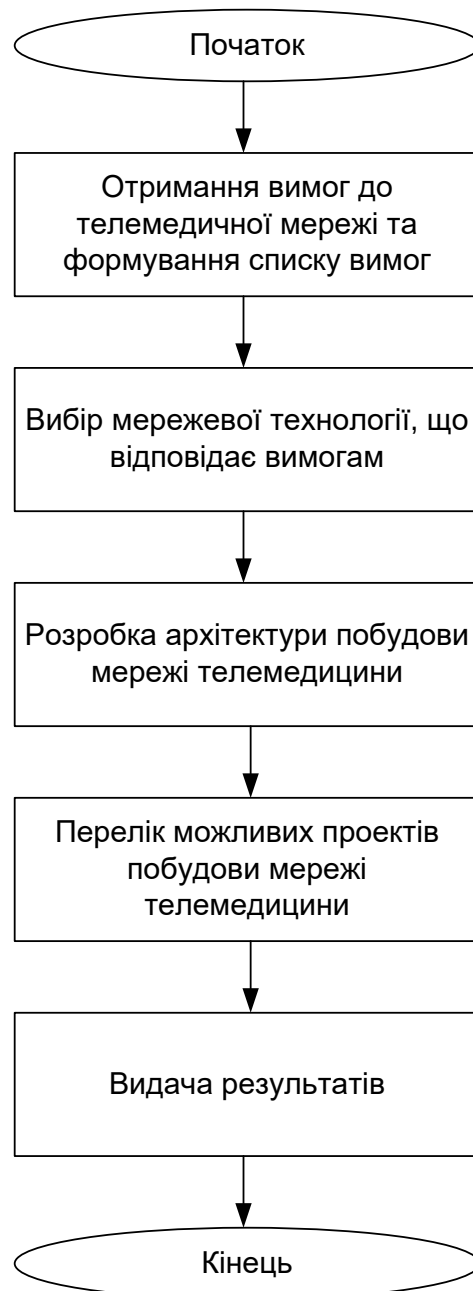


Рисунок 8.2 – Узагальнений алгоритм побудови телемедичної мережі (ТММ)

Для передачі відео рекомендуються наступні швидкості: Стандартної якості – до 10 Мбіт/с, високої якості – до 20 Мбіт/с, ультрависокої якості – до 100.

Таблиця 8.5

Параметри рекомендуємих швидкостей передачі інформації в ТРС

Тип телемедичної робочої станції	Рекомендуємо швидкість, Мбіт/с		Рекомендуєма швидкість, Мбіт/с	Додаткове оснащення до базового
	Обладнання абонентського доступу	Обладнання комутації інформаційних потоків;	Обладнання інтеграції	
Універсальна ТРС	1000	10000	1000	Відеокамера UHD та система аудіозв'язку
Базова ТРС	100	1000	50	Система аудіозв'язку
Діагностична ТРС	1000	10000	1000	Відеокамера HD та система аудіозв'язку
Віддалена ТРС	10	100	10	Відеокамера SD та система аудіозв'язку

Одним з найпростіших способів визначення кількості точок доступу є завдання фіксованої кількості користувачів на точку. Наприклад, існує рекомендація використовувати одну точку доступу на 20 користувачів при відсутності шифрування і одну точку на 15 користувачів при використанні будь-якого шифрування. Такий підхід дуже простий, але має ряд недоліків.

По-перше, така кількість точок доступу може виявитися надмірною, що призведе до зайвих витрат як на саме бездротове обладнання, так і на організацію його розміщення (електроживлення, підключення до дротової локальної мережі).

По-друге, при великій кількості точок доступу, розміщених в одному приміщенні, розрахованому на велику кількість користувачів (наприклад, конференц-зал або лекторій), вони можуть заважати один одному і їх потрібно розносити по різних каналах, що може бути складним при використанні діапазону 2,4 ГГц (наприклад, якщо використовується технологія 802.11g).

Другий спосіб виходить з вимог за рівнем сигналу. Наприклад, вважається, що для доступу в Інтернет (електронна пошта та веб-серфінг) досить забезпечити на всій території приміщення рівень сигналу не гірше, ніж 68-70дБм. Такий підхід як правило вимагає застосування спеціалізованого програмного забезпечення для попереднього розрахунку, або використання вимірювань на місці, коли запропонована до використання точка доступу розміщується в різних місцях приміщення, і проводиться вимір її сигналу на можливих точках розміщення користувачів. Як правило цей спосіб пропонує занижене число точок доступу, завдяки чому на практиці побудована мережа може не впоратися з навантаженням. До того ж, повне покриття приміщення може виявитися

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 38

не потрібним в тому випадку, коли користувачі компактно розміщуються в одній частині приміщення, а інша не використовується.

Третій спосіб попереднього визначення кількості точок доступу виходить з вимог по швидкості доступу в залежності від необхідних користувачам послуг. В результаті таких розрахунків може вийти деяка усереднена кількість точок доступу. Однак питання нерівномірності розміщення користувачів також необхідно враховувати на етапі розміщення точок доступу на план-схемі приміщення.

При проведенні планування необхідно також провести енергетичний розрахунок і скласти частотний план, щоб розміщені в приміщенні точки доступу не впливали одна на одну, а їх сигнал не виходив за межі приміщення і не впливав на бездротові мережі, розташовані зовні приміщення.

Приклад оцінки кількості точок доступу в мережі 802.11

Для прикладу оцінимо кількість точок доступу, необхідний для організації бездротової мережі в лекторії. З огляду на те, що на сьогодні переважна більшість мобільних пристроїв підтримують технологію 802.11n, будемо орієнтуватися на неї.

Початкові дані:

- $N = 120$ – максимальне число користувачів, що одночасно працюють в мережі.
- $F = 2$ Мбіт/с – необхідна гарантована швидкість для одного користувача.
- $D_T = 0,65$ – частка планшетних комп'ютерів і смартфонів (Tablet PC).
- $D_L = 0,35$ – частка ноутбуків (Laptop).
- $D_{2,4\text{GHz}} = 0,6$ – частка пристроїв, що працюють в діапазоні 2,4 ГГц.
- $D_{5\text{GHz}} = 0,4$ – частка пристроїв, що працюють в діапазоні 5 ГГц.

