

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем

Кафедра телекомунікацій

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Сергій КРАВЧУК

« ____ » _____ 2024 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**за освітньо-професійною програмою «Інженерія та програмування
інфокомунікацій»**

зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Дослідження використання технології LI-FI в медицині»

Виконав:

студентка II курсу, групи ТЗ-21мп

Чумаченко Катерина Денисівна _____

Керівник:

Професор кафедри ТК НН ІТС, д.т.н., професор

Романов О.І. _____

Рецензент:

Доцент кафедри ЕКІР НН ІТС, к.т.н., доцент

Бердников О.М. _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студентка _____

Київ – 2024 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем
Кафедра телекомунікацій**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Інженерія та програмування інфокомунікацій»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Сергій КРАВЧУК

«__» _____ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студентці
Чумаченко Катерині Денисівні**

1. Тема дисертації «Дослідження використання технології Li-Fi в медицині», науковий керівник дисертації Романов Олександр Іванович , професор, доктор технічних наук , затверджені наказом по університету від «31» жовтня 2023 р. № 5075-с.
2. Термін подання студентом дисертації 05.01.2024 р.
3. Об'єкт дослідження застосування технології Li-Fi в галузі медицини та охорони здоров'я.
4. Предмет дослідження впровадження технології Li-Fi в медичних установах для різних цілей, таких як зв'язок, передача даних та моніторинг пацієнтів, з акцентом на підвищення ефективності роботи медичного персоналу, доступності медичних даних та безпеки пацієнтів
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
 1. Аналіз використання безпроводного зв'язку в медичних приміщеннях та в медичній практиці.

2. Проблеми та негативні наслідки впливу бездротового зв'язку на медичні пристрої та їх наслідки при лікуванні пацієнтів.
 3. Дослідження та аналіз можливостей технології Li-Fi.
 4. Дослідження та залучення технології Li-Fi в медицині, аналіз потенційних можливостей використання.
6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу
- азва
 ктуальність, мета, завдання
 наліз використання безпроводового зв'язу в медицині
 цінка проблем в медичному обладнанні під впливом мобільних технологій
 принцип роботи Li-Fi
 орівняння між LI-FI та WI-FI
 астосування LI-FI в медицині
 ереваги та проблеми використання LI-FI
 исновки
7. Орієнтовний перелік публікацій

Чумаченко К. Д., Романов О.І. Використання Li-Fi в медицині // XVII Міжнародна науково-технічна конференція "Перспективи телекомунікацій" ПТ-2023: Збірник матеріалів конференції. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Квітень 2023, с. 119-121.

9. Дата видачі завдання "01" вересня 2022 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
	Пошук та опрацювання літератури з теми наукового дослідження.		виконано
	Дослідження використання безпроводового зв'язку в медицині		виконано
	Написання першого розділу магістерської дисертації.		виконано
	Дослідження впливу електромагнітних перешкод на медичне обладнання		виконано
	Написання другого розділу магістерської дисертації.		виконано
	Дослідження технології Li-Fi		виконано
	Написання третього розділу магістерської дисертації.		виконано
	Дослідження використання технології Li-Fi в медицині		виконано
	Написання четвертого розділу		виконано

	магістерської дисертації.		
	Підготовка стартап проекту за магістерською дисертацією.		виконано
	Висновки по всім сферам дослідження, які були проведені.		виконано
	Оформлення магістерської дисертації.		виконано

Студент

Катерина ЧУМАЧЕНКО

Науковий керівник дисертації

Олександр РОМАНОВ

РЕФЕРАТ

Текстова частина магістерської дисертації містить: 98 сторінок, 26 рисунків, 25 таблиць та 32 джерел

Метою роботи є вивчення потенційних можливостей застосування технології Li-Fi в галузі медицини та охорони здоров'я, дослідити, як технологія Li-Fi може бути використана для покращення надання медичних послуг, результатів лікування пацієнтів та медичних досліджень. Також розглянути технічні аспекти технології Li-Fi, її переваги над традиційними технологіями бездротового зв'язку, її обмеження та виклики.

Задачі, що були поставлені на дану роботу:

аналіз використання безпроводного зв'язку в медичних приміщеннях та в медичній практиці.

проблеми та негативні наслідки впливу бездротового зв'язку на медичні пристрої та їх наслідки при лікуванні пацієнтів.

дослідження та аналіз можливостей технології Li-Fi.

дослідження та залучення технології Li-Fi в медицині, аналіз потенційних можливостей використання.

Об'єкт дослідження застосування технології Li-Fi в галузі медицини та охорони здоров'я.

Предмет дослідження впровадження технології Li-Fi в медичних установах для різних цілей, таких як зв'язок, передача даних та моніторинг пацієнтів, з акцентом на підвищення ефективності роботи медичного персоналу, доступності медичних даних та безпеки пацієнтів.

Методи дослідження є всебічний огляд існуючої літератури з технології Li-Fi в медицині для визначення поточного стану знань та прогалин у дослідженнях та областях, що потребують подальшого вивчення, аналіз з використанням як якісних, так і кількісних методів аналізу даних. На основі

аналізу даних зроблені висновки та надані рекомендації щодо впровадження технології Li-Fi в медичних установах.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в комплексному дослідженні потенційних переваг та викликів, пов'язаних з використанням технології Li-Fi в медичних установах. Це дослідження зробить внесок у сучасні знання про впровадження технології Li-Fi в охороні здоров'я, оскільки воно надасть уявлення про доцільність, ефективність і надійність цієї технології для передачі медичних даних. Результати дослідження нададуть цінну інформацію медичним працівникам та IT-фахівцям, які розглядають можливість впровадження технології Li-Fi в медичних установах.

Практичне значення одержаних результатів:

XVII Міжнародна науково-технічна конференція "Перспективи телекомунікацій" ПТ-2023: Збірник матеріалів конференції. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Квітень 2023, с. 119-121.

Ключові слова: технологія Li-Fi, медичні установи, охорона здоров'я, доцільність, ефективність, надійність, медичні дані, медичні працівники, впровадження, IT-спеціалісти, бездротовий зв'язок.

Abstract

The text part of the master's thesis contains: 98 pages, 26 figure, 25 table and 32 references

The object application of Li-Fi technology in the field of medicine and healthcare..

The subject of the study is to investigate the feasibility and benefits of implementing Li-Fi technology in medical institutions for various purposes, such as communication, data transmission and patient monitoring, with a focus on improving the efficiency of medical staff, the availability of medical data and patient safety.

The research methods include a comprehensive review of existing literature on Li-Fi technology in medicine to determine the current state of knowledge and research gaps and areas requiring further study, analysis using both qualitative and quantitative data analysis methods. Based on the data analysis, conclusions were

drawn and recommendations were made for the implementation of Li-Fi technology in medical institutions.

The scientific novelty of the results obtained is a comprehensive study of the potential benefits and challenges associated with the use of Li-Fi technology in medical institutions. This study will contribute to the current knowledge about the implementation of Li-Fi technology in healthcare, as it will provide insight into the feasibility, efficiency and reliability of this technology for medical data transmission. The results of the study will provide valuable information to healthcare providers and IT professionals who are considering implementing Li-Fi technology in healthcare facilities.

Practical significance of the results:

XVII International Scientific and Technical Conference "Prospects of Telecommunications" PT-2023: Collection of conference materials. K.: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, April 2023, pp. 119-121.

Keywords: Li-Fi technology, medical institutions, healthcare, feasibility, efficiency, reliability, medical data, medical workers, implementation, IT specialists, wireless communication.

ЗМІСТ

Вступ.....	13
РОЗДІЛ 1	15
Аналіз використання безпроводового зв'язу в медицині.....	15
1.1. Застосування WSN в охороні здоров'я.....	16
1.2. Пристрої моніторингу життєво важливих показників людини .	21
Висновок	24
РОЗДІЛ 2	26
Електромагнітні перешкоди на медичне обладнання через бездротові комунікаційні пристрої.....	26
2.1. Електромагнітні перешкоди від бездротової локальної мережі	27
2.2. Оцінка проблем в медичному обладнанні під впливом мобільних технологій	30
Висновок	42
РОЗДІЛ 3	45
LI-FI - РЕВОЛЮЦІЯ У СФЕРІ БЕЗДРОВОГО ЗВ'ЯЗКУ	45
3.1. Принцип роботи Li-Fi	46
3.2. Порівняння між LI-FI та WI-FI	50
Висновок	57
РОЗДІЛ 4	58
ЗАСТОСУВАННЯ LI-FI.....	58
4.1. Застосування в медицині.....	58
4.2. Переваги та проблеми використання LI-FI:	71
Висновок	75
РОЗДІЛ 5	77
РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	77
5.1. Опис ідеї проекту	77
5.2. Технологічний аудит ідеї проекту.....	79
5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	80
5.4. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	88

Висновки	90
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ:	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:	94

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

Li-Fi	Light Fidelity - технологія передачі даних за допомогою видимого світла
Wi-Fi	Wireless Fidelity - технологія бездротового доступу до Інтернету
RF	Radio Frequency - радіочастота
LED	Light Emitting Diode - світлодіод
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers - Інститут інженерів з електротехніки та електроніки
EMR	Electronic Medical Record - електронна медична історія
OR	Operating Room - операційна
IoT	Internet of Things - Інтернет речей
UWB	Ultra-wideband - надширокосмугова радіочастота
VLC	Visible Light Communication - комунікація за допомогою видимого світла
FDA	Food and Drug Administration - Управління з санітарного нагляду за якістю харчових продуктів і медикаментів США
IEC	International Electrotechnical Commission - Міжнародна електротехнічна комісія
ANSI	American National Standards Institute - Американський національний інститут стандартів
ЕКГ	Електрокардіографія — метод графічної реєстрації електричних явищ
ЕЕГ	Електроенцефалограма — один із найбільш інформативних видів дослідження функції головного мозку
УЗД	Ультразвукова діагностика – це додатковий інструментальний метод діагностики
WSN	Wireless sensor network
PDA	Особистий цифровий помічник

GUI Тип інтерфейсу, який дає змогу користувачам взаємодіяти з електронними пристроями через графічні зображення

EMI Електромагнітні перешкоди

WLAN Локальна мережа

ВСТУП

Новітні технології та розміри смартфонів, ноутбуків та інших смарт-пристроїв призводять до зростання інтересу звичайних людей до дротового та бездротового зв'язку. Більшість людей підключаються до мережі для обміну даними, взаємодії, спілкування, оновлення знань, освіти та соціальної активності. Таким чином, люди зацікавлені в швидкій та ефективній передачі даних, використовуючи низьку вартість та пропускну здатність. Індустрія охорони здоров'я є однією з найбільших і найбільш швидкозростаючих галузей у світі. Компанії, що належать до цієї галузі, надають широкий спектр медичних та соціальних послуг через лікарні, лікарські кабінети, будинки престарілих, центри амбулаторної хірургії та інші заклади. Оскільки світова галузь охорони здоров'я бореться з нестійкою траєкторією витрат, вона також стикається з підвищеним попитом на медичні послуги з боку зростаючої кількості споживачів-пацієнтів. Саме тому ми маємо системи охорони здоров'я, які покликані ефективно надавати медичні послуги. З різкими змінами в технологіях, ця сфера також вдосконалюється, щоб надавати якісні послуги людям. Однією з чудових технологій, що з'явилися, є бездротові сенсорні мережі. Досягнення в галузі бездротових сенсорних мереж відкрили багато інноваційних можливостей в системах охорони здоров'я.

В сучасному світі бездротові технології стали необхідними у багатьох сферах життя, включаючи медицину. Бездротовий зв'язок може значно полегшити роботу медичного персоналу та покращити якість медичної допомоги пацієнтам.

Харальд Хаас представив і популяризував термін Li-Fi на глобальній конференції TED 2011 року, продемонструвавши передачу відео за допомогою світлодіодної лампочки зі швидкістю 10 Мбіт/с.

За допомогою звичайних світлодіодних лампочок червоного, зеленого, синього (RGB) і білого кольорів вченим вдалося створити бездротову мережу, здатну передавати дані зі швидкістю 800 Мбіт/с, таким чином досягнувши успіху в 2011 році.

Li - Fi - це технологія телекомунікаційного майбутнього. Обладнання, таке як ноутбуки, смартфони та планшети, зможуть передавати дані через світло в кімнату або на певну територію. З точки зору безпеки, якщо людина не бачить світла, вона не зможе отримати доступ до даних. Як результат, Li - Fi можна використовувати у військових зонах з високим рівнем безпеки, де радіочастотний зв'язок схильний до прослуховування.

Як і у військовій сфері, технологія Li - Fi застосовується і в медицині. Після визначення цього нового способу передачі інформації по бездротовому зв'язку, можна виділити деякі внески Li - Fi в охорону здоров'я або зв'язок в медичних центрах:

- А. Бездротова передача великих обсягів даних за допомогою освітлення.
- В. Невтручання в роботу інших пристроїв або інструментів.
- С. Відсутність кабелів (ЕКГ або ЕЕГ).

Цифрова історія хвороби може отримати перевагу від передачі більших обсягів даних (швидший доступ) в будь-якій точці лікарні за допомогою світлодіодного освітлення, що забезпечує безпомилкову передачу сигналів на бездротові приймачі.

Сьогодні проводяться дослідження щодо застосування цієї технології в окулографії, електроенцефалографії (ЕЕГ), електрокардіографії (ЕКГ), а також для підключення до мозку пацієнтів в інвалідних візках.

Медичні додатки, які працюють на основі бездротових технологій, можуть адаптувати Li - Fi більш ефективно і дешево, а також дбайливо ставитися до навколишнього середовища, оскільки вона не генерує шкідливих для здоров'я людини довжин хвиль, а також не створює перешкод для зовнішніх сигналів.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПРОВОДОВОГО ЗВ'ЯЗКУ В МЕДИЦИНІ

Однією з головних переваг бездротового зв'язку в медицині є можливість швидкого та точного обміну інформацією про пацієнта. Це особливо важливо в екстрених ситуаціях, коли кожна секунда може вирішувати життя людини. Крім того, бездротовий зв'язок дозволяє медичному персоналу отримувати доступ до інформації про пацієнта з будь-якого місця та в будь-який час, що значно полегшує їх роботу. Іншою перевагою використання бездротових технологій у медицині є можливість зменшення кількості помилок та недоліків у медичній практиці. Завдяки бездротовому зв'язку лікарі можуть отримувати більш точну та повну інформацію про пацієнта, що дозволяє їм приймати більш обґрунтовані рішення та покращувати якість медичної допомоги.

Використовуючи безпроводові датчики та монітори, медичні фахівці можуть в режимі реального часу відслідковувати стан пацієнта та отримувати необхідну інформацію про його фізичний стан, яка може бути вирішальною для проведення лікування. Безпроводовий зв'язок також дозволяє медичним фахівцям ефективно використовувати мобільні пристрої, такі як смартфони та планшети, для отримання доступу до медичної інформації та обміну нею. Це дозволяє медичним фахівцям бути більш мобільними та ефективними в своїй роботі, що зменшує час на організацію та обробку медичної інформації.

Безпроводовий зв'язок дозволяє медичним фахівцям застосовувати медичну інформаційну систему. Це цілий програмно-технічний комплекс, що готує і забезпечує процеси збирання, зберігання й обробки інформації в медицині й галузі охорони здоров'я.

Інтернет медичних речей, Інтернет речей, або IoT, прагне підключити людей до пристроїв, які полегшують і покращують їхнє повсякденне життя. Остання тенденція Інтернету медичних речей спрямована на підключення медичних пристроїв до Інтернету для обробки та передачі інформації про

пацієнтів з відповідним персоналом. На даний момент деякі пристрої або елементи в медичному середовищі, які мають внутрішню технологію для передачі інформації або навіть виконання дій у разі необхідності, це:

онітори глюкози

озумні таблетки

інгалятори

дрони, створені для доставки ліків

Ще одним застосуванням безпроводового зв'язку в медицині є телемедицина. Є важливою інновацією, яка зараз практикується в багатьох країнах світу через пандемічні обмеження на громадські поїздки. Це послуга, пов'язана зі здоров'ям за допомогою телекомунікаційних та електронних інформаційних технологій. Телемедицина дозволяє медичним фахівцям проводити консультації та діагностику пацієнтів на віддаленій відстані, що зменшує час та витрати на подорож до лікаря. Завдяки безпроводовому зв'язку, медичні фахівці можуть проводити телеконференції та обмінюватися медичною інформацією з іншими лікарями, що забезпечує більш точну та ефективну допомогу пацієнту. За допомогою цієї технології лікарі-практики бачать пацієнтів віртуально, уникаючи особистого контакту, але при цьому можуть діагностувати та лікувати пацієнтів від багатьох захворювань. Має широкий спектр використання, включаючи онлайн-консультації пацієнтів, дистанційне керування, дистанційне обслуговування та дистанційну фізичну та психіатричну реабілітацію.[1]

Застосування WSN в охороні здоров'я

Медичні апаратно-комп'ютерні системи виділяють як окремий вид експертних систем безпроводового зв'язку. Це медичні системи моніторингу за станом хворих на основі довготривалого і неперервного аналізу великого обсягу даних, що характеризують стан фізіологічних систем організму (ЕКГ, тиск крові, частота дихання, температурна крива, вміст газів у крові та в повітрі, що видихається, тощо); системи комп'ютерного аналізу даних

томографії, УЗД, радіографії; автоматизовані системи інтенсивної терапії, біологічного зворотного зв'язку, протези та штучні органи, що створюються на основі мікропроцесорної технології; системи автоматизованого аналізу даних мікробіологічних та вірусологічних досліджень, аналізу клітин і тканин людини. Моніторинг здоров'я: WSN можна використовувати для моніторингу пацієнта в клінічних умовах або вдома, незалежно від місцезнаходження пацієнта або особи, яка за ним доглядає. Система моніторингу часто необхідна для постійного контролю життєво важливих параметрів пацієнта, таких як кров'яний тиск, частота серцевих скорочень, температура тіла і ЕКГ. Датчики та мітки місцезнаходження можуть використовуватися для відстеження як медичного персоналу, так і пацієнта. Оскільки профілактика краща за лікування, першорядне значення має управління здоров'ям, а не хворобою. Для цього необхідний індивідуальний моніторинг стану здоров'я з певною періодичністю. Завдяки тому, що система є бездротовою, вона є гнучкою і не вимагає, щоб пацієнт був обмежений своїм ліжком.[2]

Бездротові тілесні мережі охоплюють збір медичної інформації в режимі реального часу, отриманої з різних датчиків. Важливими характеристиками цих мереж є протоколи бездротового зв'язку, частотні діапазони, пропускна здатність, шифрування, енергоспоживання та мобільність. Типова бездротова натільна мережа показана на Рис.1.1. Конструкція натільних датчиків дозволяє користувачеві безперервно відстежувати фізіологічні дані, які використовуються в охороні здоров'я за допомогою WSN. Бездротова мережа продовжує моніторинг стану здоров'я під час перебування пацієнта в лікарні або вдома. Вона може бути корисною в екстрених випадках, коли надсилає дані про стан здоров'я пацієнта медичному працівнику. Вона також може допомогти людям, надаючи такі медичні послуги, як покращення пам'яті, доступ до медичних даних, виявлення раку, астми та моніторинг рівня глюкози в крові.

Деякі лікарні розробили, впровадили і протестували біомедичну бездротову сенсорну мережу (BWSN).[3] Вони дозволяють одночасно використовувати шість різних датчиків, а саме

emscap - бездротовий датчик тиску

illicore - датчик витоку легеневого повітря DigiVent

ovosense - датчик ЕКГ CardioPatch

ovelda - медичний UWB-IR радар

ТТ - Акселерометр для моніторингу серцевого ритму

INTEF - датчик SpO2 та температури

В даний час цей напрямок все ще розвивається, щоб зробити безпеку, ефективність та результативність набагато краще. Крім того, архітектура систем високого рівня включає в себе пристрої такі як датчики, розміщені в навколишньому середовищі, і датчики, прикріплені до пацієнта.