Планшетні комп'ютери використовують 20 МГц канал в один потік, що забезпечує теоретичну швидкість роботи 72 Мбіт/с. Реальна швидкість при цьому буде приблизно в два рази меншою і буде дорівнювати $F_T = 35$ Мбіт/с.

Ноутбуки використовують 20 МГц канал в два потоки, що забезпечує теоретичну швидкість роботи 144 Мбіт/с. Реальна швидкість при цьому буде приблизно в два рази меншою і буде дорівнювати $F_L = 70$ Мбіт/с.

Тепер визначимо коефіцієнт ефірного часу (airtime) для кожного з типів пристроїв.

$$A_T = \frac{F}{F_T} = 0,0571.$$

$$A_L = \frac{F}{F_L} = 0,0286.$$

Загальний коефіцієнт ефірного часу для всіх пристроїв кожного типу дорівнює

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 39

$$A_T^{all} = A_T \cdot N \cdot D_T = 4,4538.$$

$$A_L^{all} = A_L \cdot N \cdot D_L = 1,2012.$$

Загальний коефіцієнт ефірного часу з урахуванням службового трафіку буде рівний

$$A = (A_T^{all} + A_L^{all}) \cdot 1,25 = 7,06875.$$

Далі необхідно визначити кількість радіомодулів, що працюють в діапазоні 2,4 ГГц, і радіомодулів, що працюють в діапазоні 5 ГГц.

$$N_{2,4GHz} = \lceil A \cdot D_{2,4GHz} \rceil = 5.$$

$$N_{5GHz} = \lceil A \cdot D_{5GHz} \rceil = 3.$$

Таким чином, для організації бездротової мережі потрібно або 5 точок доступу, що працюють в діапазоні 2,4 ГГц, і 3 точки доступу, що працюють в діапазоні 5 ГГц, або 5 дводіапазонних точок доступу 2,4/5 ГГц з можливістю одночасної роботи в обох діапазонах.

Необхідно враховувати, що ця оцінка хоч і володіє хорошою точністю, все ж є попередньою, і отже, при розміщенні точок доступу на план-схемі приміщення, а також при проведенні енергетичного розрахунку і складанні частотного плану, вона може бути скоригована.

Вплив перешкод на зону покриття мережі 802.11

При розміщенні точок доступу дуже важливо визначити, з яких матеріалів зроблені стіни, перекриття, конструкційні елементи і меблі в приміщенні, і вже з урахуванням цього проводити розміщення обладнання і вибір антен, які будуть використовуватися разом з точками доступу. Наприклад, однією з поширених помилок при розміщенні точок доступу, є установка точки з всюдинаправленою антеною біля металевої або залізобетонної стіни або конструкції. В цьому випадку металева поверхня буде відбивати сигнал. Діаграма направленості антени зміниться, стане направленою. До того ж виникне потужне багатопроменеве поширення, так як половина випромінюваної потужності буде йти до металевої стіни/поверхні і, відбиваючись назад, створить інтерференцію своєму ж корисному випромінюванню.

Іншим прикладом може бути розміщення точки біля ємностей і труб з водою, яка інтенсивно поглинає високочастотне випромінювання (особливо в частотному спектрі 2,4 ГГц). Основним методом вирішення є винесення точок доступу з внутрішніми антенами (або самих зовнішніх антен) за межі перешкод, забезпечуючи безперешкодне випромінювання з врахуванням діаграми спрямованості антен. Вплив матеріалу стін і перегородок, встановлених в приміщенні, можна оцінити по табл. 8.5,

складеної за даними фірми Zyxel.

Таблиця 8.5

Втрата ефективності сигналу 802.11 при проходженні через різні середовища

Перешкода	Додаткові втрати, дБ	Ефективна відстань, %
Відкритий простір	0	100
Вікно без тонування (металізованого покриття)	3	70
Вікно з тонуванням (металізованим покриттям)	5-8	50
Дерев'яна стіна	10	30
Межкімнатна стіна (15,2 см)	15-20	15
Несуча стіна (30,5 см)	20-25	10
Бетонна підлога/стеля	15-25	10-15
Монолітне залізобетонне перекриття	20-25	10

Ефективна відстань складає величину, до якої зменшиться радіус дії після проходження відповідної перешкоди в порівнянні з відкритим простором. Наприклад, якщо без перешкод радіус дії Wi-Fi досягає 100 м, то після проходження першої міжкімнатної стіни він зменшиться до 15% від цієї величини, тобто до 15 м, а після другої – до 15% вже від цього значення (до 2,2 м).

Також необхідно враховувати, що рівень сигналу зменшується пропорційно квадрату відстані, тому швидкість швидко падає природним шляхом у міру віддалення від точки доступу.

Для прикладу розглянемо схему, зображену на рис.8.2. Приміщення розбите перегородками на квадратні клітинки (робочі зони) зі стороною L. У центрі приміщення встановлена точка доступу. Необхідно визначити, які клітинки будуть охоплені покриттям мережі 802.11.

Припустимо, що сторона кожної клітинки дорівнює $L = 5$ м. Перегородки виготовлені з дерева. Природним загасанням сигналу з відстанню ми нехтуємо. Радіус покриття мережі на відкритому повітрі приймемо рівним 100 м.

Спочатку визначимо область дії сигналу по чотирьох сторонах (верх-низ-право-ліво на рисунку). Як було показано раніше, після проходження однієї дерев'яної стіни відстань зменшиться до 30 метрів. Після проходження другої – до 4,5 метрів. Таким чином, буде перекрито по дві клітинки в кожну сторону.

Далі оцінимо область дії по діагоналі. Щоб потрапити в сусідню по діагоналі клітинку, сигнал повинен пройти дві стіни. Таким чином, по діагоналі буде перекрита лише одна клітинка в кожну сторону. На практиці необхідно

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 41

буде враховувати і те, що сигнал в цьому випадку буде проходити не по нормалі до поверхні перегородки, а по дотичній, що збільшить загасання.

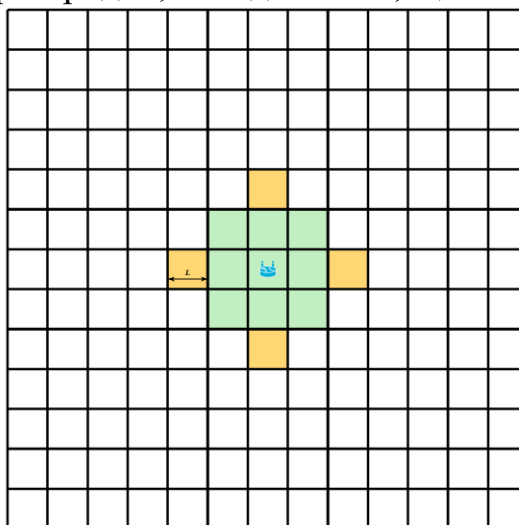


Рисунок 8.2 – Приклад визначення зони покриття мережі 802.11 з урахуванням матеріалу перешкод

Оціночна зона покриття сигналу 802.11 відзначена на рис. 8.2 зеленим кольором. Помаранчевим відзначені осередки, які, можливо, будуть не повністю перекриті сигналом Wi-Fi.

Знаючи зону покриття однієї точки, можна скласти попередній план розміщення точок доступу на всій території приміщення. При цьому варто враховувати, що клітинки, частково перекриті сигналом, варто перекривати двома точками доступу.

Розрахунок дальності роботи бездротового каналу зв'язку 802.11

Wi-Fi - торгова марка об'єднання Wi-Fi Alliance для бездротових мереж на базі стандарту IEEE 802.11, який об'єднує набір стандартів зв'язку для комунікації через бездротову локальну мережу в зоні частотних діапазонів 2,4; і 5 ГГц. Кожен з цих діапазонів розділяється на ряд піддіапазонів, або каналів. У різних країнах існують свої обмеження по використанню частотних діапазонів, тому і число доступних для неліцензійного використання каналів в кожній країні різний. В Україні для неліцензійного використання дозволені канали з діапазонів 2,4 і 5 ГГц. Параметри основних версій технології 802.11, що використовуються на території України, наведені в табл. 8.6. Для стандартів 802.11n і 802.11ac в дужках вказані швидкості одного потоку для тривалості захисного інтервалу 800 нс.

Необхідно пам'ятати, що наведені максимальні швидкості для кожної з технологій є лише теоретично досяжними. Тобто вони можливі тільки при роботі точки доступу в ідеальних «лабораторних» умовах при

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 42

відсутності зовнішніх перешкод. На практиці, навіть у сприятливих умовах, реально досяжна швидкість передачі може складати від третини до половини заданої в стандарті максимальної швидкості. Смуга пропускання 2,4 ГГц містить всього 14 каналів шириною 22 МГц кожен. Для стандарту 802.11g і більш пізніх ширина кожного каналу встановлена рівною 20 МГц. Сумарно вони займають смугу частот від 2,401 ГГц до 2,495 ГГц. Розподіл каналів по смузі частот наведено на рис. 8.3.

Таблиця 8.6

Параметри основних версій технології 802.11

Стандарт	Рік	Частота	Ширина каналу	Швидкість потоку Мбіт/с	Кількість потоків	Метод модуляції
b	1999	2,4	22	1–11	1	DSSS
g	2003	2,4	20	6–54	1	OFDM
n	2009	2,4/5	20	7,2–72,2 (6,5–65)	4	OFDM
			40	15–150 (13,5–135)		
ac	2013	5	20	7,2–96,3 (6,5–86,7)	8	OFDM
			40	15–200 (13,5–180)		
			80	32,5–433,3 (29,2–390)		
			160	65–866,7 (58,5–780)		

У цьому діапазоні одночасно доступні лише 3 смуги, що не перекриваються по 22 МГц на кожний канал. Список центральних частот кожного каналу наведено в табл. 8.7.

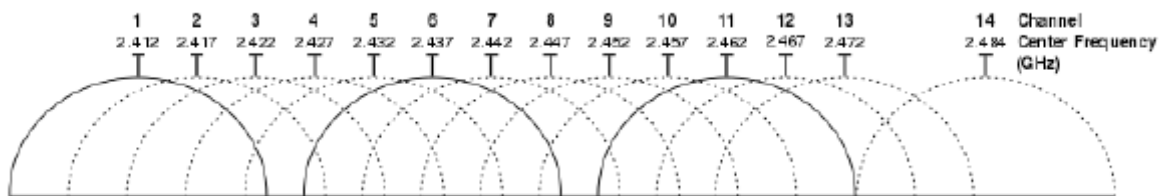


Рисунок 8.3 – Розподіл каналів 802.11 по смузі частот в діапазоні 2,4 ГГц

Таблиця 8.7

Центральні частоти каналів 802.11 в діапазоні 2,4 ГГц

Номер каналу	Частота МГц	Номер каналу	Частота МГц	Номер каналу	Частота МГц	Номер каналу	Частота МГц
1	2412	5	2432	9	2452	13	2472
2	2417	6	2437	10	2457	14	2484
3	2422	7	2442	11	2462		
4	2427	8	2447	12	2467		

Діапазон 5 ГГц розділений на чотири піддіапазони.

1. UNII-1: 5150-5250 МГц (доступно 4 частотних каналу).
2. UNII-2: 5250-5350 МГц (доступно 4 частотних каналу).

3. UNII-2 Extended: 5470-5725 МГц (доступно 11 частотних каналів).
 4. UNII-3: 5725-5825 МГц (доступно 4 частотних каналу).
 Ширина кожного каналу встановлена рівною 20 МГц.
 Список центральних частот кожного каналу наведено в табл. 8.8.

Таблиця 8.8

Центральні частоти каналів 802.11 в діапазоні 5 ГГц

Номер каналу	Частота МГц	Номер каналу	Частота МГц	Номер каналу	Частота МГц	Номер каналу	Частота МГц
Піддіапазон UNII-1							
36	5180	40	5200	44	5220	48	5240
Піддіапазон UNII-2							
52	5260	56	5280	60	5300	64	5320
Піддіапазон UNII-2 Extended							
100	5500	112	5560	124	5620	136	5680
104	5520	116	5580	128	5640	140	5700
108	5540	120	5600	132	5660		
Піддіапазон UNII-3							
149	5745	153	5765	157	5785	161	5805

Стандарти 802.11b і 802.11g використовують по одному каналу шириною 22 (20) МГц. У стандарті 802.11n можуть використовуватися канали шириною 40 МГц (два канали по 20 МГц), при цьому одночасно може використовуватися чотири таких каналу, в теорії забезпечуючи граничну сумарну швидкість до 600 Мбіт/с.