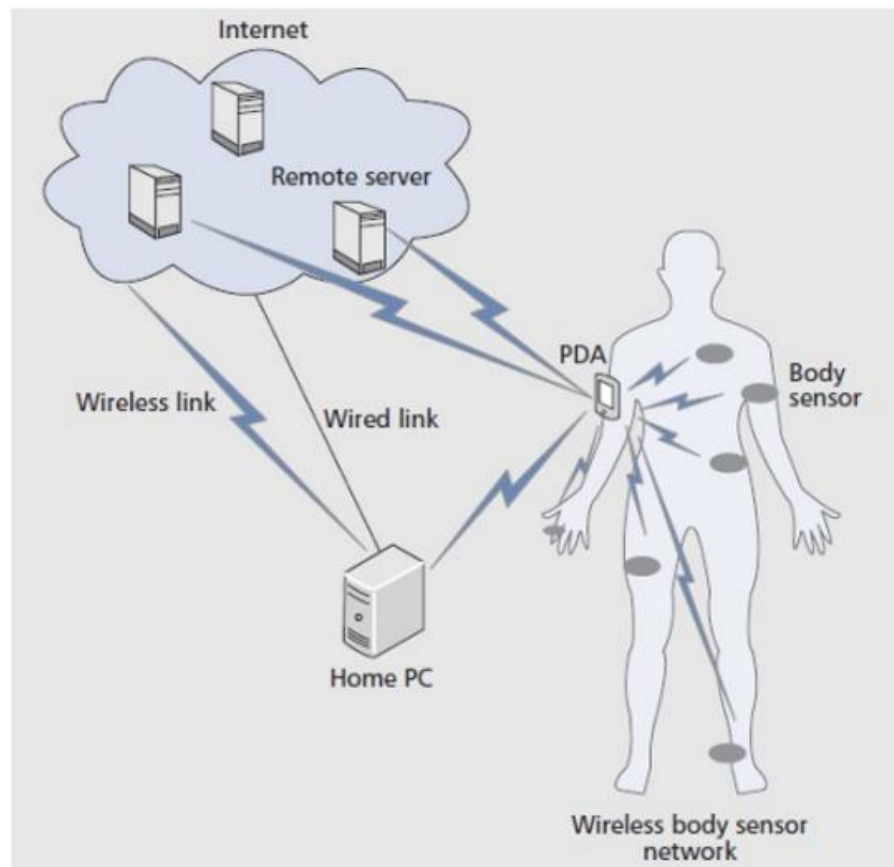


Рис.1.1 Бездротова мережа датчиків тіла[4]

Декілька типів датчиків, що носяться пацієнтом, утворюючи тілесну мережу (BAN), і один або декілька типів датчиків, розгорнутих в навколишньому середовищі, утворюючи персональну мережу (PAN). Ці дві

мережі підключаються до магістральної мережі через вузол-шлюз. На рівні додатків медичні працівники або інші особи, які здійснюють догляд, можуть відстежувати життєво важливу інформацію про стан здоров'я пацієнта в режимі реального часу за допомогою графічного інтерфейсу користувача (GUI). У разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Надзвичайні ситуації викликають сповіщення в додатку, і ці сповіщення та інша інформація про стан здоров'я може бути доступна через мобільні пристрої, такі як ноутбуки, персональні цифрові асистенти (PDA) і смартфони. Огляд простого сценарію застосування бездротової сенсорної мережі зображено на рис. 1.2. Виходячи з цього спостереження, у типовому сценарії є чотири різні категорії учасників, окрім досвідчених користувачів систем, таких як адміністратори та розробники.

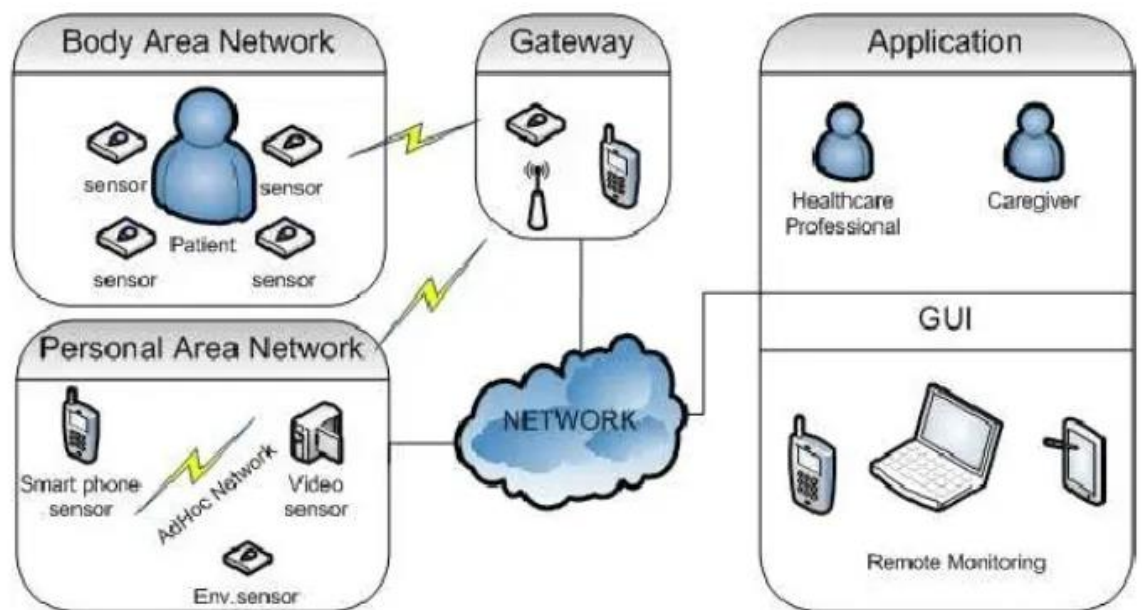


Рис. 1.2 Огляд простого сценарію застосування WSN в охороні здоров'я[5]

Вони включають:

- Діти: ця група складається з молодих людей, які не здатні піклуватися про себе, таких як немовлята, малюки або ті, хто вже більш дорослі, але все ще потребують постійного нагляду.

- Люди похилого віку та хронічно хворі: до цієї групи належать хронічно хворі люди, які мають когнітивні розлади або інші медичні розлади, пов'язані з серцем, диханням тощо, а також люди похилого віку, які також можуть мати ці симптоми, крім того, вони більш схильні до раптових падінь.

- Особи, які здійснюють догляд: до цієї групи належать батьки та няні дітей, а також особи, які здійснюють догляд за людьми похилого віку та хронічно хворими, та інші особи, які доглядають за ними.

- Медичні працівники: це професійні доглядальники, такі як лікарі та інші медичні працівники, які відповідають за постійний моніторинг стану здоров'я людей похилого віку та хронічно хворих людей і здатні надати негайну допомогу в разі виникнення надзвичайних ситуацій. [6]

До переваг WSN в охороні здоров'я належать:

1. Г

н

у

ч

к

і

с

т

ь

:

2. Вигляд пристроїв, розміщення фізичних компонентів, а також безсервєрне периферійне доміювання відраховується з мейнфреймів, втручання до зв'язних мереж, обробка даних та передавання їх швидко реалізується. Для своїх пристроїв портативність означає зручність, простоту і керуваність. Ненав'язливість допомагає пацієнтам сприймати їх і мінімізує вплив

смарт-пристроїв та комп'ютерів. Це забезпечує пацієнту негайну та своєчасну медичну допомогу. Сенсори WSN дозволяють спостерігати за пацієнтами і завжди залишатися під медичним контролем.

3. Самоорганізація: Лікарі можуть змінювати місію мережі, коли змінюються медичні потреби. Технологічні фахівці зробили ці речі простими у використанні. Вони спроектували ці пристрої так, щоб ними можна було легко маніпулювати і переналаштовувати медичним працівникам або людині, яка ними користується. Дизайн може залежати від даних, які будуть потрібні для медіального аналізу.
4. Недорогі: Використання мереж WSN в охороні здоров'я забезпечує недорогу комунікаційну інфраструктуру, яка підходить для моніторингу.[6]

пристрої моніторингу життєво важливих показників людини

Пристрої моніторингу життєво важливих показників є найбільш поширеними медичними системами, що реалізуються за допомогою бездротових технологій. Бездротові системи моніторингу артеріального тиску показані на Рис. 1.3 і можуть використовуватися в клінічних умовах, в амбулаторному моніторингу або для особистого моніторингу здоров'я. Бездротова манжета для вимірювання артеріального тиску, як показано на Рис. 1.3 а, була розроблена SunTech та Гарвардською лабораторією сенсорних мереж.[7] Бездротові оксиметри, такі як пристрій, зображений на Рис. 1.4, можуть вимірювати рівень кисню в крові пацієнта до 120 годин безперервного моніторингу від повністю зарядженого акумулятора [8]. На Рис. 1.5 показано бездротовий пристрій для моніторингу електрокардіограми (ЕКГ). Він підтримує до 12 каналів і може використовуватися безперервно протягом 24 годин від повністю зарядженого акумулятора[9]. Цей пристрій демонструє одне з найбільших покращень для бездротових медичних систем: підвищення мобільності

пацієнтів. Він дозволяє здійснювати безперервний моніторинг ЕКГ пацієнта і усуває необхідність приєднувати і знімати електроди ЕКГ. Бездротова гарнітура для зняття електроенцефалограми (ЕЕГ) показана на Рис. 1.6. Ця система підтримує 14 датчиків і може працювати до 12 годин від повного заряду акумулятора[10].

Інші комерційні системи включають інтегровану систему моніторингу серцевої діяльності, нахилів, дихання і температури[11] та бездротовий детектор гамма-випромінювання[12]. Нещодавно з'явилися комплексні рішення для моніторингу активності. Система FIT - це наручний браслет, який включає в себе 3-D акселерометр, датчик температури, датчик поту і датчик випромінюваного тепла, як показано на Рис. 1.7, в той час як Basis Band - це наручний годинник, який включає в себе датчик частоти серцевих скорочень, гальванічний датчик поту, 3-D акселерометр і датчик температури. Намагаючись стандартизувати сумісність біосенсорів з бездротовою комунікаційною інфраструктурою, Continua Health Alliance створив консорціум з більш ніж 240 компаній, щоб сприяти розробці інтерфейсів бездротових технологій з широким спектром біосенсорів і забезпечити стандартизований процес сертифікації нових бездротових медичних пристроїв, який гарантує, що ці нові пристрої можуть працювати в бездротових натільних мережах, персональних мережах і глобальних мережах[13],[14]. Комерційні бездротові медичні пристрої зараз інтегрують різні біосенсори в одну бездротову систему. Це дозволяє здійснювати віддалений моніторинг багатьох біосигналів одночасно в режимі реального часу. Форм-фактори цих пристроїв продовжують зменшуватися. Ця тенденція збережеться, оскільки все більше біосенсорів розробляються і оптимізуються для роботи з низьким енергоспоживанням і малим форм-фактором.

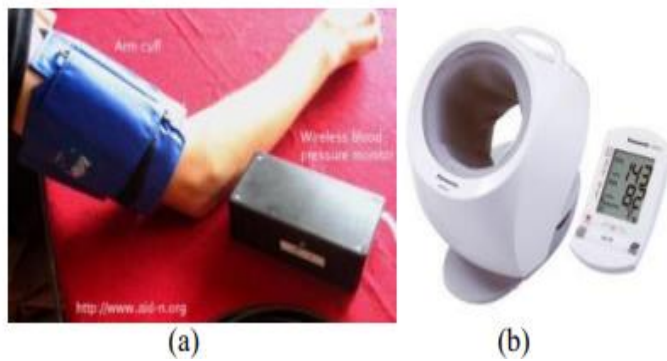


Рис.1.3.(а) Бездротова манжета для вимірювання артеріального тиску;[7](б) бездротовий пристрій для вимірювання артеріального тиску.[15]



Рис. 1.4. Бездротовий оксиметр.[8]



Рис. 1.5. Бездротова система моніторингу ЕКГ.[9]



Рис. 1.6. Бездротова система моніторингу ЕЕГ.[10]



Рис. 1.7. Система моніторингу активності ручного бандажа з датчиками для вимірювання руху, температури, потовиділення та випромінюваного тепла.[16]

Висновок

Бездротовий зв'язок революціонував спосіб спілкування та доступу до інформації. У галузі охорони здоров'я бездротовий зв'язок змінив правила гри, дозволивши медичним працівникам покращити догляд за пацієнтами та результати лікування. Використання бездротового зв'язку в медицині за

останні кілька років зросло в геометричній прогресії, і очікується, що воно буде продовжувати зростати з розвитком технологій.

Однією з найважливіших переваг бездротового зв'язку в медицині є покращення догляду за пацієнтами. Бездротовий зв'язок дозволяє медичним працівникам отримувати доступ до інформації про пацієнта з будь-якого місця і в будь-який час, що допомагає їм приймати обґрунтовані рішення щодо догляду за пацієнтом. Наприклад, лікарі можуть отримати віддалений доступ до історій хвороб пацієнтів і переглядати результати аналізів на своїх мобільних пристроях, що дозволяє їм приймати своєчасні рішення щодо лікування пацієнтів. Це призвело до покращення результатів лікування пацієнтів, скорочення часу перебування в лікарні та зменшення витрат на охорону здоров'я.

Бездротовий зв'язок також полегшив дистанційний моніторинг пацієнтів, що особливо корисно для пацієнтів з хронічними захворюваннями. Пристрої дистанційного моніторингу дозволяють медичним працівникам віддалено відстежувати стан здоров'я пацієнтів і вчасно втручатися, коли це необхідно. Це призвело до кращого управління захворюваннями, покращення результатів лікування та зменшення кількості повторних госпіталізацій. Очікується, що з розвитком технологій використання бездротового зв'язку в медицині зростатиме, і медичні працівники повинні продовжувати адаптуватися до цих змін, щоб забезпечити найкращий догляд за своїми пацієнтами.

РОЗДІЛ 2

ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПЕРЕШКОДИ НА МЕДИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ЧЕРЕЗ БЕЗДРОТОВІ КОМУНІКАЦІЙНІ ПРИСТРОЇ

Однак, разом з перевагами бездротового зв'язку в медицині, існують і певні недоліки. Одним з найбільших недоліків є проблеми безпеки даних. У медицині використовуються дуже конфіденційні дані про пацієнтів, тому важливо забезпечити надійний захист цих даних від несанкціонованого доступу. Крім того, можливість перешкод у роботі системи через електромагнітні інтерференції також може стати проблемою. Проблема безпеки даних може бути вирішена за допомогою застосування різних технологій шифрування та аутентифікації. Наприклад, можна використовувати біометричну ідентифікацію, таку як сканування відбитку пальця або розпізнавання обличчя, щоб забезпечити надійний захист даних пацієнта. Перспективи використання бездротових технологій у медицині Незважаючи на певні недоліки, використання бездротових технологій у медицині є необхідним кроком у розвитку медичної сфери. Завдяки бездротовому зв'язку можна значно полегшити роботу медичного персоналу та покращити якість медичної допомоги пацієнтам. Одним з можливих напрямків розвитку бездротових технологій у медицині є використання датчиків та інтернету речей. Наприклад, можна використовувати спеціальні датчики, які будуть встановлені на тілі пацієнта та збирати дані про його стан здоров'я. Ці дані можуть передаватися за допомогою бездротового зв'язку на сервер, де вони будуть оброблятися та аналізуватися лікарем.

Хоча застосування WSN в охороні здоров'я має значні переваги, вони стикаються з деякими проблемами, такими як низька потужність, обмежені обчислення, низька пропускна здатність, надійна передача даних, безперервна робота, перешкоди, підтримка мобільності вузлів, вразливість, безпека,

своєчасна доставка даних, безпека, конфіденційність, перевантаження і регуляторні обмеження. Пристрої WSN, як правило, обмежені з точки зору потужності, обчислень і зв'язку. Низька потужність безпосередньо обмежує обчислення. WSN вразливі до різних несправностей датчиків, і ця вразливість перешкоджає ефективному і своєчасному реагуванню в медичних додатках. Безпека є важливим питанням для будь-якої системи, особливо для медичних мереж, де ми маємо справу з конфіденційними медичними даними людей. Конфіденційність є ще одним основним питанням, яке турбує пацієнтів, і найбільшим бар'єром для розгортання електронної охорони здоров'я. Додатки для охорони здоров'я накладають обмеження на наскрізну надійність, яка вимірює, наскільки добре працює система при наявності збоїв. Перевантаження необхідно приборкати, оскільки воно впливає на потік даних і затримку в їх доставці. Інтеграція декількох сенсорних пристроїв, що працюють на різних частотах, спричиняє проблеми сумісності.

Отже, бездротові технології в медицині мають багато переваг, але потребують пильного контролю та забезпечення безпеки даних. Такі технології можуть значно полегшити роботу медичного персоналу та покращити якість медичної допомоги пацієнтам. У майбутньому можна очікувати подальшого розвитку бездротових технологій у медицині, що дозволить ще більше покращити якість медичної допомоги та зберегти життя пацієнтів.

електромагнітні перешкоди від бездротової локальної мережі

Бездротові локальні мережі (WLAN) стали невід'ємною частиною нашого життя. Вони використовуються в домашніх господарствах, бізнес-установах і медичних закладах. Однак WLAN можуть створювати

електромагнітні перешкоди для медичних пристроїв. Ці перешкоди можуть призвести до неправильної роботи або навіть пошкодження пристроїв.

WLAN використовують радіохвилі для передачі даних. Радіочастоти (RF) є формою електромагнітного випромінювання. Вони можуть бути джерелом ЕМП для медичних пристроїв.

Існує два основних типи ЕМП WLAN:

- Спектральні перешкоди. Це перешкоди, які виникають, коли радіохвилі WLAN перекриваються з сигналами, що генеруються медичними пристроями.
- Імпульси ЕМП. Це перешкоди, які виникають, коли радіохвилі WLAN викликають різкі зміни напруги або струму в медичних пристроях.

ЕМП WLAN можуть впливати на медичні пристрої різними способами.

Вони можуть призвести до:

- Неправильною роботою. ЕМП можуть призвести до того, що медичні пристрої працюватимуть неправильно або неточно. Наприклад, ЕМП можуть призвести до того, що кардіостимулятори будуть надсилати неправильні імпульси до серця.
- Пошкодження. ЕМП можуть пошкодити електронні компоненти медичних пристроїв. Це може призвести до того, що пристрої працюватимуть неправильно або зовсім перестануть працювати.

Електромагнітні перешкоди (ЕМІ) можуть впливати на різні медичні пристрої. Випадок ЕМІ від бездротової локальної мережі (WLAN) на системі моніторингу електрокардіограми (ЕКГ). Пацієнт, який раніше переніс інфаркт міокарда, проходив кардіологічну реабілітаційну програму в центрі спортивної медицини лікарні за бездротовою системою моніторингу ЕКГ. Після встановлення WLAN бездротова система моніторингу ЕКГ не змогла показати належний сигнал ЕКГ. Сигнал ЕКГ був спотворений під час увімкнення WLAN, але нормалізувався після вимкнення WLAN.[17]

Пацієнт, який раніше переніс інфаркт міокарда, брав участь у програмі серцевої реабілітації в центрі спортивної медицини бездротовою системою моніторингу ЕКГ (Quinton Q-Tel Cardiac Rehabilitation Management System, Cardiac Science, Bothell, WA, США). ЕКГ-сигнал пацієнта системою передавався від передавача до приймача на частоті 2,4 ГГц. До грудної стінки пацієнта було прикріплено п'ять електродів для моніторингу ЕКГ під час фізичних вправ. Монітор ЕКГ показував чіткі сигнали ЕКГ, поки в центрі спортивної медицини не було встановлено WLAN (SK Telecom, Сеул, Корея). Тому була підозра на електромагнітні перешкоди від WLAN у системі моніторингу ЕКГ. Сигнали WLAN передавалися на потужності 100 мВт і в діапазоні частот 2,4 ГГц. Точка бездротового доступу була розташована на відстані 2 м від приймача системи моніторингу ЕКГ. Під час увімкнення WLAN відображався спотворений сигнал ЕКГ (Рис. 2.1.А). Сигнал ЕКГ нормалізувався після вимкнення WLAN (Рис. 2.1.В). Аномальний сигнал ЕКГ знову з'явився відразу після ввімкнення WLAN (Рис. 2.1.С). З чого було зроблено висновок, що сигнал WLAN заважає сигналу ЕКГ. Таким чином, було вилучено пристрій WLAN з центру спортивної медицини.[17]

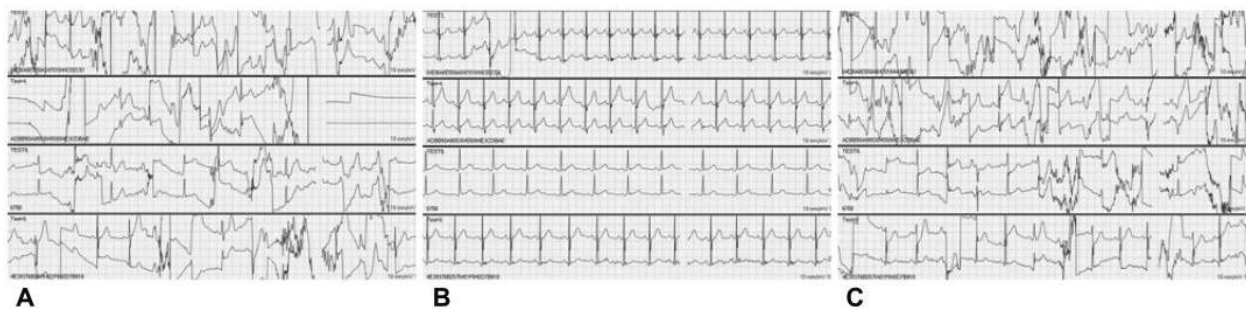


Рис.2.1 Сигнал ЕКГ. А) Спотворений сигнал; В) Сигнал ЕКГ нормалізувався після вимкнення WLAN; С) Аномальний сигнал ЕКГ знову з'явився відразу після ввімкнення WLAN.[17]

Електромагнітні перешкоди бездротової локальної мережі (WLAN) на моніторі ЕКГ. Спотворений сигнал ЕКГ відображався на моніторі ЕКГ після розміщення електродів ЕКГ, коли WLAN було ввімкнено (А). ЕКГ

нормалізувалася після вимкнення WLAN (B). Аномальна картина ЕКГ знову з'явилася відразу після ввімкнення WLAN (C). ЕКГ: електрокардіограма.

цінка проблем в медичному обладнанні під впливом мобільних технологій

В останні роки дослідження продовжують зосереджуватися на оцінці проблем в медичному обладнанні під впливом нових мобільних технологій. Було досліджено поведінку електронного обладнання медичного призначення, для життєзабезпечення та критичного моніторингу, коли воно піддавалося впливу зовнішніх електромагнітних сигналів від стільникової мобільної телефонії та радіотелефонів.

Експериментальна розробка проводилася в два етапи, на першому з яких було охарактеризовано електричне поле, що створюється деякими засобами бездротового зв'язку (мобільними телефонами та радіотелефонами), з метою порівняння його з нормативною межею, встановленою для медичного обладнання. Цей стандарт встановлює, що в діапазоні частот від 80 МГц до 2,5 ГГц некритичне медичне обладнання для моніторингу повинно бути задовільно екрановане для напруженості електричного поля до 3 В/м, а критичне обладнання для моніторингу та життєзабезпечення - для напруженості до 10 В/м. На другому етапі були проведені випробування електромагнітної стійкості різного медичного обладнання з використанням обладнання, охарактеризованого на попередньому етапі, як джерела завад.

У цьому дослідженні було виявлено, що 87% протестованого медичного обладнання зазнали певних функціональних порушень під час випробувань, навіть для рівнів поля, нижчих за встановлені міжнародними стандартами. Згідно з виявленими типами несправностей, 75% обладнання, що зазнало перешкод, могло вплинути на здоров'я пацієнта.

Було оцінено п'ять пристроїв бездротового зв'язку: чотири мобільні телефони (три з них з частотою передачі 850 МГц і один з частотою 1,9 ГГц) і

один радіотелефон (з частотою передачі 450-527 МГц). Оскільки потужність передачі мобільних телефонів не можна було контролювати, оскільки обладнання має автоматичне регулювання потужності, для проведення характеристик було обрано місце, де покриття було не дуже хорошим, щоб обладнання могло передавати з максимально можливою потужністю, використовувався вимірювач EMR 300 разом з датчиком Type 18, обидва від Narda Safety Test Solutions. Цей вимірювач електромагнітного поля є широкопasmовим ізотропним вимірювачем з датчиками, орієнтованими по трьох осях, які визначають результуюче значення електричного поля в певній точці. Використовуваний датчик має смугу пропускання від 100 кГц до 3 ГГц, що відповідає частотам передачі оцінюваного обладнання, і має абсолютну похибку $\pm 1,0$ дБ. І вимірювач, і датчик були відкалібровані. Характеристики проводилися у великому просторі, вільному від перешкод на відстані щонайменше 5 м навколо, без джерел радіочастот поблизу, де рівень навколишнього електричного поля не перевищував 0,2 В/м. Процедура полягала в наступному: в центрі тестового майданчика на висоті 1 м над рівнем підлоги розміщувалося обладнання, яке підлягало визначенню характеристик (мобільний телефон або радіотелефон). На відстані 0 см перед телефоном (профіль 1) розміщувався вимірювач електромагнітного поля таким чином, щоб датчик знаходився на одній висоті з телефоном (Рис. 2.2.).[19]

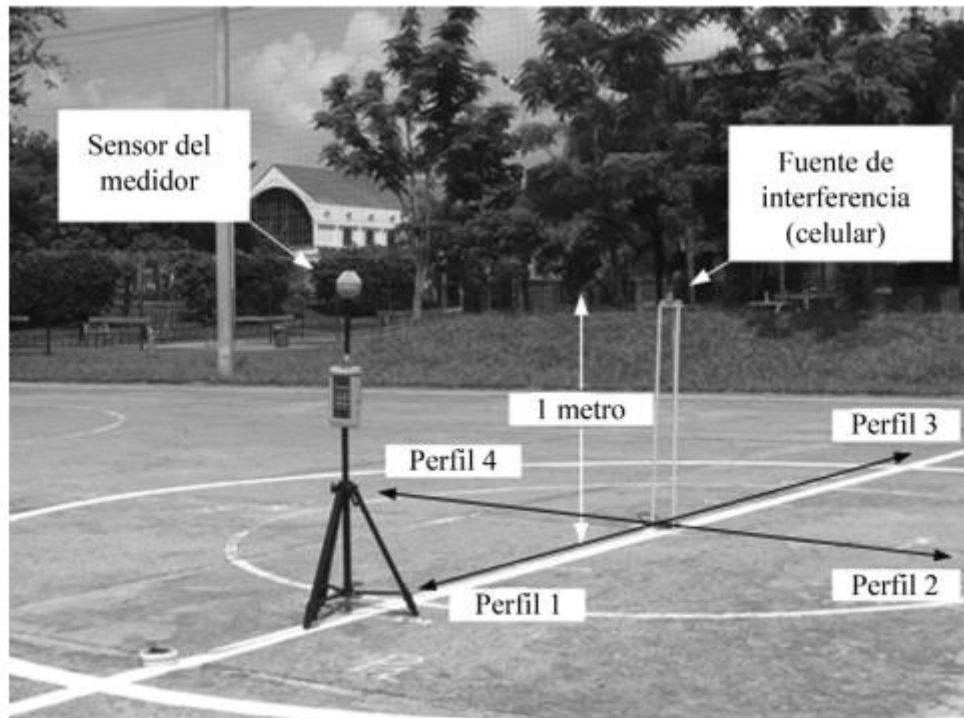


Рис. 2.2. Розташування обладнання для визначення характеристик електричного поля[19]

З відстані приблизно 15 м від тестового майданчика за допомогою іншого мобільного телефону здійснювався дзвінок на досліджуване обладнання і вимірювався рівень електричного поля, що генерується ним. У випадку радіотелефону для розмови просто натискалася кнопка. Для того, щоб отримати середнє значення максимального рівня електричного поля, створюваного телефоном при отриманні дзвінка (без відповіді), було проведено три виміри. Після того, як рівень поля був отриманий в цій точці, вимірювач розміщували на відстані 5 см і повторювали вищеповану процедуру. Нарешті, електричне поле вимірювали в цьому профілі до максимальної відстані 4 м, отримавши в цілому 11 точок (0, 5, 10, 20, 40, 40, 60, 80, 100, 150, 200 і 400 см). Після визначення характеристик одного з профілів, така ж процедура була проведена з іншими трьома, щоб визначити поведінку електричного поля по обидва боки телефону.

Оцінка випромінюваної електромагнітної завадостійкості електромедичного обладнання при впливі на нього портативних передавачів з потужністю випромінювання менше 8 Вт.

Після того, як було визначено обладнання, яке буде використовуватися як джерело завад на другому етапі, були проведені випробування на електромагнітну завадостійкість різного медичного обладнання. Найбільш підходящим місцем для проведення цих тестів є безехова камера. Ця камера створює середовище, ізольоване від зовнішніх збудників, так що всередині камери існують лише електромагнітні поля, що генеруються в ній, і, отже, виявлені ефекти будуть похідними виключно від цих полів. Оскільки в цьому дослідженні не було можливості створити безехову камеру, випробування проводилися в лабораторії біоінструментарію Автономного Університету Оксиденте, відповідно до рекомендацій, наведених у міжнародних стандартах[19]. Крім того, були проведені деякі випробування на місці (в операційній клініки IPS Clínica Las Américas), щоб протестувати процедуру в лікарняних умовах. Обидва майданчики відповідали специфікаціям вибору тестової зони, рекомендованим у розділі 6 стандарту ANSI C63.18. У ньому зазначено, що тестування повинно проводитися в зоні, вільній від конструкцій і металевих предметів, на відстані не менше 3 м від медичного обладнання. Медичне обладнання, яке використовувалося для тестування, було відібрано за такими критеріями: обладнання з високим рівнем ризику (тобто обладнання для критичного моніторингу або життєзабезпечення) та обладнання, яке зазвичай використовується в лікарняному середовищі. У таблиці 2.1 наведено медичне обладнання, яке було протестовано під час дослідження[19].

Медичні пристрої були розміщені на непровідному столі (Рис. 2.3. а) і б)). У всіх випробуваннях медичне обладнання було підключено до відповідного симулятора пацієнта, який використовувався для встановлення базової лінії поведінки кожного з випробовуваних пристроїв і виявлення

збурень, що виникали при впливі на них джерел завад. Симулятори пацієнтів відповідали технічним вимогам стандарту ANSI C63.18.

Таблиця 2.1

№	Пристрій	Виробник	Модель	Тип
1	ШВЛ	Ohmeda	7000	Підтримка життєдіяльності
2	Дефібрилятор	Hewlett Packard	Codemaster XL	Підтримка життєдіяльності
3	Дефібрилятор	Hewlett Packard	43100A	Підтримка життєдіяльності
4	Дефібрилятор	Hewlett Packard	Codemaster XL+	Підтримка життєдіяльності
5	Дефібрилятор	Physio-Control	Life Pack 5	Підтримка життєдіяльності
6	Помпа для інфузій	Baxter	6200	Підтримка життєдіяльності
7	Помпа для інфузій	Baxter	6201	Підтримка життєдіяльності
8	Інкубатор	Ohio	Care Plus	Підтримка життєдіяльності
9	Камера світлової радіації	Ohio	4400	Підтримка життєдіяльності
10	Пульсоксиметр	Mindray	PM-600	Моніторинг критичних станів
11	Пульсоксиметр	Nellcor	N-395	Моніторинг критичних станів
12	Монітор багатопараметричний	Spacelabs	90309	Моніторинг критичних станів
13	Монітор багатопараметричний	Biosys	BPM-300	Моніторинг критичних станів
14	Монітор багатопараметричний	Air Shields	R22	Моніторинг критичних станів
15	Електрокардіограф	Welch Allyn	Schiller AT-1	Моніторинг критичних станів
16	Електрокардіограф	Kenz	108	Моніторинг критичних станів

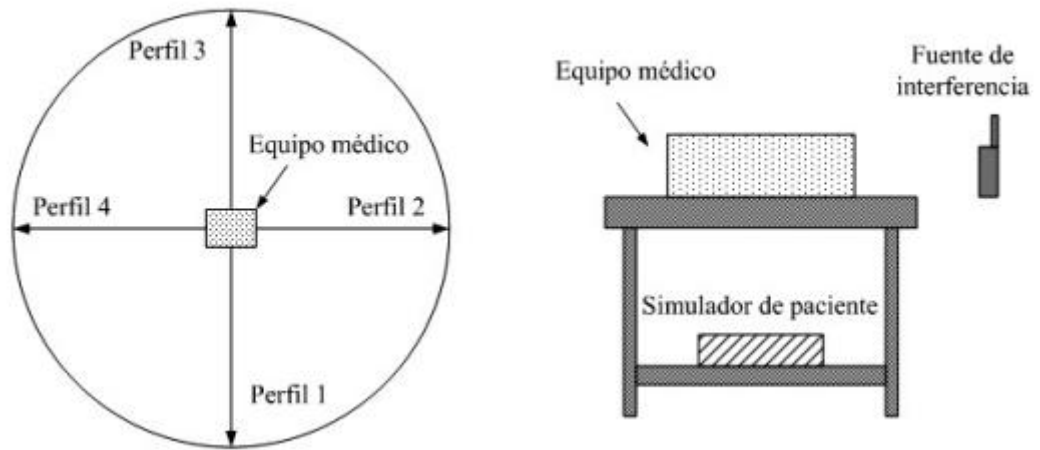


Рис. 2.3. Розташування обладнання для тестування на електромагнітні завади випробування на електромагнітні завади, (а) вигляд зверху, та (б) вигляд збоку[19]

Перед початком випробування правильність функціонування медичного обладнання перевіряли за допомогою симулятора пацієнта, налаштованого на забезпечення фізіологічних еталонних параметрів. Процедура полягала у визначенні місця розташування джерела перешкод на початковій тестовій відстані (1 м для мобільних телефонів і 3 м для радіотелефону). На цій відстані здійснювався дзвінок на мобільний телефон з місця, віддаленого від зони тестування, або, у випадку радіотелефону, натискалася кнопка розмови. Реакція досліджуваного обладнання на застосовані завади постійно відстежувалася.

У разі виявлення несправності медичного обладнання визначали відстань до джерела збурення, характеристики несправності та повторювали процедуру, щоб підтвердити відтворюваність результатів. Встановивши відстань, на якій виникли несправності, можна було опосередковано визначити рівень електричного поля, що спричинив несправності. Якщо на цій відстані не було функціональних порушень, джерело збурень переміщували ближче і повторювали процедуру. Якщо спостерігалася несправність медичного обладнання, повідомляли про відстань, на якій знаходилося джерело збурень, характеристики несправності, і процедуру повторювали для підтвердження

відтворюваності результатів. Встановивши відстань, на якій виникли несправності, можна було опосередковано визначити рівень електричного поля, що спричинив несправності. Якщо на цій відстані не було функціональних порушень, джерело збурення переміщували ближче і процедуру повторювали.

У разі виявлення несправності медичного обладнання визначали відстань до джерела збурення, характеристики несправності та повторювали процедуру, щоб підтвердити відтворюваність результатів. Встановивши відстань, на якій виникли несправності, можна було опосередковано визначити рівень електричного поля, що спричинив несправності. Якщо на цій відстані не було функціональних порушень, джерело збурень переміщували ближче і повторювали процедуру. Якщо спостерігалася несправність медичного обладнання, повідомляли про відстань, на якій знаходилося джерело збурень, характеристики несправності, і процедуру повторювали для підтвердження відтворюваності результатів. Встановивши відстань, на якій виникли несправності, можна було опосередковано визначити рівень електричного поля, що спричинив несправності. Якщо на цій відстані не було функціональних порушень, джерело збурення переміщували ближче і повторювали вищезгадану процедуру. Це було зроблено з кожним з п'яти охарактеризованих джерел і шляхом наближення до джерел з кожної з чотирьох сторін (профілів) медичного обладнання. Наприкінці тесту ще раз перевірили правильність функціонування обладнання, що тестувалося[19].

Коли медичне обладнання піддається впливу електромагнітних полів, що створюються бездротовими засобами зв'язку, можуть спостерігатися різноманітні функціональні порушення. Ці функціональні порушення можуть викликати серйозні збої як у пацієнта (відображення помилкових тривог, неправильні діагнози), так і в медичному обладнанні, що зазнає впливу цих полів (пошкодження його електронних компонентів). Для визначення тяжкості цих збоїв були враховані рекомендації Управління з контролю за продуктами і ліками США (FDA), де встановлено три рівні ризику для пацієнта:

I рівень - серйозні несприятливі наслідки для здоров'я або смерть пацієнта,

II рівень - тимчасові несприятливі наслідки для здоров'я або клінічно оборотні,

III рівень - малоймовірно, що спричинить несприятливі наслідки для здоров'я. Відповідно до функціональних змін, що спостерігаються в обладнанні, була зроблена класифікація типу відмови.

Категорії є наступними: Відсутність впливу - категорія 0: медичне обладнання не виявляє жодного типу несправності, Зворотний вплив - категорія 1: несправність зникає, коли зникає вплив, категорія 2: несправність не зникає, коли зникає вплив, але медичний персонал може відновити його роботу; Незворотний вплив - категорія 3: обладнання потребує технічного втручання для відновлення його роботи, категорія 4: обладнання потребує ремонту для відновлення його роботи та Маскуючий вплив - категорія 5: обладнання показує результати в межах значень і параметрів, очікуваних медичним персоналом, але вони є помилковими. Останню категорію було визначено за допомогою спеціалізованих клініцистів та лікарів.[20]

У таблиці 2.2 показано максимальний рівень електричного поля, що генерується кожним із протестованих джерел, а також відстані, на яких були перевищені межі відповідності (3 і 10 В/м), які має витримувати медичне обладнання відповідно до стандарту ІЕС 60601-1-2.

Результати випробувань на стійкість наведені в таблиці 2.4. Для кожного медичного виробу, протестованого з різними джерелами, вказана відстань, на якій виник перший ефект, і виявлені порушення. Номер обладнання відповідає номеру, зазначеному в таблиці 2.1. Важливо уточнити, що результати цих випробувань стосуються лише протестованого медичного обладнання. Інші прилади тих самих моделей можуть поводитися інакше.