З огляду на те, що в діапазоні 2,4 ГГц всього три непересічних 22 МГц каналів (або чотири 20 МГц), використовувати канали по 40 МГц рекомендується тільки в діапазоні 5 ГГц. Для співіснування каналів шириною 20/40 МГц точка доступу стандарту 802.11n повинна переходити на інший канал або перемикається на використання каналу шириною в 20 МГц, якщо сусідня точка доступу починає передачу в одній з половин каналу 40 МГц.

У стандарті 802.11ac можуть використовуватися канали шириною 160 МГц (8 * 20 МГц) при одночасній роботі до 8 таких каналів. Теоретична максимальна швидкість при цьому буде дорівнює 6,93 Гбіт/с. Головним недоліком широких каналів є більший вплив на них перешкод і, відповідно, меншу відстань передачі даних. Існує також зворотна модифікація каналів виробниками - зменшення їх ширини до 5 або 10 МГц, що дозволяє збільшити дальність передачі ціною меншою швидкості.

Метод одночасного використання декількох каналів, який використовується в 802.11n і 802.11ac, отримав назву MIMO (multiple input multiple output – множинний вхід, множинний вихід). Підвищення

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 44

пропускної здатності відбувається за рахунок передачі сигналу по декільком частотним каналам і подальшого прийому з об'єднанням в один потік даних. Це можливо при використанні на кожен потік власної антени і свого тракту прийому/передачі на кожній стороні. Саме тому, точки доступу стандарту 802.11n, що мають лише одну антену, забезпечують теоретично досяжну швидкість лише 150 Мбіт/с (1 канал шириною 40 МГц). Прийнято користуватися позначенням

$$M*N,$$

де M – число потоків на передачу, а N – число потоків на прийом.

Таким чином, для досягнення максимально можливих 600 Мбіт/с в технології 802.11n необхідно використовувати конфігурацію 4*4 потоків MIMO. Точка доступу при цьому повинна мати 4 антени.

Розрахунок дальності роботи бездротового каналу зв'язку 802.11

Розрахунок дальності бездротового каналу Wi-Fi виводиться з формули (1.1) розрахунку втрат у вільному просторі

$$FSL = 33 + 20(\lg F + \lg D), \quad (1.1)$$

де FSL (Free Space Loss) – втрати у вільному просторі (дБ); F – центральна частота каналу, на якому працює система зв'язку (МГц); D – відстань між двома Wi-Fi точками (км). Отже, відстань D можна визначити за формулою (1.2).

$$D = 10^{\frac{FSL-33}{20} - \lg F}. \quad (1.2)$$

Втрати у вільному просторі також можна визначити за формулою (1.3), виходячи з сумарного посилення системи передачі YдБ.

$$FSL = Y_{\text{дБ}} - SOM, \quad (1.3)$$

де SOM (System Operating Margin) – запас в енергетиці радіозв'язку (дБ), який враховує можливі фактори, що негативно впливають на дальність зв'язку, такі як:

- температурний дрейф чутливості приймача і вихідної потужності передавача;
- всілякі атмосферні явища: туман, сніг, дощ;
- неузгодженість антени, приймача, передавача з антенно-фідерних трактом. Параметр SOM зазвичай береться рівним 10 дБ. Вважається, що такий запас щодо підсилення достатній для інженерного розрахунку.

Сумарне підсилення системи передачі розраховується за формулою (1.4).

$$Y_{\text{дБ}} = P_{t,\text{дБм}} + G_{t,\text{дБн}} + G_{r,\text{дБн}} - P_{\text{min},\text{дБм}} - L_{t,\text{дБ}} - L_{r,\text{дБ}}, \quad (1.4)$$

де P_t , дБм – потужність передавача (паспортні дані пристрої);

G_t , дБі – коефіцієнт підсилення передавальної антени (паспортні дані пристрою);

G_r , дБі – коефіцієнт підсилення приймальної антени (паспортні дані пристрою);

P_{min} , дБм – чутливість приймача на даній швидкості;

L_t , дБ – втрати сигналу в коаксіальному кабелі і роз'ємі передавального тракту;

L_r , дБ – втрати сигналу в коаксіальному кабелі і роз'ємі приймального тракту.

Втрати сигналу в коаксіальному кабелі і трактах прийому та передачі L_t , дБ і L_r , дБ необхідно враховувати тільки при використанні зовнішніх винесених антен.

При використанні точок доступу з внутрішніми або вмонтованими безпосередньо антенами цими параметрами можна знехтувати.

У табл. 8.9 наведені середні показники чутливості для різних швидкостей передачі даних в діапазоні 2,4 ГГц для 802.11g і 5 ГГц для 802.11n (канал 40 МГц).

Таблиця 8.9

Залежність чутливості від швидкості передачі даних для 802.11g і 802.11n

Швидкість Мбіт/с	Чутливість дБм	Швидкість Мбіт/с	Чутливість дБм
802.11g 2,4 ГГц			
54	-66	18	-83
48	-71	12	-85
36	-76	9	-86
24	-80	6	-87
802.11n 5 ГГц			
15	-96	90	-86
30	-95	120	-83
45	-92	135	-77
60	-90	150	-74

Приклад розрахунку дальності роботи каналу зв'язку 802.11.

Для прикладу визначимо дальність роботи каналу зв'язку для технології 802.11n в 40 МГц каналі, що об'єднує канали 36 і 40, при швидкості передачі, що дорівнює 60 Мбіт/с.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 46

Вихідні дані:

Потужність передавача P_t , дБм = 16 дБм

Коефіцієнт підсилення штатної антени передавача G_t , дБі = 3 дБі.

Коефіцієнт підсилення штатної антени приймача G_r , дБі = 1 дБі.

Визначимо сумарний посилення системи передачі за формулою (1.4).

$$Y_{дБ} = 16 + 3 + 1 - (-90) = 110 \text{ дБ.}$$

За формулою (1.3) визначимо втрати у вільному просторі.

$$FSL = 110 - 10 = 100 \text{ дБ.}$$

Центральна смуга частот об'єднаного 40 МГц каналу (36 + 40) дорівнює

$$F = 5190 \text{ МГц.}$$

Розрахуємо відстань між антенами, згідно з формулою (1.2).

$$D = 10^{\frac{100-33}{20} - \lg 5190} = 0,4313 \text{ км} \approx 431 \text{ м.}$$

Порядок виконання завдання

Завдання 1.