Продовження Таблиці 2.3

Апарат	Моторола С385	Моторола С207L			Радіотелефон	Зміни
						Не було змін
	0 см	0 см	0 см	0 см	100 см	Вистріл сигналізації та зміна в читанні (усі пульсоксиметри)
	5 см	5 см	5 см	0 см	120 см	
	5 см	5 см	5 см	0 см	90 см	Шум у сигналі ЕКГ та SpO2(усі багатопараметричні монітори)
	10 см	10 см	10 см	10 см	150 см	
	5 см	5 см	5 см	5 см	100 см	Шум у сигналі ECG (усі електрокардіографи)
	5 см	5 см	0 см	0 см	80 см	
	0 см	0 см	0 см	0 см	50 см	

Зведені результати випробувань на завадостійкість. Відстань, на якій виникло перше збурення, та спостережувані збурення Збурення та спостережувані збурення[19].

На Рис.2.4. показано відсоткове співвідношення медичного обладнання відповідно до визначених категорій. З Рис.2.4. видно, що 87% протестованого обладнання зазнало певних змін у роботі під час випробувань.

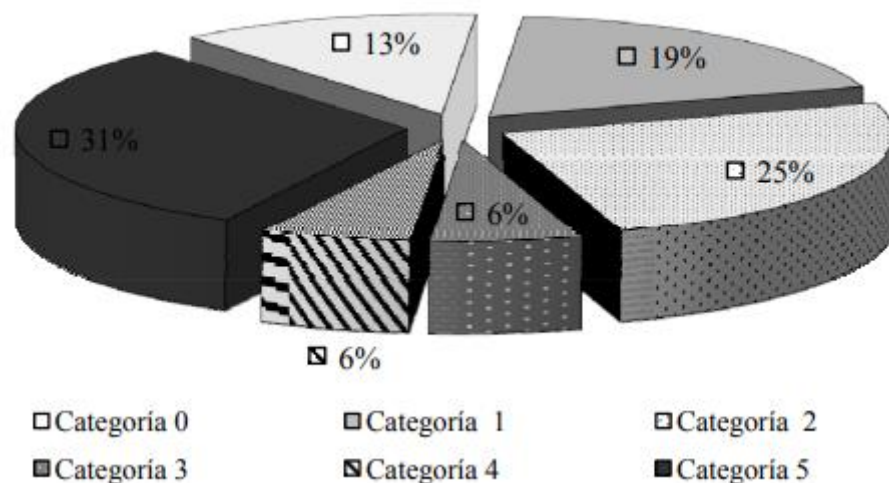


Рис. 2.4. Відсоток медичного обладнання за даними FDA за категоріями, встановленими FDA[19]

При оцінці рівнів ризику для пацієнта через збої в роботі медичного обладнання 31% обладнання, що зазнало впливу, було віднесено до I рівня, 44% - до II рівня і 25% - до III рівня.

Оцінюючи відстань між медичним обладнанням та джерелом, 56% обладнання, що зазнало впливу, зазнало певної аномалії, коли джерело було розташоване на відстані 0 см від нього, 33% - коли джерело було розташоване на відстані менше 15 см, і 11% - коли джерело збурень було розташоване на відстані менше 1 м. Щодо рівня електричного поля, 14% медичного обладнання зазнало перешкод з напруженістю менше 5 В/м, 36% - з напруженістю поля від 5 до 10 В/м і 50% медичного обладнання - з напруженістю понад 10 В/м.[19]

Під час визначення характеристик джерел було виявлено, що найвища напруженість електричного поля в мобільних телефонах спостерігається в профілі 3, що відповідає задній частині обладнання. Це пов'язано з тим, що в цій зоні розташована антена. Найвище значення, виміряне в профілі 3, в 1,5-2,5 рази перевищувало максимальні значення, виміряні в інших профілях. У

випадку радіотелефону рівні поля, виміряні на чотирьох профілях, були дуже схожими.

Максимальні значення, зафіксовані чотирма мобільними телефонами, були приблизними, за винятком Samsung C207L, максимальний рівень якого був у 0,6 раза нижчим, ніж у трьох інших мобільних телефонів. Це пов'язано з тим, що на робочій частоті цього телефону потужність випромінювання є нижчою.

Всі досліджувані засоби зв'язку створювали рівні електричного поля, вищі за ті, що вказані в нормативних документах, які встановлюють значення імунітету для медичного обладнання (3 В/м для некритичного моніторингового обладнання та 10 В/м для критичного моніторингового обладнання та обладнання для життєзабезпечення). Для мобільних телефонів рівень 10 В/м був перевищений на відстані менше 10 см, тоді як на відстані менше 80 см був перевищений рівень 3 В/м. У випадку радіотелефонів рівень 10 В/м перевищувався на відстані менше 1 м, а рівень 3 В/м - на відстані менше 4 м.

Згідно з таблицею 2.3, деяке протестоване медичне обладнання виявило перешкоди на відстані від 50 см, коли джерелом був мобільний телефон. У той час як у випадку з радіотелефоном деяке обладнання виявляло несправності на відстані від 120 см і далі. З цієї таблиці та даних, отриманих під час визначення характеристик джерел, було виявлено, що деяке медичне обладнання виявляло несправності на відстанях, де напруженість електричного поля була нижчою, ніж встановлена міжнародними стандартами.

На Рис. 2.4. показано, що 87% протестованого обладнання зазнало певних збоїв у роботі. З них 19% обладнання повернулося до нормальної роботи після усунення збоїв, 25% обладнання потребувало залучення клінічного персоналу для відновлення роботи, 12% обладнання потребувало спеціалізованого технічного втручання для відновлення роботи, а 31% обладнання показало маскування даних. Лише 13% обладнання не зазнало жодних змін.

Крім смерті, 44% обладнання, що втручалось, могло спричинити тимчасові, але клінічно оборотні наслідки для здоров'я пацієнта, а 25% не спричинило б жодного впливу на здоров'я пацієнта. Таким чином, 75% обладнання мали певну несправність, яка могла призвести до заподіяння шкоди здоров'ю пацієнта. Згідно з отриманими результатами, можна стверджувати, що існують деякі змінні, які впливають на поведінку медичного обладнання під впливом електромагнітних полів.

Першою з них є відстань між джерелом збурення та медичним обладнанням. Можна помітити, що 56% обладнання, яке зазнало впливу перешкод, вийшло з ладу, коли відстань до джерела становила 0 см, 33% - коли відстань була меншою за 15 см і 11% - коли відстань була меншою за 1 м.

Другий - це час впливу на об'єкт. Під час тестів було виявлено, що деякому обладнанню потрібно до 10 секунд і більше, щоб викликати певний сигнал тривоги або призупинити роботу, тоді як інше обладнання виходило з ладу одразу ж після ініціювання дзвінка.

Третьою і останньою змінною є частота і потужність джерела перешкод. Ці змінні, що визначаються інфраструктурою стільникового зв'язку, є важливими дескрипторами електричного поля, що генерується джерелом. Згідно з результатами, було встановлено, що 50% досліджуваного обладнання зазнавало перешкод з напруженістю електричного поля нижче 10 В/м.[19].

Висновок

Електромагнітні перешкоди (ЕМП) є серйозною проблемою в медичній галузі, особливо коли мова йде про бездротові пристрої зв'язку. ЕМП можуть порушувати роботу медичного обладнання, що може мати серйозні наслідки для пацієнтів.

Пристрої бездротового зв'язку, такі як смартфони, планшети та ноутбуки, випромінюють електромагнітне випромінювання, яке може заважати роботі медичного обладнання. Ці перешкоди можуть виникати двома

способами: випромінювані ЕМІ та кондуктивні ЕМІ. Випромінювані ЕМІ виникають, коли електромагнітні хвилі, що випромінюються бездротовими пристроями зв'язку, заважають роботі медичного обладнання. Кондуктивні ЕМІ виникають, коли електромагнітні хвилі проходять через дроти та кабелі, підключені до медичного обладнання.

Вплив ЕМІ на медичне обладнання може відрізнитися залежно від типу обладнання та частоти електромагнітних хвиль. Наприклад, ЕМІ може викликати збої в роботі кардіостимуляторів, що призводить до нерегулярного серцебиття. ЕМІ також може викликати збої в роботі апаратів штучної вентиляції легенів, що призводить до недостатнього постачання кисню пацієнтам. Інші наслідки впливу ЕМІ на медичне обладнання включають спотворені зображення на рентгенівських апаратах, неточні показники на тонометрах та втручання в електронні медичні записи.

50% досліджуваного обладнання демонструвало той чи інший тип несправності, коли джерело завад створювало значення електричного поля, нижчі за ті, що мають бути витримані згідно з міжнародним стандартом (10 В/м). Це свідчить про те, що частина обладнання не відповідала заявленому міжнародному рівню завадостійкості.

За значеннями, на джерелах завад, було встановлено, що жоден з пристроїв, не передавав на повну потужність. При збільшенні потужності передачі значно зростає ризик виникнення завад для медичного обладнання, оскільки це призводить до збільшення напруженості електричного поля, що генерується.

Потужність, на якій передається комунікаційне обладнання, буде залежати від умов покриття в навколишньому середовищі.

Згідно з результатами дослідження, слід дотримуватися мінімальної безпечної відстані між обладнанням бездротового зв'язку та медичним обладнанням для критичного моніторингу та життєзабезпечення, щоб останнє

працювало без проблем. У випадку з мобільними телефонами ця відстань може становити більше 1 м. У той час як для комунікаційного обладнання, що використовується загальним персоналом або клінічним персоналом, наприклад, радіотелефонів, ця відстань повинна бути більше 2 м.

Отже, ЕМІ є серйозною проблемою в медичній галузі, особливо коли йдеться про бездротові пристрої зв'язку. ЕМІ може порушити роботу медичного обладнання, що може мати серйозні наслідки для пацієнтів. Щоб зменшити вплив ЕМІ, медичні працівники можуть вжити кілька заходів, таких як використання екранованих кабелів і проводів, використання бездротових комунікаційних пристроїв, які відповідають стандартам ЕМС, впровадження політики, яка обмежує використання бездротових комунікаційних пристроїв в певних зонах лікарні, навчання персоналу правильному використанню бездротових комунікаційних пристроїв і проведення регулярних тестувань на ЕМІ. Вживаючи таких заходів, медичні працівники можуть забезпечити належне функціонування медичного обладнання та надання пацієнтам найкращого можливого догляду.

РОЗДІЛ 3

LI-FI - РЕВОЛЮЦІЯ У СФЕРІ БЕЗДРОТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

Нинішня ера цифрового бездротового зв'язку знаходиться на межі революції. Li-Fi - це бездротова оптична мережева система, яка передає дані, використовуючи світло від світлодіодів (LED) на частотах від 400 до 800 терагерц (THz)". Технологія Li-Fi є одним із секторів, який зараз досліджується з метою підвищення потужності передачі даних та міжмережевої взаємодії. Light fidelity - це тип передачі даних, який використовує видиме світло як середовище. Світлодіоди підвищують ефективність, довговічність і пропускну здатність, дозволяючи розширювати системи Li-Fi і Visible Light) - це вдосконалена модифікація Wi-Fi. Це найновіший і один з найбільших винаходів 21-го століття. Ідея цієї технології полягає в тому, що інформація, необхідна для зв'язку, може передаватися за допомогою світлодіодного світла, інтенсивність якого змінюється швидше, ніж людське око може відчутти, і ця інтенсивність фіксується за допомогою детектора. Це форма VLC, яка є частиною оптичного бездротового зв'язку і може замінити радіочастотний зв'язок, тобто Wi-Fi і стільниковий зв'язок. Ця нова технологія Li-Fi на сьогоднішній день є більш ніж в 10 000 разів швидшою, ніж багато реалізацій, досягаючи швидкості до 250 гігабіт на секунду.

Харальд Хасс (HARALD HASS), якого називають батьком Li-Fi з Единбурзького університету у Великобританії, каже, що в основі цієї технології лежить нове покоління дуже чутливих ультра-світлодіодів. Він сказав: "Моє найбільше бачення полягає в тому, що лампочки стануть частиною обладнання для широкопasmового зв'язку, так що світлодіоди зможуть не тільки давати світло, але й стануть більш необхідним інструментом для комунікації у видимому світлі". Оскільки передача даних відбувається за допомогою світлодіодів (LED), обладнання є порівняно невеликим. Сьогодні

його називають оптимізованою версією WIFI. Перевагою є бездротовий зв'язок за допомогою видимого світла, що зменшує вартість, а також замість Wi-Fi модемів та роутерів.

принцип роботи Li-Fi

Li-Fi використовує світлодіодні лампи з трансивером, які можуть слугувати подвійній меті - освітлювати кімнату, а також передавати та приймати інформацію у вигляді бітів. Оскільки використовуються прості лампочки, то точок доступу в принципі може бути багато. Ця технологія використовує частину електромагнітного спектру, відмінну від радіочастотного[21].

Чудова річ у цій технології полягає в тому, що стає можливим кодування даних у світлі, змінюючи швидкість, з якою світлодіодні лампочки вмикаються і вимикаються, щоб отримати різні рядки і послідовності 1s і 0s. Інтенсивність світлодіода можна модулювати так швидко, що людське око не може цього помітити, тому вихідний сигнал виглядає майже постійним. Більш досконалі методи можуть значно підвищити швидкість передачі даних VLC. Дослідники з Оксфордського та Единбурзького університетів зосереджуються на аналогічній передачі даних за допомогою масивів світлодіодів, де кожен світлодіод передає відмінний від попереднього потік даних. Деякі групи використовують суміші червоних, зелених і синіх світлодіодів для зміни частоти світла, так що кожна частота може кодувати окремий канал передачі даних[22].



Рис. 3.1. Приклад роботи Li-Fi[23]

Світлодіоди (LED) можуть мерехтіти "увімкнено і вимкнено" з частотою, вищою, ніж людське око може розпізнати, оскільки світлодіоди працюють з періодом менше 1 мкс, що призводить до того, що джерело світла здається безперервним. Це невидиме мерехтіння дозволяє передавати дані за допомогою двійкових кодів (0 і 1). Увімкнення світлодіода має двійковий код "1", а вимкнення - двійковий код "0". Можна зашифрувати дані у світлі, контролюючи та змінюючи швидкість увімкнення та вимкнення світлодіодів, щоб отримати різні рядки/серії 1 та 0. Потім світлочутливий пристрій (фотодетектор/фотодіоди) приймає мерехтливий двійковий сигнал і перетворює його назад у вихідні дані[24].

Цей метод використання швидких імпульсів світла для бездротової передачі інформації технічно називається Visible Light Communication (VLC). Термін Li-Fi перебуває в центрі уваги і швидко розвивається завдяки своєму потенціалу конкурувати і, можливо, замінити традиційну технологію Wi-Fi. VLC використовує видиме світло в діапазоні (400 - 800) ТГц / (375 - 780) нм як оптичний носій для передачі даних і для освітлення[25].

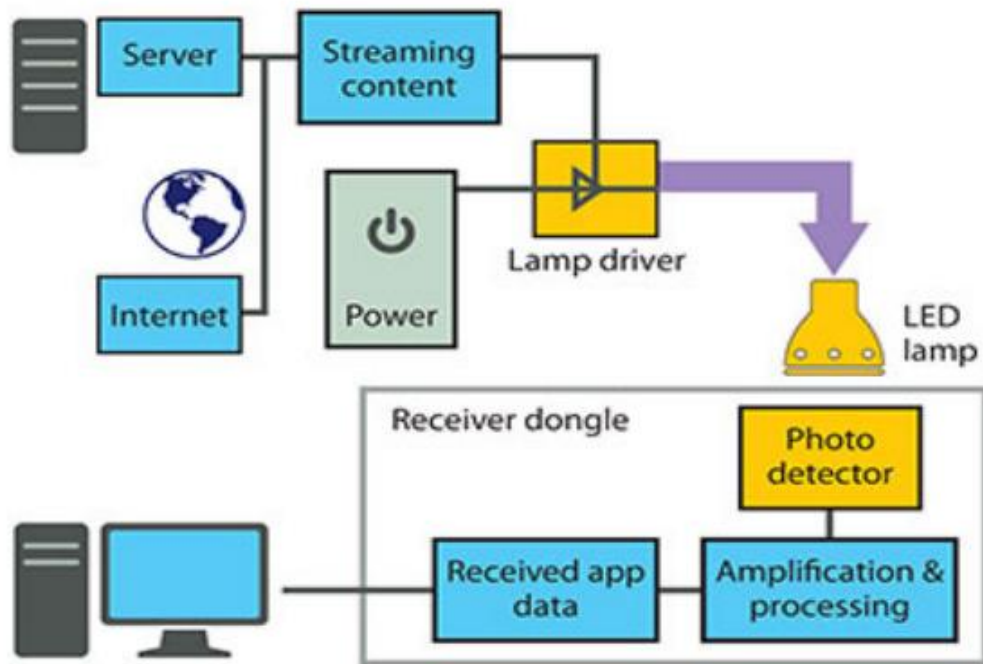


Рис. 3.2 Ключові компоненти Li-Fi системи[25]

Швидкість передачі даних понад 100 Мбіт/с може бути досягнута за рахунок використання високошвидкісних світлодіодів з відповідним мультиплексуванням. Паралельна передача даних з використанням масивів світлодіодів, де кожен світлодіод випромінює незалежний потік даних, корисна для збільшення швидкості передачі даних VLC. Хоча для передачі даних світлодіоди повинні бути увімкнені, їх можна затемнити до такої міри, що вони стануть невидимими для людського ока, але зможуть передавати дані відповідно до вимог. Ключовими компонентами цієї системи є

- 1] Багатоцільовий світлодіод (діє як джерело світла, а також як джерело зв'язку)
- 2] Кремнієвий фотодіод (приймальний елемент)

Важливими факторами слід вважати наступні:

А. Присутність світла повинна визначатися з урахуванням прямої видимості.

В. Драйвер лампи з доступом до Інтернету, з вимикачем і підключеною світлодіодною лампою.

С. Використання світлодіодних ламп для кращої продуктивності.

Д. Фотодетектор для отримання даних.

Крім того, при розробці проекту необхідно враховувати такі аспекти, як

- Кількість світлодіодів, необхідних у приміщенні.
- Кількість діодів у світлодіодах для освітлення кожної лампочки.
- Розташування світлодіодів.

Вмикаючи та вимикаючи світлодіод, оснащений мікрочіпом, тисячі разів на секунду, можна передавати інформацію. Якщо світлодіод увімкнений, він надсилає біт 1; якщо вимкнений, він надсилає біт 0. Оскільки зміни частоти відбуваються так швидко, вони не помітні неозброєним оком. Світлочутливий приймач на приймальному пристрої вловлює сигнал, який перетворює його назад у дані. Технологія здатна одночасно передавати тисячі потоків даних.

Оскільки джерело світла має вмикатися і вимикатися тисячі разів на секунду, лампи розжарювання і люмінесцентні лампи не підходять.

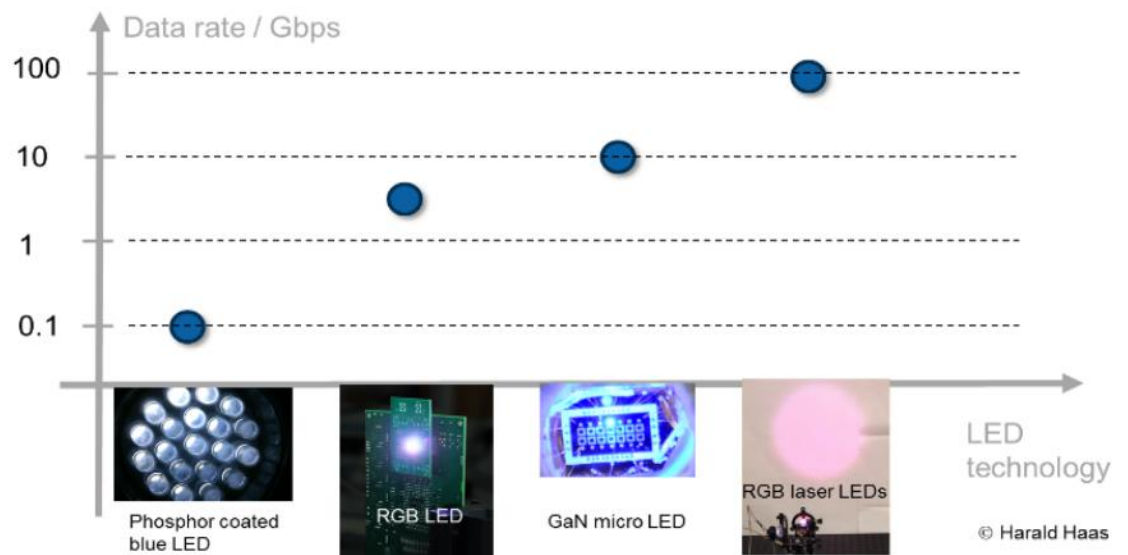


Рис.3.3. Швидкість передачі даних/технологія освітлення[26].

До 100 Гбіт/с або вище можна передавати навіть через Li-Fi, але це передбачає перехід у технологіях освітлення. Білі світлодіоди з люмінофорним покриттям, які часто використовуються у всіх типах комерційних систем освітлення, дають максимум 100 Мбіт/с. Як показано на Рис.3.3, більш дорогі червоні, зелені, сині (RGB) світлодіоди можуть забезпечити до 5 Гбіт/с і надають можливість налаштування кольору. Білі світлодіоди з розсіювачем на основі лазерів можуть передавати до 100 Гбіт/с і генерувати широкий світловий потік. У найшвидшому Wi-Fi зі спектром частот 60 ГГц, Wi Gig (бездротовий гігабіт) може досягати кумулятивної пропускної здатності 7 Гбіт/с.

орівняння між LI-FI та WI-FI

WiFi є поширеною технологією, яка використовується в багатьох галузях, включаючи медицину. Однак, як і будь-яка інша технологія, WiFi має свої недоліки, які слід враховувати при її використанні в медичних установах.

Однією з основних проблем використання WiFi в медицині є безпека. WiFi-мережі можуть бути вразливі до атак хакерів, які можуть використовувати їх для крадіжки даних або втручання в роботу медичного обладнання. Для зменшення ризику атак на WiFi-мережі в медичних установах слід використовувати сильні паролі, шифрування та інші заходи безпеки.

Іншою проблемою використання WiFi в медицині є залежність від електроенергії. WiFi-мережі потребують електроенергії для роботи, а це означає, що вони можуть бути недоступними в разі відключення електроенергії. У медичних установах, де безперервність роботи є критично важливою, слід використовувати резервні джерела живлення для WiFi-мереж.

Окрім того, WiFi-мережі можуть створювати перешкоди для інших медичних пристроїв, наприклад, для медичного обладнання, яке використовує радіохвилі. Для запобігання перешкодам слід ретельно планувати розміщення WiFi-мереж у медичних установах.

Ось деякі конкретні приклади проблем, які можуть виникнути при використанні WiFi в медицині:

- Хакери можуть отримати доступ до медичних даних пацієнтів, наприклад, до їхніх медичних карток або історії хвороб.
- Хакери можуть використовувати WiFi-мережу для відключення медичного обладнання, що може призвести до загибелі пацієнтів або медичного персоналу.
- Відключення електроенергії може призвести до неможливості використання WiFi-мережі, що може порушити надання медичної допомоги.
- Перешкоди від WiFi-мереж можуть призвести до збоїв у роботі медичного обладнання, що може призвести до травм пацієнтів або медичного персоналу[28].

Технологія WiFi має потенціал для покращення ефективності та якості медичної допомоги. Однак для її безпечного та ефективного використання в медичних установах слід враховувати потенційні проблеми та приймати відповідні заходи безпеки

Для зменшення ризику виникнення цих проблем при використанні WiFi в медицині слід дотримуватися наступних рекомендацій:

- Використовуйте сильні паролі та шифрування для захисту WiFi-мереж.
- Забезпечте резервне живлення для WiFi-мереж.
- Ретельно плануйте розміщення WiFi-мереж у медичних установах, щоб уникнути перешкод для інших медичних пристроїв.

Або замінити WiFi-мережі на Li-Fi.

Li-Fi - це, по суті, технологія видимого світла для досягнення високошвидкісного бездротового зв'язку шляхом використання видимого світла для передачі даних. Вона отримала таку назву через свою схожість з WiFi, який використовує радіохвилі для передачі даних[28].

Таблиця 3.2

Порівняння		
Скорочення		
Принцип роботи	Передає дані за допомогою бітів за допомогою світла від світлодіодних лампочок.	Передає дані за допомогою радіохвиль за допомогою Wi-Fi-маршрутизатора.
Безпека	Захищена (не можна зламати), оскільки світло блокується стінами.	Не захищена (можна зламати), оскільки для радіосигналу сухі стіни прозорі. Має проблему перешкод від сусідніх точок доступу (маршрутизаторів).
Перешкоди	Не має жодних проблем із перешкодами, подібних до радіохвиль.	Має проблему перешкод від інших Wi-Fi-мереж.
Спектр	Спектральний діапазон у 10000 разів більший, ніж у	Має радіоспектральний діапазон.
Частота	Частотний діапазон у 100 разів більший за терагерц.	Частотний діапазон становить 2,4 ГГц, 4,9 ГГц і 5 ГГц.
Швидкість	Швидкий інтернет зі швидкістю більше 1-3,5 Гбіт/с.	Порівняно повільна швидкість (54-250 Мбіт/с).
Де використовувати	Будь-де, де є джерело світла.	Всередині будівлі. Зазвичай усередині структури в масиві WLAN-комунікацій.
Вартість	Недорогий, оскільки використовуються світлодіодні лампи.	Досить дорогий.
Швидкість передачі даних	Дуже висока швидкість передачі даних через видимий спектр світла.	Швидкість передачі даних повільна порівняно з Li-Fi, оскільки для зв'язку використовується РЧ.

Порівняння		
Компоненти системи	Драйвери ламп, світлодіодні лампи та детектори світла утворюють повну систему	Потрібно встановити маршрутизатори, а пристрої, такі як ноутбуки, КПК, настільні комп'ютери, називаються станціями.

Li-Fi у всіх аспектах набагато кращий за Wi-Fi

Wi-Fi працює на радіочастотах, які складають лише невелику частину електромагнітного спектру. Зі зростанням попиту користувачів на бездротовий доступ до Інтернету, наявний радіочастотний спектр експлуатується. Радіохвилі шкідливі для людини, оскільки вони проникають в організм і можуть викликати мутації. Вони не можуть використовуватися у всіх середовищах, в основному в літаках, на хімічних заводах і електростанціях, а також у лікарнях.

У Li-Fi для передачі інформації використовується видимий світловий спектр, оскільки в цьому спектрі є багато додаткового простору, і він має потенціал для передачі на більш високій пропускну здатності. Передача інформації може здійснюватися за допомогою всіх видів світла, близьких до видимого діапазону. Ця частина спектру не є шкідливою для нашого організму і безпечна для використання в різних середовищах.

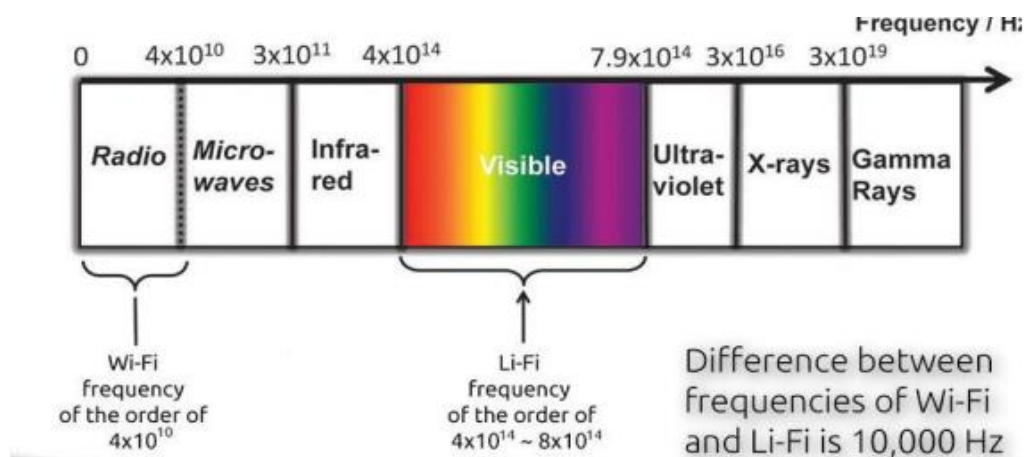


Рис. 3.4. Спектр світла для Wi-Fi та Li-Fi[28]

СВІТЛОДІОД:

Ця технологія може запропонувати нам бездротове підключення до Інтернету, якщо у нас є світлодіодна лампочка. Світлодіод можна використовувати для швидкої передачі двійкової кодованої інформації, використовуючи видиму частину спектру. За прогнозами, загальна кількість лампочок у світі становить близько 14 мільярдів, які можна використовувати для передачі даних, якщо замінимо їх на світлодіоди.



Рис. 3.5. Світлодіодні лампи, що використовуються для Li-Fi[28]

Таким чином, Li-Fi - це зростаючий спосіб створення бездротових каналів зв'язку за допомогою мереж світлодіодного освітлення. Можемо замінити лампочки на світлодіоди, щоб перетворити всю вулицю на точку доступу до Інтернету для всієї електроніки. Просто увімкніть світлодіодну лампу!

ШВИДКІСТЬ

Для Wi-Fi маємо обмеження швидкості передачі інформації. У той час як Li-Fi може запропонувати надзвичайно високу швидкість інтернету, і можемо завантажувати величезні файли всього за кілька секунд. Швидкість для Li-Fi в 10 000 разів більша, ніж для Wi-Fi, і може бути досягнута набагато більша, ніж 1 Гбіт/с.

БЕЗПЕКА

Радіохвилі можуть проникати крізь стіни. Це призводить до численних проблем з безпекою, оскільки вони можуть бути без проблем перехоплені. В той час як передача інформації для Li-Fi є дуже захищеною і безпечною (ніхто не може її зламати). Оскільки використовуємо видиме світло, сигнал не розсіюється крізь стіни. Такий зв'язок за допомогою видимого світла можна було б безпечно використовувати в літаках, не порушуючи сигнали авіакомпаній.

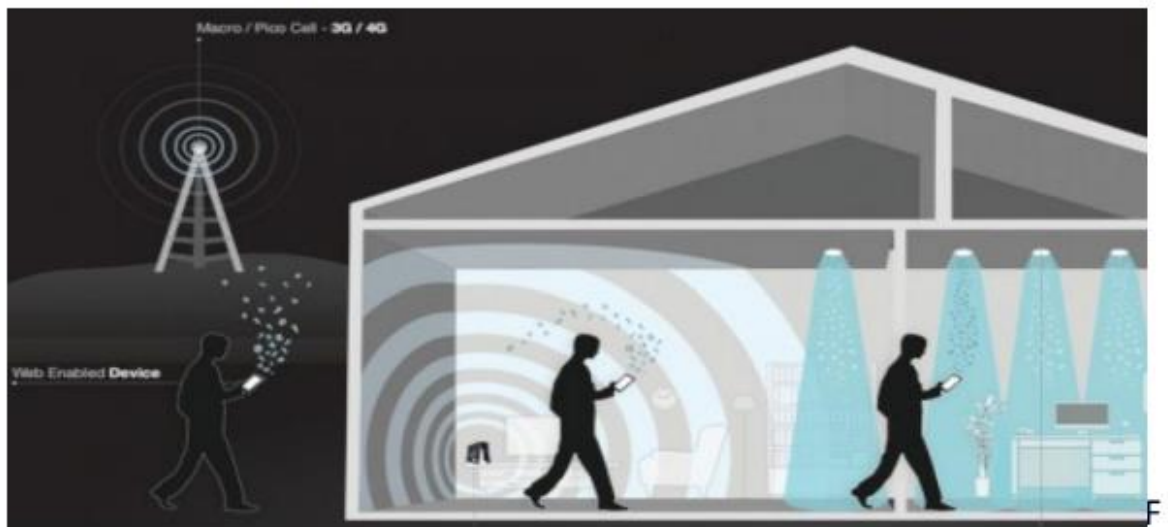


Рис. 3.6. Передача даних радіохвилями та видимим світлом[28]

Li-Fi - це світловий Wi-Fi, який використовує світло для передачі інформації замість радіохвиль. З моменту його випадкової розробки доктором Джоном О'Салліваном у 1992 році, Wi-Fi здійснив революцію в цифровому зв'язку. На Wi-Fi може припадати 60% всього інтернет-трафіку, однак у сучасному світі він стикається зі значними проблемами.

Li-Fi є ідеальною відповіддю на ці виклики для їх подолання. Li-Fi краще застосовувати в лікарнях для моніторингу стану пацієнтів, оскільки він не створює перешкод для частоти людського тіла. Частина запропонованої технології дозволяє людям віддалено завантажувати або записувати важливу інформацію про симптоми здоров'я для встановлення діагнозу лікарем під час пандемії, як-от нинішня хвороба COVID-19.

Хоча Li-Fi ще не розроблений в деяких країнах, очікується, що певні процеси будуть використовуватися в різних середовищах, таких як промисловість, освіта або медицина. Серед цих розвинених ідей очікується:

- Освітні системи: Li-Fi - це новітня технологія, яка забезпечує більш швидкісний доступ до Інтернету, замінюючи Wi-Fi в освітніх установах і навчальних компаніях, щоб люди могли користуватися Li-Fi з тією ж швидкістю, яка передбачена в конкретній області.

- Управління дорожнім рухом: У світлофорах Li-Fi може взаємодіяти зі світлодіодами автомобіля, щоб краще керувати дорожнім рухом і зменшити кількість ДТП. Крім того, світлодіоди автомобіля можуть попереджати водіїв про наближення інших автомобілів.

- Уникнення радіочастотного випромінювання: Деякі люди стверджують, що мають підвищену чутливість до радіочастот і шукають альтернативу. Li - Fi є гарною альтернативою для відмови від радіохвиль.

- Мобільний зв'язок: Ноутбуки, смартфони, планшети та інші мобільні пристрої можуть підключатися безпосередньо за допомогою Li - Fi. З'єднання малого радіусу дії дають дуже високу швидкість передачі даних, а також забезпечують безпеку передачі.

- Медицина: Li-Fi може бути використаний у медичних пристроях для передачі даних про пацієнтів, таких як електрокардіограми та інші медичні записи. Це забезпечує швидкий та безпечний обмін інформацією між лікарями та медичним персоналом.

- Промисловість: Li-Fi може бути використаний для передачі даних у важкодоступних та небезпечних середовищах, таких як нафтові платформи або шахти. Це дозволяє забезпечити безпеку робочого персоналу та зменшити кількість аварій.

- Розваги: Li-Fi може бути використаний у кінотеатрах та концертних залах для передачі аудіо та відео сигналу без потреби у використанні радіочастот. Це дозволяє забезпечити кращу якість звуку та зменшити шум.

Висновок

Сьогодні Li-Fi привертає увагу всього світу завдяки своїй футуристичній технології, коли кожна лампочка може бути перетворена на абсолютно нову точку доступу Wi-Fi. Оскільки світло легко і вільно доступне скрізь, подальший прогрес у цій галузі має величезні перспективи. У порівнянні зі звичайним Wi-Fi, Li-Fi кращий майже в усіх відношеннях: швидкість передачі даних, доступність, безпека, ефективність і можливості застосування. Він також вирішує проблему обмеженої пропускну здатності радіочастотного діапазону. Унікальні властивості світла, що модулюється і використовується тут, призводять до підвищення швидкості передачі даних навіть у щільно заповнених з'єднаннях. Незважаючи на те, що Li-Fi має деякі недоліки, він демонструє вражаючий розвиток у світі бездротових технологій. Він робить свій внесок майже у всі галузі і, безумовно, буде благом для нашого світу. Так, завдяки технології Li-Fi у найближчому майбутньому 14 мільярдів ламп можна буде замінити на 14 мільярдів багатоцільових світлодіодів у всьому світі, які не лише забезпечать освітлення, але й створять точки доступу до Wi-Fi - чистіші, екологічніші та яскравіші.

Отже, Li-Fi - це інноваційна технологія бездротового зв'язку, яка використовує світлові хвилі замість радіохвиль для передачі даних. Вона має низку переваг над традиційними технологіями бездротового зв'язку, таких як висока швидкість, безпека та відсутність перешкод. Li-Fi має потенціал, щоб революціонізувати спосіб, у який ми спілкуємось і зв'язуємось один з одним.

РОЗДІЛ 4

ЗАСТОСУВАННЯ LI-FI

Застосування Li-Fi може розширитися в тих сферах, де технології Wi-Fi не вистачає потенціалу, таких як медичні технології, електростанції, підводні застосування та інші різноманітні сфери. Всі вуличні ліхтарі можуть бути перетворені на лампи Li-Fi для передачі даних та інформації. Технологія Li-Fi має потенціал для широкого застосування в медицині.

Застосування в медицині

Інтернет скрізь: вуличні ліхтарі, автомобільні фари можуть бути модифіковані світлодіодами для доступу до Інтернету в будь-якому місці на громадських пішохідних доріжках, дорогах, торгових центрах і т.д., де доступне джерело світла.

Сектор охорони здоров'я та медичні програми: Wi-Fi шкідливо використовувати в лікарнях та інших медичних установах, оскільки він може проникати крізь людський організм. Wi-Fi заборонено використовувати в операційних через його випромінювання. Сигнали Wi-Fi втручаються в роботу планшетів та персональних комп'ютерів (ПК), що перериває сигнали для моніторингу гаджетів. Технологія Li-Fi може бути корисною для доступу до Інтернету та в медичному обладнанні. Це також може бути корисним у роботизованих операціях та інших автоматичних процедурах[29].

. Ось деякі з можливих областей застосування:

- Бездротова передача даних у медичних установах: Li-Fi може використовуватися для бездротової передачі даних між медичним обладнанням, наприклад, між комп'ютерами, пристроями для візуалізації та обладнанням для хірургії. Це може допомогти покращити ефективність і безпеку медичної допомоги.
- Бездротовий контроль медичних пристроїв: Li-Fi може використовуватися для бездротового контролю медичних пристроїв,

наприклад, імплантованих пристроїв та пристроїв для віддаленого моніторингу. Це може допомогти покращити якість життя пацієнтів і зменшити витрати на медичне обслуговування.

- Бездротова освіта в медичних школах: Li-Fi може використовуватися для бездротової передачі навчальних матеріалів у медичних школах. Це може допомогти студентам отримати доступ до навчальних матеріалів з будь-якого місця.
- Бездротова діагностика та лікування: Li-Fi може використовуватися для бездротової діагностики та лікування пацієнтів. Наприклад, Li-Fi може використовуватися для передачі даних від медичних пристроїв до комп'ютерів для аналізу.