1. Вибрати з табл.8.10 відповідно до свого номеру варіанту вихідні дані для розрахунку. Всі розрахунки проводяться з урахуванням того, що використовуються штатні антени точок доступу. Застосовується технологія 802.11n.

Таблиця 8.10

Варіанти завдання 1 (вказані згідно з номером студента в журналі)

№ вар.	N чол.	F Мбіт/с	D_T	D_L	$D_{2,4\text{GHz}}$	$D_{5\text{GHz}}$
1	140	1,5	0,55	0,45	0,65	0,35
2	130	2	0,6	0,4	0,7	0,3
3	120	2,5	0,65	0,35	0,6	0,4
4	130	1	0,75	0,25	0,65	0,35
5	140	1,5	0,5	0,5	0,6	0,4
6	150	2	0,55	0,45	0,65	0,35
7	160	2,5	0,6	0,4	0,7	0,3
8	140	1	0,65	0,35	0,6	0,4

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 47

9	130	1,5	0,75	0,25	0,65	0,35
10	120	2	0,5	0,5	0,7	0,3
11	130	2,5	0,55	0,45	0,6	0,4
12	140	1	0,6	0,4	0,65	0,35
13	150	1,5	0,65	0,35	0,7	0,3
14	160	2	0,75	0,25	0,6	0,4
15	140	2,5	0,5	0,5	0,65	0,35
16	130	1	0,55	0,45	0,7	0,3
17	120	1,5	0,6	0,4	0,6	0,4
18	130	2	0,65	0,35	0,65	0,35
19	140	2,5	0,75	0,25	0,7	0,3
20	150	1	0,5	0,5	0,6	0,4
21	160	1,5	0,55	0,45	0,65	0,35
22	140	2	0,6	0,4	0,7	0,3
23	130	2,5	0,65	0,35	0,6	0,4
24	120	1	0,75	0,25	0,65	0,35
25	130	1,5	0,5	0,5	0,7	0,3
26	140	2	0,55	0,45	0,6	0,4
27	150	2,5	0,6	0,4	0,65	0,35
28	160	1	0,65	0,35	0,7	0,3
29	140	1,5	0,75	0,25	0,6	0,4
30	150	2	0,5	0,5	0,65	0,35

2. Оцінити необхідну кількість точок доступу, виходячи із заданих параметрів.

Завдання 2.

1. Вибрати з табл. 8.11 відповідно до свого номеру варіанту вихідні дані для розрахунку. Всі розрахунки проводяться з урахуванням того, що використовуються штатні антени точок доступу. При оцінці зони покриття природним загасанням сигналу з відстанню знехтувати.

Таблиця 8.11

Варіанти завдання 2 (вказані згідно з номером студента в журналі)

№ вар.	P_t дБм	G_t дБі	G_r дБі	L м	Тип стін
1	10	1	2	3	Дерев'яні
2	11	2	0	4	Міжкімнатні
3	12	3	1	5	Несучі
4	13	1	3	6	Дерев'яні
5	14	2	2	3	Міжкімнатні
6	15	3	0	4	Несучі

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 48

7	10	1	1	5	Дерев'яні
8	11	2	3	6	Міжкімнатні
9	12	3	2	3	Несучі
10	13	1	0	4	Дерев'яні
11	14	2	1	5	Міжкімнатні
12	15	3	3	6	Несучі
13	10	1	2	3	Дерев'яні
14	11	2	0	4	Несучі
15	12	3	1	5	Дерев'яні
16	13	1	3	6	Міжкімнатні
17	14	2	2	3	Несучі
18	15	3	0	4	Дерев'яні
19	10	1	1	5	Міжкімнатні
20	11	2	3	6	Несучі
21	12	3	2	3	Дерев'яні
22	13	1	0	4	Міжкімнатні
23	14	2	1	5	Несучі
24	15	3	3	6	Дерев'яні
25	10	1	2	3	Міжкімнатні
26	11	2	0	4	Несучі
27	12	3	1	5	Дерев'яні
28	13	1	3	6	Міжкімнатні
29	14	2	2	3	Несучі
30	15	3	0	4	Дерев'яні

2. Розрахувати радіус мережі 802.11g на відкритому повітрі і визначити зону покриття мережі на схемі, показаній на рис.8.2 для заданих розміру клітинки і матеріалу стіни. Номер каналу взяти будь-який з дозволеного в Україні діапазону. Розрахунок радіуса провести для максимальної швидкості 54 Мбіт/с.

3. Розподілити точки доступу 802.11g за схемою на рис. 8.2, виходячи з розрахованої зони покриття. Привести частотний план – вказати, на якому каналі повинна працювати кожна точка доступу. При розподілі каналів використовувати тільки ті, які дозволені на території України.

4. Розрахувати радіус мережі 802.11n (5 ГГц) на відкритому просторі і визначити зону покриття мережі на схемі, показаній на рис. 8.2 для заданих розмірів клітинки і матеріалу стінок. Номер каналу взяти будь-який з дозволеного в Україні діапазону. Розрахунок радіуса провести для максимальної швидкості 150 Мбіт/с (ширина каналу 40 МГц).

5. Розподілити точки доступу 802.11n (5 ГГц) за схемою 8.2, виходячи з

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 49

розрахованої зони покриття. Привести частотний план – вказати, на якому каналі повинна працювати кожна точка доступу. При розподілі каналів використовувати тільки ті, які дозволені на території України.

6. Зробити висновки за результатами розрахунків.

Завдання 3

1. Вибрати з табл. 8.12 відповідно до свого номеру варіанту вихідні дані для розрахунку. Всі розрахунки проводяться з урахуванням того, що використовуються штатні антени точок доступу. Для технології 802.11n і для каналу 1, і для каналу 2 наведені номери тільки перших 20 МГц «півканалів» - 40 МГц канал вони утворюють в сукупності з наступним по порядку 20 МГц каналом.

Таблиця 8.12

Варіанти завдання 3 (вказані згідно з номером студента в журналі)

№	P_t	G_t	G_r	802.11g		802.11n	
вар.	дБм	дБи	дБи	канал 1	канал 2	канал 1	канал 2
1	10	1	2	1	8	36	136
2	11	2	0	2	9	40	128
3	12	3	1	3	10	44	108
4	13	1	3	4	11	52	120
5	14	2	2	5	12	56	132
6	15	3	0	6	13	60	149
7	10	1	1	7	8	100	153
8	11	2	3	1	9	112	157
9	12	3	2	2	10	56	124
10	13	1	0	3	11	36	112
11	14	2	1	4	12	40	136
12	15	3	3	5	13	44	128
13	10	1	2	6	8	52	108
14	11	2	0	7	9	56	120
15	12	3	1	1	10	60	132
16	13	1	3	2	11	100	149
17	14	2	2	3	12	112	153
18	15	3	0	4	13	56	157
19	10	1	1	5	8	36	124
20	11	2	3	6	9	40	112
21	12	3	2	7	10	44	136
22	13	1	0	1	11	52	128
23	14	2	1	2	12	56	108
24	15	3	3	3	13	60	120
25	10	1	2	4	8	100	132
26	11	2	0	5	9	112	149
27	12	3	1	6	10	56	153
28	13	1	3	7	11	36	157
29	14	2	2	1	12	44	124
30	15	3	0	2	13	60	112

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 50

2. Для технології 802.11g (2,4 ГГц) для кожного із заданих 20 МГц каналів розрахувати дальності роботи для всіх можливих швидкостей передачі.

3. Для технології 802.11n (5 ГГц) для кожного із заданих 40 МГц каналів розрахувати дальності роботи для всіх можливих швидкостей передачі.

4. За отриманими значеннями дальності побудувати графіки залежності відстані передачі від швидкості передачі. Всі чотири графіка повинні бути побудовані на одній площині координат.

5. Зробити висновки за результатами розрахунків.

Додаток1

Пропускна спроможність послуг телемедичної мережі

Категорія	Необхідна пропускна здатність
Пошта, соц..сторінки, веб-браузери	500 Кбіт/с – 1 Мбіт/с
Відео конференція	384 Кбіт/с – 1 Мбіт/с
Відео стандартного дозволу	1 – 1,5 Мбіт/с
Відео високого дозволу	2 – 5 Мбіт/с
Передача файлів	5 Мбіт/с
Віддалене навчання	2 – 4 Мбіт/с
Інтернет-телефонія	27-39 Кбіт/с

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 51

Лабораторна робота 9

Зчитування та передача даних пульсу та сатурації крові

Мета: навчитися зчитувати дані з датчика пульсу MAX30100 (MAX30102) та передавати їх дистанційно.

Завдання: Організувати зчитування даних з датчика пульсу MAX30100 з використанням ESP32 та виведення на монітор комп'ютера та у хмарне середовище.

Теоретичні відомості та практична частина

MAX30100 (MAX30102) – це інтегрований оптичний датчик, призначений для вимірювання частоти серцевих скорочень (BPM) та рівня насичення крові киснем (SpO₂) за допомогою фотоплетизмографії. Він використовує світлодіоди для визначення пульсу, працює через інтерфейс I2C і живиться від 1.8–5.5В, що робить його популярним для носимих пристроїв, Arduino та IoT-проектів.

Мікросхема MAX30100 складається з двох світлодіодів (червоний і інфрачервоний), фотоприймача, аналогового підсилювача, інтерфейсного модуля і цифрового обробника. Особливостями даного датчика є: наявність низького рівня власних шумів і придушення зовнішнього засвічення. Також мікросхема має високу частоту дискретизації, стійкість до вібрацій при знятті показань і надійним процесом вимірювання.

Технічні характеристики

- Вимірювані параметри: частота пульсу і насичення крові SpO₂
- Напруга живлення: 3,3 В (внутрішній стабілізатор на 1,8 В)
- Струм в режимі вимірювання: 1.2 мА
- Струм в режимі сну: до 10 мкА
- Інтерфейс: I2C
- Максимальна частота інтерфейсу: 400 кГц
- Розміри: 18.5 x 14.5 x 3 мм

1. Зчитування даних та виведення результату на порт монітору.

Для зчитування даних з датчика пульсу MAX30100 на платформі ESP32 ви можете використовувати мову програмування Arduino та фреймворк Arduino IDE. Спочатку необхідно встановити бібліотеку для датчика MAX30100. В Arduino IDE ви можете зробити це через меню Sketch -> Include Library -> Manage Libraries. У вікні менеджера бібліотек введіть MAX30100 у поле пошуку та встановіть бібліотеку MAX30100 Pulse Oximeter.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 52

Важливо враховувати, що підключення датчика до ESP32 має бути виконано вірно. Зазвичай SDA датчика підключається до піна D21, а SCL – до піна D22. Однак, це може змінюватися залежно від конкретної плати ESP32, яку ви використовуєте. Зверніть увагу на документацію вашої конкретної плати ESP32 для визначення правильних пінів для підключення датчика.

Ось простий приклад програми, яка зчитує дані з датчика MAX30100 та виводить їх на моніторі порту в Arduino IDE:

```
#include <Wire.h>
#include "MAX30100_PulseOximeter.h"

PulseOximeter pox;

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  // Ініціалізація датчика MAX30100
  if (!pox.begin()) {
    Serial.println("Не вдалося ініціалізувати датчик. Перевірте підключення!");
    while (1);
  }
}

void loop() {
  // Зчитування даних з датчика
  pox.update();

  // Виведення результатів на монітор порту
  Serial.print("SpO2: ");
  Serial.print(pox.getSpO2());
  Serial.print(" BPM: ");
  Serial.println(pox.getHeartRate());

  delay(1000); // Затримка 1 секунда між зчитуваннями
}
```