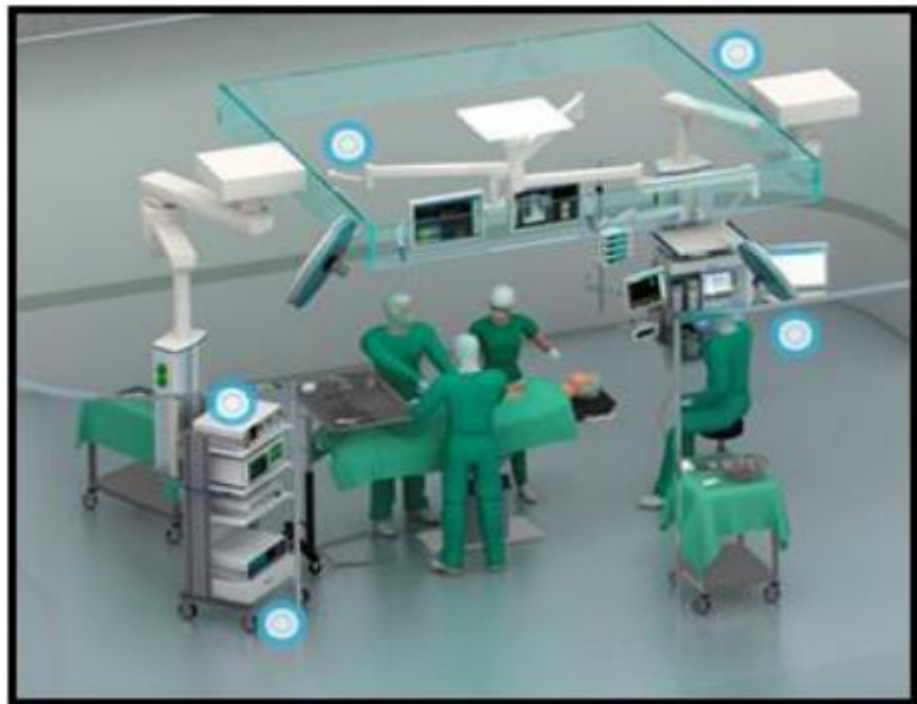


Рис. 4.1. Li-Fi в операційній[28]

Електроенцефалограми без кабелів

Перший тест з Li-Fi був на електроенцефалограмах на відстані півметра. Це один з пристроїв, які викликають найбільше враження під час тестування, але це також один з найскладніших викликів для тестування цієї технології з

метою її використання в майбутньому. Цей тип тестового сигналу дуже слабкий (менше 100 мілівольт), і його необхідно посилити, перш ніж передавати окремими каналами - червоним, зеленим і синім - за допомогою різних світлодіодів. Оскільки рівень помилок в отриманих даних також дуже високий, дослідники вдалися до використання кольорових фільтрів, щоб отримати більш надійну передачу для потенційної корекції помилок.

Li-Fi тести для електрокардіограми - це вибір майбутнього, оскільки елементи керуються рухом очей. Прибравши кабелі, пристрої, що дозволяють таку взаємодію, можна буде краще спроектувати, а також уникнути інтерференції з іншими сигналами навколишнього середовища[30].



Рис.4.2. Обмін даними через Li - Fi на медичному обладнанні[30].

Медицина та охорона здоров'я . Через побоювання щодо випромінювання в операційних заборонено використовувати Wi-Fi. Навіть незважаючи на те, що Wi-Fi є в декількох лікарнях і медичних центрах, перешкоди від комп'ютерів і мобільних телефонів можуть блокувати сигнали від медичного та моніторингового обладнання. Li-Fi потенційно може вирішити цю проблему, оскільки Li-Fi не створює електромагнітних перешкод, а отже, не впливає на роботу медичних приладів, наприклад, магнітно-резонансних томографів (МРТ).

Інші застосування в медицині

Як згадувалося раніше, випромінювання від Wi-Fi може викликати занепокоєння, особливо якщо медичні установи, такі як операційні, не дозволяють його розгортання через перешкоди для інших пристроїв, блокування сигналів для моніторингового обладнання, що стає небезпечним для здоров'я пацієнтів. Щоб подолати цю проблему і зробити операційні зони "розумними", можна розгорнути Li-Fi для доступу до Інтернету для управління медичним обладнанням. Особливо це стосується роботизованих операцій та інших автоматизованих процедур.

Потреба в технології Li-Fi (light fidelity) для відстеження пацієнтів з COVID-19 у всьому світі[29]

Приблизно два роки тому світ заговорив про COVID-19, також відомий як коронавірус. Вірус SARS-CoV-2 є інфекційним агентом, що викликає коронавірусну хворобу. "72-га сесія Всесвітньої асамблеї охорони здоров'я проголосила 17 вересня Всесвітнім днем безпеки пацієнтів, щоб підвищити обізнаність громадськості про важливість роботи медичних працівників і про те, як вони пов'язані з безпекою пацієнтів. Згідно зі статистичними даними Міжнародної медичної асоціації щодо COVID-19 станом на 16 вересня, загалом 2238 лікарів захворіли на цю хворобу, 382 з них померли. Ця тенденція продовжується". Як Індія, жодна країна не втратила стільки лікарів та медичних працівників. В ізоляторах на понад 1 000 або 2 000 ліжок моніторинг пацієнтів з COVID-19 є дуже важливим. Моніторинг температури, серцебиття, тиску та стану дихання пацієнта є дуже важливим і повинен оптимізуватися для покращення виживання пацієнтів з COVID-19. Наразі в більшості лікарень моніторинг пацієнтів здійснюється або вручну, або за допомогою Wi-Fi. Li-Fi забезпечує розширений моніторинг того, де пацієнти можуть отримати доступ до бездротових даних. В епоху розвитку технологій життєво важливо знаходити кращі рішення для кожного завдання. Використовуючи технологію Li-Fi, моніторинг пацієнтів можна здійснювати швидко та ефективно. Моніторинг пацієнта через Wi-Fi працює повільніше і має меншу пропускну

здатність, ніж через Li-Fi-моніторинг. Оскільки Wi-Fi передає дані через радіочастотні хвилі, ці хвилі можуть завдати шкоди людині. Для подолання цієї проблеми в здоровому середовищі використовується технологія Li-Fi (light

Цей прототип складається з датчиків температури, серцебиття та тиску і призначений для вимірювання та моніторингу температури, тиску та серцебиття пацієнта, хворого на COVID-19, з метою точного опису стану його здоров'я та фізичної форми. Ці датчики збирають інформацію з тіла людини, перетворюють її в цифрову форму за допомогою аналого-цифрового перетворювача та передають свої дані на мікроконтролер. Дані з датчиків відображаються на алфавітно-цифровому РК-дисплеї 16×2 . Ці ж дані передаються на ПК/ноутбук через Li-Fi зв'язок. Li-Fi передавач підключений до мікроконтролера через інтерфейс UART. Li-Fi передавач аналізує і декодує дані, що передаються за 1 с і 0 с. Два модулі мікроконтролера і приймальний ланцюг складають частину приймача. Мікроконтролер передає дані за допомогою світла, яке фіксує фотодетектор. Модель приймача з'єднується з приймачем в кімнаті, який містить універсальний асинхронний приймач-передавач (UART), і значення можуть відображатися безперервно. Таким чином, пацієнт може спостерігатися 24/7, а інформація про нього може бути легко оновлена.

Цілями даного дослідження було:

- Розробка безпечної, точної та простої у використанні систему моніторингу пацієнтів з COVID-19 в режимі реального часу Li-Fi на основі ІОТ (Інтернет речей), яка може відігравати вирішальну роль у забезпеченні критично важливих медичних послуг.
- Забезпечення безперервного моніторингу пацієнтів з COVID-19 у відділенні інтенсивної терапії або пацієнтів з COVID-19 в ізоляторі за допомогою віртуальних засобів масової інформації.
- Консультація та надання порад пацієнтам з COVID-19 за допомогою засобів безперервного моніторингу.

- Усунення потреб в ПК як локальній базі даних за допомогою смартфона, ноутбука або iPad.

- Аналіз та обчислення стану здоров'я пацієнтів з COVID-19 за допомогою мікроконтролера AVR, Li-Fi та IOT, що є основою цієї дослідницької роботи.

- Вимірювання температури, артеріального тиску та серцебиття, які використовуються для оцінки стану здоров'я пацієнта з COVID-19.

- Підтримка моніторингу зовнішнього середовища та відстеження місцезнаходження за допомогою смартфона з технологією GPS.

- Моніторинг фізіологічних параметрів пацієнтів з COVID-19 з лікарського столу за допомогою IOT та відображення результатів за допомогою веб-сайту ThingSpeak та мобільного додатку thing view.

- Для підтримки безпеки та контролю доступу використовуються сервери ThingSpeak API, які підтримують безпечні з'єднання між пристроями та ThingSpeak.

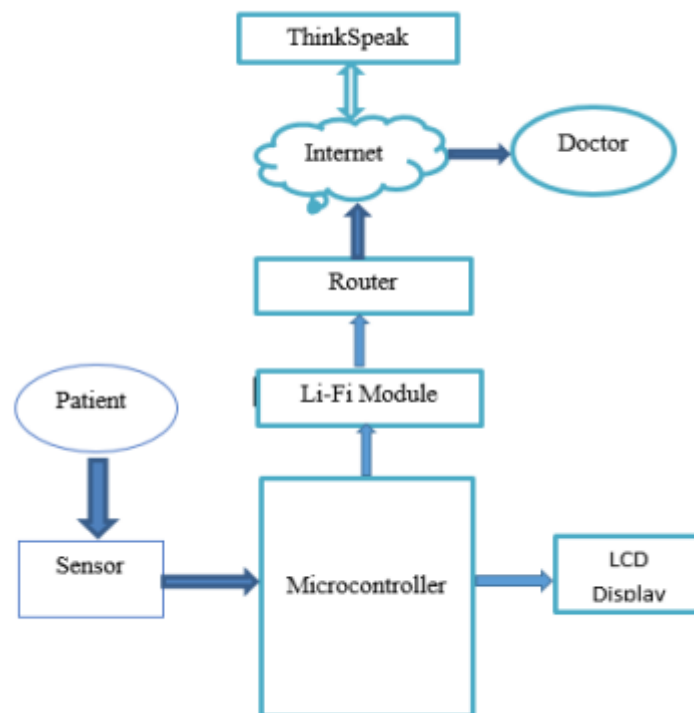


Рис.4.3 Блок-схема[29].

Блок-схема системи: Температуру, тиск і частоту серцевих скорочень пацієнтів у відділенні інтенсивної терапії часто контролюють за допомогою датчиків, комп'ютерного аналізу або даних, зібраних вручну. З розвитком технологій їх тепер збирають через Wi-Fi. Але Wi-Fi не рекомендується використовувати у відділенні інтенсивної терапії. В результаті з'явилася екологічно безпечна технологія, відома як Li-Fi, що дозволяє декільком пристроям в одному приміщенні обмінюватися даними за допомогою світла. Видиме світло функціонує як канал передачі в комунікації видимого світла (VLC). Використання Li-Fi в біомедичній галузі розширилося до передачі сигналу електроенцефалографії (ЕЕГ) через VLC-з'єднання. Цей прототип в основному складається з двох блоків: Секції передавача та секції приймача.

Секція передавача: Датчики, мікроконтролер PIC16F877A та передавальний компонент складають цю частину. Можемо використовувати передавальні компоненти, такі як світлодіоди або лазери, щоб досягти порівнянних результатів, залежно від потреб. Було використано світлодіод для передачі, а також ряд інших пасивних компонентів.

Датчики: три типи датчиків.

Датчик серцебиття / датчик частоти пульсу: Датчик серцебиття відстежує частоту серцевих скорочень і рівень кисню в крові пацієнта за допомогою принципу фотоплетизмографії. Він відстежує зміну об'єму крові в будь-якому органі, що викликає зміну інтенсивності світла, і генерує аналоговий сигнал, який згодом надсилається на мікроконтролер.

Датчик температури: LM35, що використовується тут, є датчиком температури з високим рівнем точності. Він має аналоговий вихід, який лінійно пропорційний температурі навколишнього середовища. Щоб отримати вимірювання температури, просто підключіть його до виводу АЦП на вашому мікроконтролері.

Датчик кров'яного тиску: Кров'яний тиск людини вимірюється за допомогою неінвазивного приладу, який називається датчиком кров'яного тиску. Систолічний, діастолічний та середній артеріальний тиск вимірюється за допомогою осцилометричного методу. Багато людей вважають корисним контролювати свій артеріальний тиск в домашніх умовах, особливо ті, хто має високий кров'яний тиск. Кров'яний тиск час від часу коливається. Він пристосовується до того, що потрібно вашому організму.

Мікроконтролер: Тут використано PIC16F877A. Мікроконтролер PIC 16FB77A рекомендується для покращення функціональності моделі. Використовується PIC 16FB77A, який має 40 виводів. Його краще використовувати через його високу ефективність та низьке енергоспоживання. Всі датчики легко підключити до мікроконтролера, який запрограмований на аналіз і передачу даних в оптичних сигналах за допомогою протоколу UART, які потім передаються за допомогою світлодіодів і лазерів. Світлодіод як передавальний засіб: оскільки світлодіоди мають високу комутаційну здатність, їх можна використовувати для створення високої та низької логіки. У цьому випадку використовується масив світлодіодів T1 34,5 мм, які мають високу інтенсивність і споживають низький струм 20 мА кожен. Він також використовує низьку напругу 3,2 вольта, що дозволяє використовувати його без драйвера світлодіодів. Також можна використовувати 650 нм 5 мВт фокусований точковий лазерний модуль-датчик замість світлодіода для досягнення більш точних результатів[29].

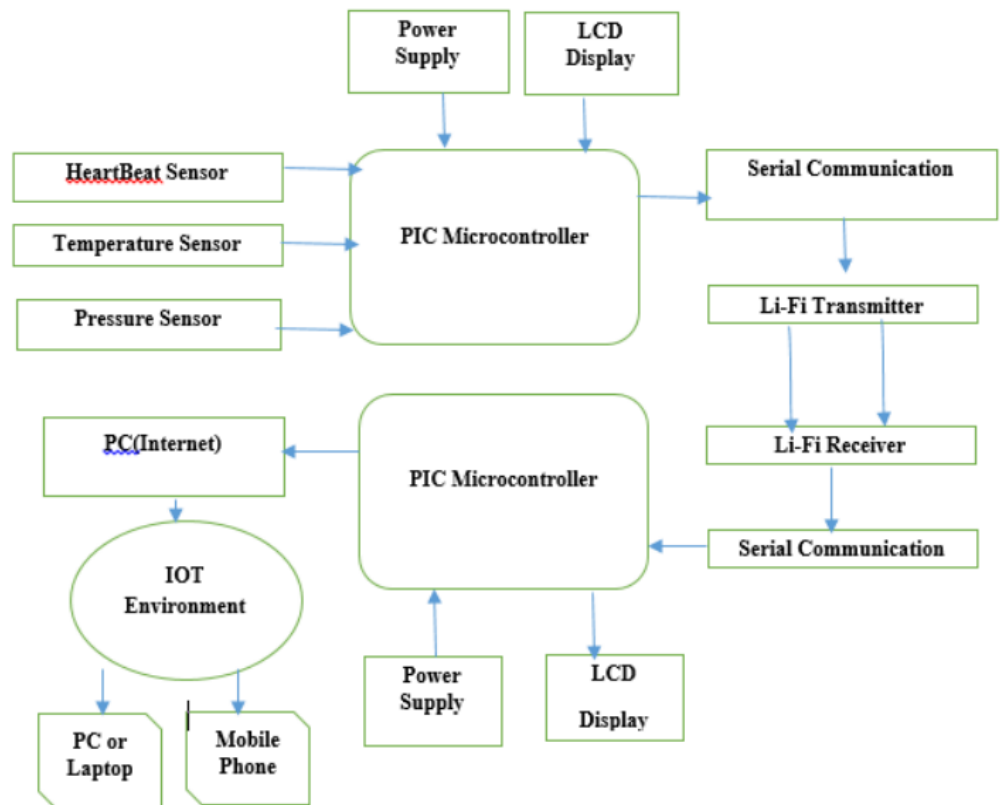


Рис.4.4 Структурна схема системи[29].

Секція приймача: Приймач Li-Fi обробляє 1 с і 0 с, або стани світлодіодів ON/OFF, перед тим, як відправити їх через інтерфейс UART на ПК або ноутбук. Ці байти приймаються у вигляді python-коду, який потім завантажується на сервер. Було використано прикладний програмний інтерфейс (API) сервера ThingSpeak для відправки коду. У ThingSpeak дані з датчиків призначаються полям на сервері та відображаються у вигляді графіка. Ключ API для завантаження даних на сервер ThingSpeak генерується автоматично. Дані з різних датчиків були передані до ThingSpeak за допомогою скриптів на мові Python. Тепер лікарі можуть отримувати і переглядати свої результати в будь-який час і з будь-якого місця, увійшовши на веб-сайт. Таким чином, система моніторингу пацієнтів з COVID-19 на основі Li-Fi-технології відіграватиме важливу роль в охороні здоров'я. Для визначення місцезнаходження пацієнтів, уражених COVID-19, у всіх лікарнях має бути запроваджено безрадіаційне обладнання[29].

Отже, було підсумовано результати розгорнутих систем ізоляції хворих на COVID та аналізу даних біомедичних датчиків. Так, на Рис.4.5 показано відображення тиску, температури та серцебиття людини в реальному часі. На Рис.4.6 показано результат роботи оболонки Python 2.7.10 для передачі даних з різних датчиків до ThingSpeak, а на Рис.4.7 - аналіз та візуальне відображення даних з датчиків[32].



Рис.4.5 Прототип[29].

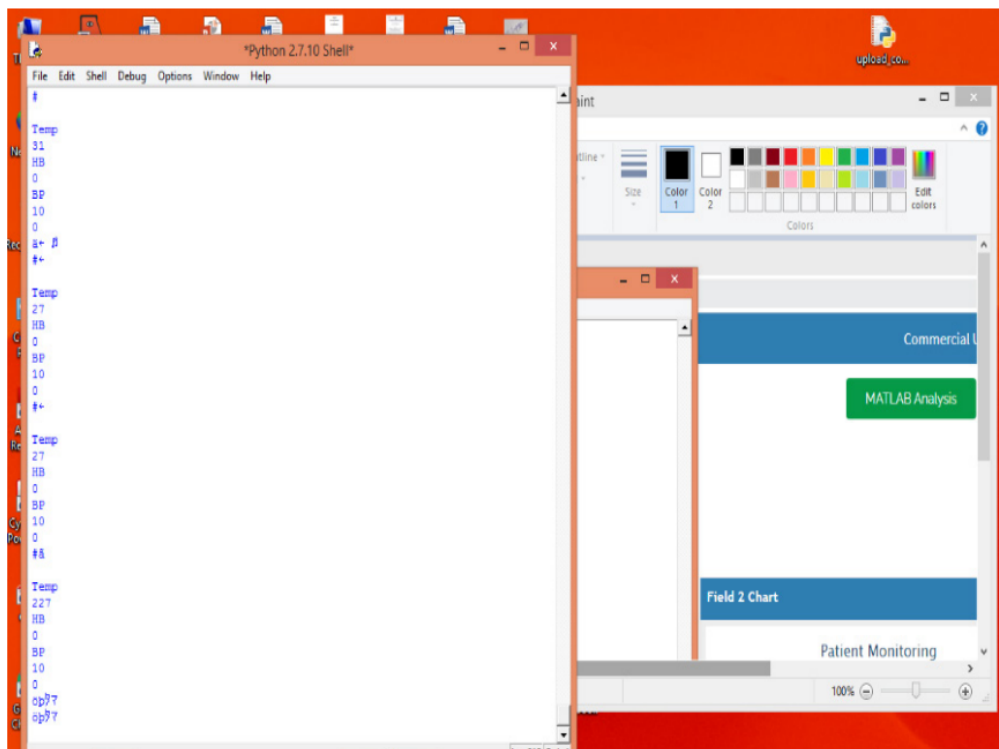


Рис.4.6. Python для передачі даних з різних датчиків до

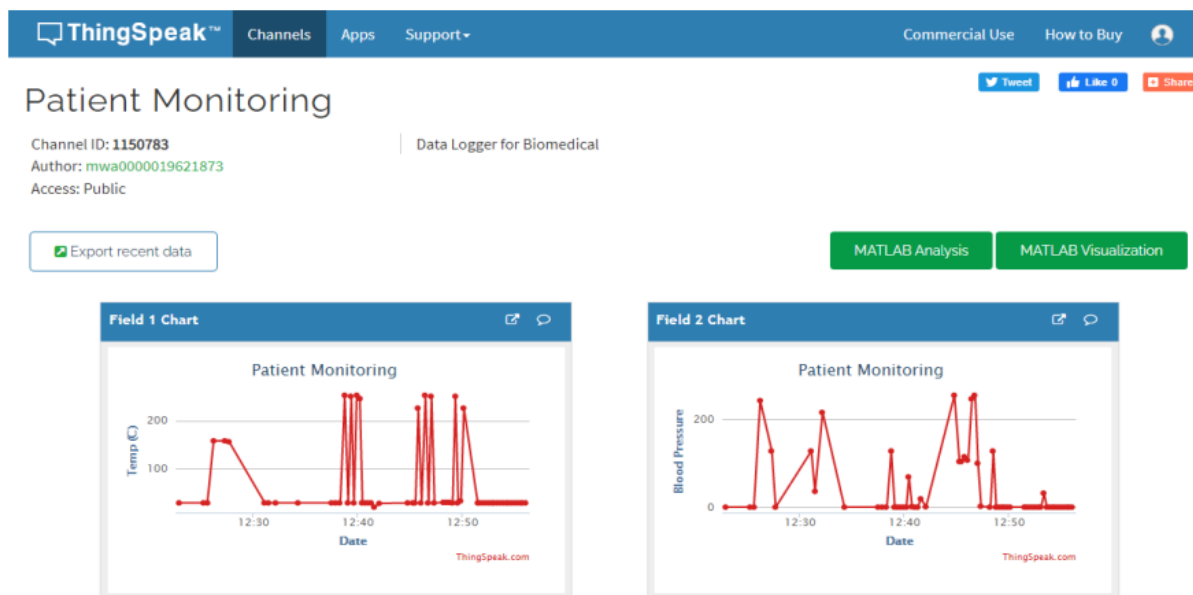


Рис.4.7. Візуалізація даних датчиків температури та тиску на хмарі[29]

Приклади використання технології Li-Fi в медицині:

- У 2018 році компанія Philips почала використовувати технологію Li-Fi в своїй системі медіа-відео для операційних. Система дозволяє хірургам переглядати медичні зображення та відео без використання кабелів.
- У 2019 році компанія Samsung представила систему Li-Fi для бездротового управління імплантованими пристроями.