Другий варіант

```
#include <Wire.h>
#include "MAX30100_PulseOximeter.h"

#define REPORTING_PERIOD_MS 1000

// PulseOximeter is the higher level interface to the sensor
// it offers:
// * beat detection reporting
// * heart rate calculation
// * SpO2 (oxidation level) calculation
PulseOximeter pox;
```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 53

```

uint32_t tsLastReport = 0;

// Callback (registered below) fired when a pulse is detected
void onBeatDetected()
{
    Serial.println("Beat!");
}

void setup()
{
    Serial.begin(115200);

    Serial.print("Initializing pulse oximeter..");

    // Initialize the PulseOximeter instance
    // Failures are generally due to an improper I2C wiring, missing power supply
    // or wrong target chip
    if (!pox.begin()) {
        Serial.println("FAILED");
        for(;;);
    } else {
        Serial.println("SUCCESS");
    }

    // The default current for the IR LED is 50mA and it could be changed
    // by uncommenting the following line. Check MAX30100_Registers.h for all the
    // available options.
    // pox.setIRLedCurrent(MAX30100_LED_CURR_7_6MA);

    // Register a callback for the beat detection
    pox.setOnBeatDetectedCallback(onBeatDetected);
}

void loop()
{
    // Make sure to call update as fast as possible
    pox.update();

    // Asynchronously dump heart rate and oxidation levels to the serial
    // For both, a value of 0 means "invalid"
    if (millis() - tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS) {
        Serial.print("Heart rate:");
        Serial.print(pox.getHeartRate());
        Serial.print("bpm / SpO2:");
        Serial.print(pox.getSpO2());
        Serial.println("%");

        tsLastReport = millis();
    }
}

```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 54

2. Передача даних у хмарне середовище

Для передачі даних у безкоштовне хмарне середовище ви можете використовувати протокол MQTT та платформу, таку як Adafruit IO або ThingSpeak. Нижче подано простий приклад програми для ESP32, яка зчитує дані з датчика пульсу MAX30100 та відправляє їх до Adafruit IO через MQTT.

1. Спочатку встановіть бібліотеки для роботи з MAX30100 та MQTT. У Arduino IDE перейдіть до Sketch -> Include Library -> Manage Libraries та встановіть бібліотеки: Пошук MAX30100 та встановлення бібліотеки MAX30100 Pulse Oximeter. Пошук "Adafruit MQTT" та встановлення бібліотеки "Adafruit MQTT Library".

2. Включіть інформації про ваш WiFi та Adafruit IO в програму. Отримайте ключі та іншу інформацію після реєстрації на веб-сайті Adafruit IO.

3. Вставте цей код у вашу Arduino IDE та внесіть відповідні зміни для вашого WiFi та Adafruit IO.

```
#include <Wire.h>
#include "MAX30100_PulseOximeter.h"
#include <Adafruit_MQTT.h>
#include <Adafruit_MQTT_Client.h>

/** WiFi Access Point */

#define WIFI_SSID "your-ssid"
#define WIFI_PASS "your-password"

/** Adafruit IO Setup */

#define AIO_SERVER "io.adafruit.com"
#define AIO_SERVERPORT 1883 // Use 8883 for SSL
#define AIO_USERNAME "your-adafruit-username"
#define AIO_KEY "your-adafruit-io-key"

/** MQTT Topics */

#define PULSE_TOPIC AIO_USERNAME "/feeds/pulse"
#define SPO2_TOPIC AIO_USERNAME "/feeds/spo2"

/** MAX30100 Setup */

PulseOximeter pox;

/** MQTT Client Setup */

WiFiClient client;
Adafruit_MQTT_Client mqtt(&client, AIO_SERVER, AIO_SERVERPORT,
AIO_USERNAME, AIO_KEY);
```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 55

```
Adafruit_MQTT_Publish pulse = Adafruit_MQTT_Publish(&mqtt, PULSE_TOPIC);
Adafruit_MQTT_Publish spo2 = Adafruit_MQTT_Publish(&mqtt, SPO2_TOPIC);
```

```
void connect() {
  Serial.print("Connecting to Adafruit IO...");
  int8_t ret;

  while ((ret = mqtt.connect()) != 0) {
    Serial.println(mqtt.connectErrorString(ret));
    Serial.println("Retrying MQTT connection in 5 seconds...");
    mqtt.disconnect();
    delay(5000);
  }
  Serial.println("Connected to Adafruit IO!");
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(10);

  Serial.println("Initializing MAX30100...");
  if (!pox.begin()) {
    Serial.println("Failed to initialize MAX30100. Check connections!");
    while (1);
  }

  Serial.println("Initializing WiFi...");
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASS);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Connecting to WiFi...");
  }
  Serial.println("Connected to WiFi!");

  connect();
}

void loop() {
  pox.update();

  // Виведення результатів на монітор порту
  Serial.print("SpO2: ");
  Serial.print(pox.getSpO2());
  Serial.print(" BPM: ");
  Serial.println(pox.getHeartRate());

  // Публікація результатів на Adafruit IO
  pulse.publish(pox.getHeartRate());
  spo2.publish(pox.getSpO2());

  delay(1000); // Затримка 1 секунда між зчитуваннями
}
```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 56

Ви можете використовувати свої власні дані для WIFI_SSID, WIFI_PASS, AIO_USERNAME та AIO_KEY. Зверніть увагу, що цей код працює з Adafruit IO, але ви також можете адаптувати його для використання інших платформ MQTT, таких як ThingSpeak чи інші.

Існує багато безкоштовних хмарних середовищ та IoT-платформ, які можна використовувати для передачі та візуалізації даних з IoT-пристроїв. Ось кілька популярних альтернатив ThingSpeak:

Blynk: Веб-сайт: Blynk

Blynk – це сервіс для швидкого створення мобільних додатків для IoT-пристроїв. Ви можете використовувати їхній хмарний сервіс для зберігання та візуалізації даних.

ThingSpeak: Веб-сайт: ThingSpeak

ThingSpeak, як ви вже використали в попередньому прикладі, це безкоштовна платформа для візуалізації та аналізу даних.

Adafruit IO: Веб-сайт: Adafruit IO

Adafruit IO – це платформа від виробника електроніки Adafruit. Вона пропонує безкоштовний рівень для відправки, зберігання та відображення даних.

Ubidots: Веб-сайт: Ubidots

Ubidots – це хмарна IoT-платформа, яка надає безкоштовний тариф для обмеженої кількості пристроїв та даних.

Losant: Веб-сайт: Losant

Losant – це платформа для розробки IoT-рішень, яка також пропонує безкоштовний рівень обслуговування.

IoTIFY: Веб-сайт: IoTIFY

IoTIFY – це хмарна платформа, яка надає можливості тестування та взаємодії з IoT-пристроями.