Система називається SmartThings Health і складається з двох основних компонентів:

- Імплантований пристрій: Цей пристрій містить світлодіоди, які випромінюють світло в видимому спектрі. Світлодіоди використовуються для передачі даних від пристрою до смартфона пацієнта.

Система називається LiFi OR і складається з двох основних компонентів:

- Панель Li-Fi: Ця панель містить світлодіоди, які випромінюють світло в видимому спектрі. Світлодіоди використовуються для передачі даних від медичних пристроїв до хірургічних моніторів.
- Хірургічні монітори: Хірургічні монітори містять приймачі Li-Fi, які використовуються для прийому даних від панелі Li-Fi.

Система LiFi OR дозволяє хірургам переглядати медичні зображення та відео без використання кабелів. Це означає, що хірурги можуть вільно пересуватися по операційній кімнаті, не будучи прив'язаними до кабелів.

Система LiFi OR має ряд переваг перед традиційними системами медіа-відео для операційних, які використовують кабелі. По-перше, система Li-Fi є більш безпечною, оскільки вона не використовує кабелі, які можуть бути джерелом небезпеки в операційній кімнаті. По-друге, система Li-Fi є більш ефективною, оскільки вона може передавати дані на більшій відстані, ніж кабелі[30].

Система LiFi OR все ще перебуває на ранніх етапах розробки, але вона має потенціал для радикального перетворення операційної хірургії. Система

може допомогти хірургам працювати більш ефективно та безпечно, а також покращити результати лікування пацієнтів.

Ось деякі конкретні приклади того, як система LiFi може використовуватися хірургами:

- Хірурги можуть використовувати систему для перегляду медичних зображень та відео в реальному часі. Це може допомогти хірургам приймати більш точні рішення під час операції.
- Хірурги можуть використовувати систему для віддаленого доступу до медичних зображень та відео. Це може допомогти хірургам отримати консультацію від інших експертів під час операції.
- Хірурги можуть використовувати систему для запису медичних зображень та відео. Це може допомогти хірургам навчатися та покращувати свої навички. Система LiFi має потенціал для покращення якості та безпеки операційної хірургії.
- Смартфон: Смартфон пацієнта містить приймач Li-Fi, який використовується для прийому даних від імплантованого пристрою.

Система SmartThings Health дозволяє пацієнтам контролювати свої імплантовані пристрої, наприклад, кардіостимулятори, з допомогою смартфона. Наприклад, пацієнти можуть використовувати систему для перевірки стану свого кардіостимулятора, зміни його налаштувань або навіть зупинки його роботи.

Система SmartThings Health має ряд переваг перед традиційними системами управління імплантованими пристроями, які використовують радіохвилі. По-перше, система Li-Fi є більш безпечною, оскільки вона не використовує радіохвилі, які можуть бути шкідливими для здоров'я пацієнта. По-друге, система Li-Fi є більш ефективною, оскільки вона може передавати дані на більшій відстані, ніж радіохвилі.

Система SmartThings Health все ще перебуває на ранніх етапах розробки, але вона має потенціал для радикального перетворення управління імплантованими пристроями. Система може допомогти пацієнтам вести більш

активний і незалежний спосіб життя, а також підвищити ефективність медичного обслуговування[31].

Ось деякі конкретні приклади того, як система SmartThings Health може використовуватися пацієнтами:

- Пацієнти з кардіостимуляторами можуть використовувати систему для перевірки стану свого кардіостимулятора. Наприклад, вони можуть перевірити, чи працює кардіостимулятор належним чином, чи не виникли жодні проблеми.
- Пацієнти з ендокринними імплантованими пристроями можуть використовувати систему для зміни налаштувань свого пристрою. Наприклад, вони можуть змінити дозу гормонів, які надходять у їхній організм.
- Пацієнти з нейроімплантованими пристроями можуть використовувати систему для управління своїми пристроями. Наприклад, вони можуть використовувати систему для управління своїми протезами або для відновлення рухливості.

Система SmartThings Health має потенціал для покращення якості життя мільйонів людей у всьому світі.

- У 2020 році компанія University of California, Berkeley, почала використовувати технологію Li-Fi для дистанційного навчання в медичній школі. Система дозволяє студентам отримувати доступ до навчальних матеріалів з будь-якого місця.

Переваги та проблеми використання LI-FI:

Переваги Li-Fi:

1. Li-Fi може досягти в 1000 разів більшої інформаційної щільності, ніж i-Fi, оскільки видиме світло може бути обмежене у світлі, але у випадку з радіочастотами це неможливо через перешкоди.

2. Присутній дуже широкий спектр роботи у видимому діапазоні EM.

3. Висока швидкість передачі даних. Li-Fi може досягти швидкості передачі даних до 100 Гбіт/с, що є набагато швидше, ніж у Wi-Fi, Bluetooth та ін. Це може бути актуально для таких застосувань, як потокове відео, відеоконференції та віртуальна реальність.

4. Li-Fi є нешкідливою альтернативою в порівнянні з радіохвилями (RF), оскільки в цих хвилях електромагнітні перешкоди мають місце в таких середовищах, як в шахтах і нафтохімічному секторі.

Інтегровані в медичні прилади та лікарні, оскільки ця технологія не має справи з радіочастотами, тому її можна легко використовувати у всіх таких місцях, де широко використовуються Bluetooth, ІЧ, Wi-Fi та Інтернет.

6. При глобальному використанні цієї технології кожен вуличний ліхтар стане точкою доступу до відкритих даних.

7. Безпека передачі даних. Li-Fi є більш безпечним методом передачі даних, ніж Wi-Fi, Bluetooth та ін., оскільки дані передаються за допомогою видимого світла, яке не може бути перехоплено або підроблено.

8. Динамічна темрява, тобто модуляція світіння лампи для покращення контрастності відео.

Світлодіодні світильники споживають менше енергії і дуже грамотні. Оскільки вони споживають менше енергії, вони економічні та прості у використанні.

10. Економічність використання медичного обладнання. Li-Fi може призвести до зниження витрат на використання медичного обладнання, оскільки не вимагає використання додаткових пристроїв для передачі даних[28].

Ключовими перевагами Li-Fi в лікарні є зниження витрат. Медичні працівники можуть використовувати ІОТ-системи та пов'язане з ними медичне обладнання для моніторингу пацієнтів у режимі реального часу. Подолання дефіциту радіочастотного спектру (в 10 000 разів більша пропускна здатність).

абезпечення надзвичайно високої пікової швидкості передачі даних (10 Гбіт/с).

теоретично технологія Li-Fi може бути реалізована за низьку вартість. Достатньо лише вмонтувати модулятори у світильники та відповідні приймачі у пристрої.

Проблеми Li-Fi через Wi-Fi Обмежена сумісність: Хоча Li-Fi є відносно новою технологією, все менше пристроїв здатні її використовувати. Малоімовірно, що в осяжному майбутньому ми побачимо персональну електроніку з підтримкою Li-Fi-, оскільки переважна більшість технологій, які ми використовуємо сьогодні, все ще покладаються на мережеве обладнання

Обмежений радіус дії: Хоча той факт, що світло не може проходити крізь стіни, може бути вигідним з точки зору безпеки, він також суттєво обмежує радіус дії Li-Fi. Таким чином, він є практичним лише в закритих приміщеннях.

проблеми використання Li-Fi:

1. Він може передавати тільки в межах прямої видимості.
2. Хоча ця технологія звучить як заміна Wi-Fi, але ця високошвидкісна технологія передачі інформації також має деякі обмеження, а саме відсутність здатності світла проходити крізь перешкоди. Воно не може проходити крізь стіни і може бути заблоковане. Якщо світловий сигнал заблокований, ми можемо легко перейти назад на радіохвилі (Wi-Fi).
3. Оскільки технологія Li-Fi використовує світло як засіб зв'язку, то якщо приймач якимось чином заблокований, то сигнал безпосередньо буде перерваний.
4. Перешкоджання передачі інформації від зовнішніх джерел світла, наприклад, сонячного світла, звичайних ламп і щільних матеріалів, може призвести до втрати узгодженості та роботи мережі.
5. Нам все ще потрібен Wi-Fi і нам все ще потрібні радіочастотні стільникові системи. Лампочка не може передавати інформацію швидкому

об'єкту, що рухається, або забезпечити доступ до даних у віддаленій місцевості, де є дерева, стіни та перешкоди.

6. Ця технологія вимагає постійного освітлення, що означає, що світлодіод повинен бути увімкненим протягом усього дня, і хоча вартість використання світлодіодів нижча, вимога Li-Fi збільшить витрати[28].

ирішення проблем:

1. Розробка світлодіодів із широким променем світла. Це дозволить збільшити діапазон передачі сигналу Li-Fi.

- Використання рефлекторів або інших оптичних пристроїв для фокусування світла. Це дозволить посилити сигнал Li-Fi і збільшити його діапазон.
- Використання багатоточкових мереж Li-Fi. Це дозволить забезпечити передачу сигналу Li-Fi у приміщеннях з багатьма перешкодами.

2. Використання Li-Fi для передачі даних у приміщеннях з невеликою кількістю перешкод. Наприклад, Li-Fi можна використовувати для передачі даних у офісах, школах або лікарнях.

Використання Li-Fi в поєднанні з іншими технологіями передачі даних, такими як Wi-Fi або стільниковий зв'язок. Це дозволить забезпечити передачу даних через стіни та інші перешкоди.

3. Використання технологій виявлення перешкод. Ці технології дозволять виявляти перешкоди і адаптувати передачу даних відповідно до умов.

Використання динамічного кодування. Ця технологія дозволяє передавати дані в кілька різних діапазонів частот одночасно. Це робить сигнал Li-Fi менш сприйнятливим до перешкод.

4. Використання технологій ідентифікації джерел світла. Ці технології дозволяють ідентифікувати джерела світла, які не є частиною мережі Li-Fi. Потім ці джерела світла можуть бути відфільтровані, щоб уникнути перешкод.

5. Використання Li-Fi в поєднанні з іншими технологіями передачі даних. Це дозволить забезпечити оптимальну передачу даних в різних умовах.

Розробка технологій, які дозволять Li-Fi передавати дані на більші відстані і через перешкоди. Це дозволить Li-Fi замінити Wi-Fi і стільниковий зв'язок у деяких випадках.

6. Використання світлодіодів із низьким енергоспоживанням. Це дозволить зменшити витрати на електроенергію.

Розробка технологій, які дозволяють Li-Fi передавати дані без використання постійного освітлення. Це дозволить зменшити витрати на освітлення.

Ці рішення є лише деякими з можливих напрямків розвитку технології

Висновок

Отже, технологія Li-Fi має потенціал для революції в галузі охорони здоров'я, забезпечуючи безпечні та ефективні засоби передачі даних. Використання Li-Fi в медицині може покращити догляд за пацієнтами, покращити комунікацію між медичними працівниками та підвищити ефективність медичних процедур.

Однією з ключових переваг Li-Fi в медицині є його здатність безпечно передавати дані. Використання світлових хвиль замість радіохвиль зменшує ризик перешкод і ускладнює перехоплення конфіденційної медичної інформації хакерами. Це особливо важливо у сфері охорони здоров'я, де конфіденційність пацієнтів має першорядне значення.

Li-Fi також може покращити комунікацію між медичними працівниками. Наприклад, лікарі та медсестри можуть використовувати пристрої з підтримкою Li-Fi-для швидкого доступу до записів пацієнтів, обміну інформацією про стан пацієнта та спільної роботи над планами

лікування. Це може призвести до більш ефективного та скоординованого догляду за пацієнтами.

Ще одне застосування Li-Fi в медицині - це хірургічні процедури. Хірурги можуть використовувати пристрої з підтримкою Li-Fi-для доступу до зображень і даних в режимі реального часу під час операції, що дозволяє їм приймати більш обґрунтовані рішення і покращувати результати лікування пацієнтів. Li-Fi також можна використовувати для дистанційного керування хірургічними інструментами, зменшуючи ризик інфікування та підвищуючи точність хірургічних операцій.

РОЗДІЛ 5

РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

5.1. *Опис ідеї проекту*

Стартап проект "Використання LI-FI в медицині" має на меті використання технології LI-FI для покращення комунікації в медичних закладах. LI-FI - це технологія передачі даних через світлові хвилі, яка може забезпечити швидку та безпечну передачу інформації.

У медичних закладах, таких як лікарні та клініки, швидкість та надійність комунікації має велике значення для успішного лікування пацієнтів. Використання технології LI-FI може допомогти уникнути перешкод, які часто виникають при використанні бездротових технологій, таких як Wi-Fi.

Стартап проект буде пропонувати медичним закладам встановлення спеціальних пристроїв, які будуть передавати дані через світлові хвилі. Це забезпечить швидку та безпечну передачу даних, а також допоможе уникнути перешкод, які можуть виникнути при використанні інших технологій.

Таблиця 5.1.

Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Система Li-Fi забезпечить швидку та безпечну передачу даних, та уникає перешкоди.	<ol style="list-style-type: none">1. Швидка та безпечна передача даних.2. Уникання перешкод, які можуть виникнути при використанні інших технологій.3. Може використовуватися для передачі даних з медичних приладів4. Може автоматично контролювати стан здоров'я пацієнтів.	Технологія Li-fi може бути використана для створення точних терапевтичних систем, що дозволяє покращити ефективність лікування пацієнтів, також може бути використана для створення точкового освітлення в операційних залах. Li-fi може бути використана для передачі даних в лікарнях та клініках, де безпека даних та конфіденційність є особливо важливими.

При порівнянні з конкурентами в першу чергу увага надається архітектурному підходу, що забезпечує швидкість роботи та ефективність у кожному конкретному випадку. Порівняння з конкурентами, а також визначення переваг і недоліків наведено у наступній таблиці.

Таблиця 2

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів		W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Wi-fi (Cisco Systems, Aruba Networks)			
1	Використання безкоштовного програмного забезпечення	так	ні			так
2	Непередбачуване зростання вартості	так	так	так		
3	Індивідуальні можливості кастомізації системи	Так	Так			так
4	Єдина підтримка апаратної та програмної частини	ні	так			так

Конкуренти володіють лише частковим функціоналом, який реалізований в даному проекті. Серед сильних сторін визначені можливості кастомізації під конкретні задачі, які ставляться перед обраним проектом, відсутність та Єдина підтримка апаратної та програмної частини. До слабких сторін відноситься непередбачуване зростання вартості

5.2. Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 5.3

Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
	Швидка та безпечна передача даних в медицині за допомогою видимого світла Li-fi	Освітлення приміщення світлодіодними лампами з вбудованими Li-Fi передавачами; Використання Li-Fi приймачів в медичних пристроях; Розробка програмного забезпечення для управління системою	Технологія Li-Fi є відносно новою, але вона вже доступна в комерційному масштабі; Освітлення приміщення світлодіодними лампами є стандартною технологією, яка широко використовується в медичних закладах; Розробка програмного забезпечення вимагає певних технічних знань і навичок, але це не є неможливою завданням	Технологія Li-Fi доступна у постачальників обладнання та програмного забезпечення; Освітлення приміщення світлодіодними лампами є доступним, оскільки це стандартна технологія;
Обрана технологія реалізації проекту: Система зв'язку видимого світла (VLC)				

Технологія Li-Fi є відносно новою, але вона вже доступна в комерційному масштабі. Освітлення приміщення світлодіодними лампами є стандартною технологією, яка широко використовується в медичних закладах.

Для реалізації проекту необхідно буде придбати обладнання та програмне забезпечення. Освітлення приміщення світлодіодними лампами є відносно недорогим. Розробка програмного забезпечення вимагає певних витрат, але це не є неможливою завданням.

5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

При дослідженні ринкових можливостей, в першу чергу проведений аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку. Дані наведені у таблиці нижче.

Таблиця 5.4

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж	Загальний обсяг продаж – невеликий, з потенціалом зростання
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Динаміка ринку інтенсивно зростає
4	Наявність обмежень для входу	Немає
5	Специфічні вимоги для стандартизації, специфікації	Немає
6	Середня норма рентабельності в галузі, %	20-30

Під час здійснення аналізу ринкових можливостей запуску стартап-проекту, я можу зробити висновки, що показники мого проекту є доволі високими, як-от: динаміка ринку та рентабельність, а враховуючи що кількість гравців складає 3, то можна зробити висновок, що ринок є привабливим для входження.

Таблиця 5.5

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Швидка та безпечна передача даних	Медики та пацієнти	В операційній може використовуватися як діагностичне точкове освітлення, пацієнти можуть використовувати для передачі даних	<ul style="list-style-type: none"> Швидка передача даних Надійність та безпека даних Уникнення перешкод

Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. №№ 6-7). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення значущості.

Таблиця 5.6

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Відсутність зацікавленості у продукті	Успіх системи залежить від підтримки. На жаль, мало хто зараз цікавиться даною технологією. Li-fi вважається відносно новою розробкою і не так широко використовується	Проведення маркетингових досліджень для визначення потреб і інтересів потенційних клієнтів; Розробка ефективної маркетингової стратегії; Проведення рекламних кампаній.
2	Вартість та час встановлення	Якщо широко використовувати дану технологію в медицині то доведеться встановлювати необхідне обладнання в кожній кімнаті, адже світло не може пройти крізь стіни, а чим більше точок тим краще зв'язок	Розробка більш економічних і швидких у встановленні рішень; Пропозиція фінансових пільг для клієнтів; Розробка партнерських програм з постачальниками обладнання та послуг.