Перед вибором конкретної платформи важливо врахувати ваші потреби, обмеження щодо кількості пристроїв або об'єму даних, а також можливості для візуалізації та аналізу даних відповідно до ваших вимог.

Для зчитування даних з датчика пульсу MAX30100 на ESP32 та їхньої передачі на ThingSpeak вам слід встановити бібліотеку ThingSpeak для ESP32 та бібліотеку для роботи з MAX30100. Ось приклад програми:

1. Встановіть бібліотеку ThingSpeak для ESP32. У Arduino IDE ви можете це зробити через Sketch -> Include Library -> Manage Libraries та встановити бібліотеку ESP32 ThingSpeak.

2. Встановіть бібліотеку MAX30100. У Arduino IDE ви можете це зробити через Sketch -> Include Library -> Manage Libraries та встановити бібліотеку MAX30100 Pulse Oximeter.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 57

3. Включіть інформації про ваш WiFi та ThingSpeak API ключ у програму.

4. Вставте цей код у вашу Arduino IDE та внесіть відповідні зміни для вашого WiFi та ThingSpeak.

```
#include <Wire.h>
#include "MAX30100_PulseOximeter.h"
#include "ThingSpeak.h"

/** WiFi Access Point */

#define WIFI_SSID    "your-ssid"
#define WIFI_PASS    "your-password"

/***** ThingSpeak Setup *****/

unsigned long channelID = 123456; // Ваш ThingSpeak Channel ID
const char *apiKey = "your-api-key"; // Ваш ThingSpeak API ключ

/** MAX30100 Setup */

PulseOximeter pox;

/** ThingSpeak Client Setup */
WiFiClient client;

/** Other Constants */

unsigned long postingInterval = 10000; // Інтервал відправлення даних (в мілісекундах)
unsigned long lastConnectionTime = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(10);

  Serial.println("Initializing MAX30100...");
  if (!pox.begin()) {
    Serial.println("Failed to initialize MAX30100. Check connections!");
    while (1);
  }

  Serial.println("Initializing WiFi...");
  ThingSpeak.begin(client);
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASS);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Connecting to WiFi...");
  }
}
```

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 58

```

Serial.println("Connected to WiFi!");
}

void loop() {
  pox.update();

  // Виведення результатів на монітор порту
  Serial.print("SpO2: ");
  Serial.print(pox.getSpO2());
  Serial.print(" BPM: ");
  Serial.println(pox.getHeartRate());

  // Перевірка часу відправлення даних на ThingSpeak
  unsigned long currentTime = millis();
  if (currentTime - lastConnectionTime > postingInterval) {
    // Відправлення даних на ThingSpeak
    ThingSpeak.setField(1, pox.getHeartRate());
    ThingSpeak.setField(2, pox.getSpO2());

    int status = ThingSpeak.writeFields(channelID, apiKey);
    if (status == 200) {
      Serial.println("Data sent to ThingSpeak!");
    } else {
      Serial.println("Failed to send data to ThingSpeak. Check your configuration!");
    }

    lastConnectionTime = currentTime;
  }

  delay(1000); // Затримка 1 секунда між зчитуваннями
}

```

Ви можете використовувати свої власні дані для `WIFI_SSID`, `WIFI_PASS`, `channelID` та `apiKey`. Зверніть увагу, що цей код використовує ThingSpeak, але ви можете також адаптувати його для використання інших платформ IoT.

1. Спочатку, створіть обліковий запис на ThingSpeak та створіть новий канал для зберігання ваших даних.
2. Отримайте Write API Key з налаштувань каналу на ThingSpeak.
3. Замініть `YOUR_WRITE_API_KEY` у програмі на свій власний ключ API ThingSpeak.
4. Збережіть програму та завантажте її на вашу Arduino-плату.
5. Проведіть серію експериментальних вимірювань зібраним приладом.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.Х/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 59

Лабораторна робота 10

Отримання практичних навичок роботи з телемедицинними приладами на прикладі телемедичного монітора Health Monitor HC-03

Мета роботи: вивчити функціональні можливості портативного медичного монітора Health Monitor HC-03;

– навчитися проводити вимірювання основних фізіологічних параметрів:

частоти серцевих скорочень (BPM),
сатурації кисню крові (SpO₂),
температури тіла,
тиску.

– ознайомитися з принципами телемедичної передачі даних з приладу на мобільний пристрій;

– набути практичних навичок роботи з мобільним додатком моніторингу;

– оцінити переваги та обмеження телемедичних систем моніторингу.

Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з описом приладу (за інструкцією), зовнішнім виглядом та елементами керування монітора HC-03.

2. Визначити призначення основних апаратних модулів.

3. Увімкнути прилад та перевірити його готовність до роботи.

4. Увімкнути Bluetooth на смартфоні.

5. Запустити мобільний додаток для прийому даних.

6. Виконати з'єднання зі монітором HC-03.

7. Переконаватися у надходженні даних у режимі реального часу.

8. Провести 5 вимірювань фізіологічних показників у спокої людини.

9. Провести 5 вимірювань після навантаження.

10. Провести вимірювання наявними приладами та порівняти результати.

11. Оцінити затримку передачі даних.

12. Перевірити стабільність з'єднання.

13. Проаналізувати формат переданих повідомлень (структура пакета).

14. Зробити висновки щодо придатності Bluetooth для телемедичних застосувань.

15. Зробити висновки по роботі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.06-05.02/ 163.00.X/Б/ ВК-1-2026
	Екземпляр № 1	Арк 60 / 60

Аналіз результатів

1. Оцінити повторюваність показників;
2. Визначити можливі причини розбіжностей між локальними та переданими даними;
3. Проаналізувати вплив затримки та втрат пакетів;
4. Оцінити роль смартфона як проміжної телемедичної ланки.

Контрольні питання

1. Які фізіологічні параметри вимірює монітор НС-03?
2. Який принцип вимірювання SpO₂ використовується в приладі?
3. Яку роль виконує ESP32 у телемедичній системі?
4. Які переваги та недоліки Bluetooth у телемедицині?
5. Чим відрізняється локальний моніторинг від телемедичного?

Вимоги до звіту

Звіт повинен містити:

1. Мету та завдання роботи.
2. Опис приладу та принципів вимірювання.
3. Таблиці експериментальних даних.
4. Аналіз телемедичної передачі.
5. Висновки.