Таблиця 5.7

Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Використання для створення точних терапевтичних систем, що дозволяє покращити ефективність лікування пацієнтів, також може бути використана для створення точкового освітлення в операційних залах	допоможе хірургам більш точно проводити операції, швидше проводити діагностичні дослідження без шкоди пацієнтові	використана для передачі даних з медичних приладів, таких як рентгенівські апарати та інші діагностичні прилади, що дозволяє лікарям збирати точні дані
2	Використовується для передачі даних в лікарнях та клініках,	Безпека даних та конфіденційність є особливо важливими. Світло не може проходити крізь стіни, тому дані не можуть бути зламани сторонніми особами, що забезпечує ще один рівень безпеки.	Розробка рішень для підвищення ефективності передачі даних в лікарнях та клініках; Партнерство з постачальниками обладнання та послуг для медичних установ.
3	За допомогою Li-fi можна створити систему, яка буде автоматично контролювати дозу ліків, що надходять до пацієнта,	Зменшення ризику передозування та покращуючи ефективність лікування.	Розробка системи для автоматичного контролю дози ліків; Партнерство з виробниками медичних препаратів для тестування та впровадження системи.

Проаналізувавши дві таблиці – фактори загроз та фактори можливосте, можу зробити висновок, що можливості переважають, до загроз відносяться фактори, які ми можемо виправити шляхом залучення інвесторів та хороших рекламі.

Таблиця 5.8

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Тип конкуренції: олігополія	Невелика кількість великих гравців, які контролюють значну частину ринку	Високі бар'єри для входу на ринок, необхідність розробки конкурентоспроможної технології та маркетингової стратегії
2. Рівень конкурентної боротьби: національний/інтернаціональний	Конкуренція відбувається на національному рівні, але також присутні міжнародні гравці	Необхідність адаптації продукту до вимог різних країн, конкуренція з міжнародними компаніями
3. Галузева ознака: міжгалузева	Конкуренція відбувається між компаніями, які працюють в різних галузях, але пропонують схожі продукти або послуги	Необхідність диференціації продукту, щоб виділитися на тлі конкурентів
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Конкуренція відбувається між компаніями, які пропонують схожі продукти або послуги	Необхідність розробки конкурентоспроможної цінової стратегії, підвищення якості продукту
5. За характером конкурентних переваг: нецінова	Конкуренція відбувається за рахунок нецінових факторів, таких як якість продукту, сервіс, імідж компанії	Необхідність розробки конкурентоспроможної маркетингової стратегії, підвищення якості продукту та сервісу
6. За інтенсивністю : марочна	Конкуренція відбувається за рахунок конкуренції між брендами	Необхідність створення сильного бренду, підвищення рівня довіри до компанії

Таблиця 5.9

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	PureLi-Fi, Signify, Oledcom	Компанії, які розробляють або пропонують альтернативні технології передачі даних в медицині, такі як Wi-Fi, Bluetooth, 5G	Виробники світлодіодних ламп; постачальники програмного забезпечення для управління системами Li-Fi	Медичні установи; виробники медичного обладнання; пацієнти	Wi-Fi, Bluetooth, 5G, кабельні системи передачі даних
Висновки	Конкуренція інтенсивна	Можливість входу в ринок середня.	Постачальник може диктувати умови: ціни на послуги	Кожен клієнт потребує індивідуального підходу для вирішення його задач	Обмежень для роботи на ринку через товари-замінники

Для успіху на ринку компанії необхідно буде враховувати фактори конкуренції, які визначені в аналізі за М. Портером. Компанія повинна розробити стратегію, яка дозволить їй конкурувати з існуючими конкурентами, мінімізувати загрозу від потенційних конкурентів, забезпечити доступ до необхідних ресурсів, задовольнити потреби клієнтів і захиститися від товарів-замінників.

Таблиця 5.10

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактори конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Зниження затримки	Технологія Li-Fi має потенціал для забезпечення більш низької затримки, ніж традиційні технології передачі даних, такі як Wi-Fi і Bluetooth.
2	Багатофункціональність	Технологія пропонує широке функціональне застосування
3	Після продажне обслуговування	Після продажне обслуговування є важливим фактором для медичних установ, які потребують надійного та безперебійного функціонування систем Li-Fi. Компанії, які пропонують якісне після продажне обслуговування, можуть мати конкурентну перевагу.

Таблиця 5.11

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактори конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з власною системою						
			3	2	1	0	1	2	3
1	Зниження затримки	3				✓			
2	Концепція товару і послуги	1					✓		
3	Після продажне обслуговування	2						✓	

Таблиця 5.12

SWOT-аналіз стартап проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Інноваційні технології • Висока якість • Функціональність 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Слабкий маркетинг • Невідома торгівельна марка • Ціна • Нестача стандартів
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Нові технології • Нові потреби клієнтів • Тенденції попиту • Розвиток стандартів для технології Li-Fi 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Продукти-замінники • Регулювання • Зміна потреб медичних установ

Таблиця 5.13

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Малий бізнес	Переважно готові	Дуже високий	Висока	Середня
2	Іноземні підприємства	Готові	Високий	Висока	Середнє

Таблиця 5.14

№ п/п	Опис профілю цільової групи	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах сегменту	Простота входу у сегмент
1	Медичні заклади	Високий	Високий	Середня
2	Медичні працівники	Високий	Високий	Середня
3	Пацієнти	Середній	Середній	Висока
4	Розробники медичних технологій	Високий	Середній	Висока
Я Клієнти, Розробники медичних технологій				

Таблиця 5.15

Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції	Базова стратегія розвитку
1	Динамічний розвиток з використанням маркетингу та встановлення бізнес-контактів	Підняття рейтингу компанії шляхом маркетингу, встановлення конкурентоспроможних цін, встановлення бізнес-контактів	Ефективна працездатність, висока якість послуг	Залучення клієнтів за допомогою реклами
2	Динамічний розвиток завдяки висвітленню унікальних характеристик надаваних послуг	Унікальність та багатofункціональність послуг, для збільшення лояльності клієнта	Висока якість та багатofункціональність послуг	Унікальність та якість

Залежно від міри сформованості галузевого ринку, характеру конкурентної боротьби, необхідно обрати одну з трьох стратегій конкурентної поведінки: розширення первинного попиту, оборонну або наступальну стратегію або ж застосувати демаркетинг або диверсифікацію (таблиця 5.16).

Таблиця 5.16

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект першопрохідцем на ринку	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів	Чи буде компанія копіювати основні характеристики	Стратегія конкурентної поведінки
1	Проект не є першопрохідцем	Компанія буде шукати нових користувачів та забирати існуючих	Компанія буде копіювати найкращі з характеристик конкурентів та удосконалювати їх	Стратегія диференціації та удосконалення

Таблиця 5.17

Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувавши комплексну позицію власного проекту
1	Висока якість та надійність	Стратегія диференціації	Іновації, удосконалення та новизна	Надійність, якість, швидкість

5.4. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Маркетингова програма - це намічений для планомірного здійснення, об'єднаний єдиною метою та залежний від певних строків комплекс взаємопов'язаних завдань і адресних заходів соціального, економічного, науково-технічного, виробничого, організаційного характеру з визначенням ресурсів, що використовуються, а також джерел одержання цих ресурсів.

Таблиця 5.18

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентом
1	Використання	Швидкість передачі даних	Набагато вища швидкість передачі даних, ніж у Wi-Fi і Bluetooth
2	Зменшення перешкод	Імунітет до перешкод	Імунітет до перешкод, викликаних рухомими об'єктами або металевими поверхнями
3	Якість	Якість зображення і звуку	Краще якість зображення і звуку, ніж у і Bluetooth
4	Надійність	Стійкість до перешкод	Стійкість до перешкод, викликаних електромагнітними хвилями інших пристроїв

Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
1. Товар за задумом	Це те, що покупець хоче купити. Цей рівень товару є абстрактним і не має фізичного тіла.
2. Товар у реально-му виконанні	Це те, що покупець отримує в обмін на свої гроші. Цей рівень товару має фізичне тіло і може бути відчутий органами чуття: Мікросхеми Li-Fi <ul style="list-style-type: none"> • Антени • Оптичні фільтри • Программне забезпечення • Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування тощо • Пакування • Марка: назва організації-розробника + назва товару
3. Товар із підкріпленням	До продажу: відбувається інсталяція та конфігурування системи, проводяться тренінги для клієнта: <ul style="list-style-type: none"> • Маркетингова стратегія • Стратегія продажів • Стратегія сервісу
	Після продажу: відбувається підтримка програмного забезпечення та його доопрацювання під потреби клієнта, постійне удосконалення роботи: Гарантія <ul style="list-style-type: none"> • Підтримка клієнтів За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: • Патенти • Торгові марки • Конфіденційність інформації

Аналіз системи збуту передбачає визначення ефективності кожного елемента цієї системи, оцінювання діяльності апарату працівників збуту. Аналіз витрат обігу передбачає зіставлення фактичних збутових витрат за кожним каналом збуту і видом витрат із запланованими показниками для того, щоб виявити необґрунтовані витрати, ліквідувати затрати, що виникають у процесі руху товарів і підвищити рентабельність наявної системи збуту.

Таблиця 5.20

Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Система збуту	Встановлення проекту клієнтові	Продаж товару відбувається безпосередньо споживачам через прямий канал збуту	Прямий канал збуту

Таблиця 5.21

Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення
1	Медичні установи	Офіційний веб-сайт є основним каналом комунікацій. Він дозволяє інформувати цільову аудиторію про технологію Li-Fi в медицині та її потенційні переваги.	Швидкість передачі даних, імунітет до перешкод, якість зображення і звуку, надійність є ключовими позиціями, обраними для позиціонування технології Li-Fi в медицині.	Висвітлити унікальні характеристики продукту, залучення уваги до нових розробок.

Висновки

Розробка стартап проекту на тему використання технології Li-Fi в медицині може бути перспективною, але вимагатиме великих зусиль та фінансових вкладень. Оскільки медична галузь є високорегульованою та характеризується високим рівнем спеціалізації та експертизи, необхідно дотримуватися строгих стандартів якості, швидкості та безпеки передачі даних.

Стартап повинен пропонувати рішення, яке забезпечує точну та надійну передачу даних, а також забезпечує високу якість, швидкість та безпеку. Для цього необхідно провести дослідження ринку та оцінити попит на продукт серед цільових клієнтів.

Крім того, розробникам стартапу потрібно буде залучити експертів з медичної галузі для тестування та валідації продукту. Також важливо забезпечити підтримку та обслуговування продукту, щоб забезпечити надійну роботу та задоволення потреб клієнтів.

Загалом, стартап проект на тему використання технології Li-Fi в медицині може бути успішним, якщо його розробники зможуть забезпечити високу якість, швидкість та безпеку передачі даних, а також залучити експертів з медичної галузі для тестування та валідації продукту. Однак, необхідно враховувати високий рівень конкуренції на ринку та строгі стандарти, які потрібно дотримуватися в медичній галузі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

Привабливість Li-Fi полягає в тому, що це тема, яка є модною останнім часом. Якщо розглянути його аспекти, то виявляється, що це корисний винахід для комунікацій, який має практичне застосування. Завдяки Li-Fi кожна передача стане швидшою і безпечнішою порівняно з бездротовими технологіями, заснованими на довжині радіохвиль. Медичні операції будуть більш точними і менш ризикованими в момент розгортання телемедицини, перетворюючи її в оптимізацію послуг медичних центрів.

Замість використання Wi-Fi, запропонована система використовує Li-Fi для моніторингу пацієнта. Радіоперешкоди в організмі людини зменшуються. Медичні працівники здійснюють моніторинг стандартними карантинними методами локально, що збільшує небезпеку передачі інфекції. Запропонований метод створений для того, щоб мінімізувати частоту відвідувань лікарні, лікарняні черги та витрати на надання медичної допомоги хворим. Він зменшує небезпеку інфікування шляхом обмеження інтимних контактів і зараження. У майбутньому за допомогою цієї технології можна буде спостерігати величезну кількість пацієнтів. Світло є в наявності і доступне скрізь, тому існує великий потенціал для розвитку і прогресу технології Li-Fi. Кожна Li-Fi лампочка зможе надсилати та отримувати дані після того, як технологія буде розроблена. Загалом, у майбутньому технологія Li-Fi буде домінувати у бездротовій передачі даних. Завдяки своїм динамічним якостям, вона наразі є досить популярною серед користувачів бездротового інтернету. Очікується, що ця технологія буде надалі досліджуватися для ноутбуків та інших гаджетів за допомогою освітлення приміщення.

Технологія має кілька застосувань у різних галузях, таких як охорона здоров'я, авіація, оборона та розумні будинки. Її можна використовувати для безпечної передачі даних без ризику перехоплення хакерами, що робить її ідеальною для чутливих зон, таких як лікарні та військові об'єкти.

Незважаючи на свої численні переваги, Li-Fi все ще стикається з низкою проблем, які необхідно вирішити, перш ніж він зможе стати основною технологією. Ці проблеми включають вимогу прямої видимості між передавачем і приймачем, високі витрати на впровадження порівняно з Wi-Fi і Bluetooth, а також відсутність стандарту для Li-Fi.

Однак постійні дослідження і розробки в галузі Li-Fi, ймовірно, дозволять вирішити ці проблеми. По мірі розвитку технології ми можемо очікувати все більшого впровадження Li-Fi в різних галузях і додатках.

На закінчення, Li-Fi - це багатообіцяюча технологія, яка має потенціал для трансформації способу нашого спілкування. Її переваги над традиційними технологіями бездротового зв'язку роблять її привабливим варіантом для багатьох галузей, а постійні дослідження і розробки, ймовірно, призведуть до подальшого вдосконалення технології. Таким чином, Li-Fi - це технологія, за якою слід уважно стежити в найближчі роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Parimbelli E., Bottalico B., Losiouk E., Tomasi M., Santosuosso A., Lanzola G., Quaglini S., Bellazzi R. Trusting telemedicine: a discussion on risks, safety, legal implications and liability of involved stakeholders. *Int. J. Med. Inf.* 2018 Apr 1;112:90–98.
2. S. Khianjoom and W. Usaha, “Anycast Q-routing in wireless sensor networks for healthcare monitoring,” Proceedings of the 11th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology, May 2014.
3. Minaie, A., Sapati-Mehrizy, S.: “Application of Wireless Sensor Networks in Health Care System”, ASEE Annual Conference and Exposition, (2013).
4. J. Sun, Y. Fang, and X. Zhu, “Privacy and emergency response in e-healthcare leveraging wireless body sensor networks,” IEEE Wireless communications, February 2010, pp. 66-73.
5. Multi-modal fall detection within the WeCare framework Conference: Proceedings of the 9th International Conference on Information Processing in Sensor Networks, IPSN 2010, April 12-16, 2010, Stockholm, Sweden
6. Wireless Sensor Networks for Healthcare: Hande Alemdar, Cem Ersoy NETLAB, Computer Networks Research Laboratory Department of Computer Engineering Boğaziçi University Bebek 34342 Istanbul, Turkey SunTech, 2012, www.suntechmed.com
7. “Avant® 4000 wireless tabletop pulse oximeter,” Nonin Medical, Inc., Plymouth, MN, 2012, <http://www.nonin.com>
8. LifeSync Wireless ECG System, LifeSync Corp., 2012, <http://www.lifesynccorp.com/products/wireless-system.html>.
9. EPOC Neuroheadset, Emotiv, 2012, <http://www.emotiv.com/>.
10. Zephyr Inc. 2012, <http://www.zephyr-technology.com/>.
11. 1100/1101 Wireless Probes, Neoprobe, 2012, <http://www.neoprobe.com/Bluetooth-Wireless-Probe.html>.

12. R. Carroll, R. Cnossen, M. Schnell, D. Simons, "Continua: an interoperable personal healthcare ecosystem," IEEE Pervasive Computing, 6(4), 2007, pp. 90-94.
13. Continua Health Alliance, Beaverton, OR, 2012, <http://www.continuaalliance.org/>.
14. Upper Arm Blood Pressure Cuff EW3106W, Panasonic Inc 2012, <http://www.us.panasonic.com/>.
15. Body Media FIT On-Body Monitoring System, Body Media Inc., Pittsburgh, PA, 2012, <http://www.bodymedia.com>.
16. Electromagnetic Interference of Wireless Local Area Network on Electrocardiogram Monitoring System: A Case Report March 2013
17. Electromagnetic interference on medical equipments due to wireless communication devices Article in Revista Facultad de Ingeniería December 2008
18. American National Standard. ANSI Standard C63.18 Recommended practice for an on-site, ad hoc test method for estimating radiated electromagnetic i
- m 19. Registries for Evaluating Patient Outcomes, 3rd edition User's Guide Senior Editors: Richard E Gliklich, MD and Nancy A Dreyer, MPH, PhD. Editor: Editor: Michelle B Leavy, MPH.
- n 20. U.Suganya, C.Subhalakshmipriya, "Li-Fi (Light Fidelity) Technology", International Journal Of Research In Computer Applications And Robotics
- y 21. Prof. Vaishali Jadhav, " A Study on LiFi – Light Fidelity Technology", International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 6, Issue 6, June-2014 709 ISSN 2229-5518
- f 22. Sharmin Akter, Dr. Rashidah Funke Olanrewaju, Thouhedul Islam, Salma, "LiFi based automated shopping assistance application in IoT," Journal of Physics, no. 2018, pp. 1-6, 2017.
- e 23. Bindu Sebastian, Neethu P, Nikil Satish, "A Review on Visible Light Communication using OFDM", International Journal of Engineering Technology,
- i
- c

Management and Applied Sciences, www.ijetmas.com April 2015, Volume 3 Issue 4, ISSN 2349-4476.

24. N.Navyatha, T.M.Prathyusha, V.Roja, M.Mounika, "Li-Fi (Light fidelity)-LED Based Alternative", International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 4, Issue 5, May-2013 ISSN 2229-5518.

25. Haas H. Wireless data from every light bulb [Inter-net]. New York: TEDGlobal; 2021. Available from: https://www.ted.com/talks/harald_haas_wireless_data_from_every_light_bulb.

26. 5. Haas H. Comprehensive summary of modulation techniques for LiFi [Internet]. Edinburgh: The Uni-versity of Edinburg. Available from: <https://www.li-fi.eng.ed.ac.uk/li-fi-news/2017-04-01-1855/com-prehensive-summary-modulation-techniques-li-fi>

27. LI-FI – A REVOLUTION IN THE FIELD OF WIRELESS-COMMUNICATION International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Sciences

28. Need of Li-Fi (light fidelity) technology for the world to track COVID-19 patients July 2023 Journal of Autonomous Intelligence

29. A. S. & P. S. Agarwal, "Li-Fi Technology: Data Transmission through Visible Light," International Journal of Advance Research in Computer Science and Management Studies - ISSN: 2321-7782, 2015.

30. I. Baba, H. Furuhata, T. Kano, S. Watanabe, T. Ito, T. Nojima, S. Tsubota. "Experimental study of electromagnetic interference from cellular phones with electronic medical equipment". J. Clin. Eng. Vol. 23. 1998. pp. 122-134.

31. J. H. B. N. P. V. Mehta, "LI-FI Technology – A Visible Light Communication," Electronics & Communication Engineering, Marwadi Education Foundation, Rajkot, India - ISSN: 2321-9939, 2014.

32. LiFi Pros & Cons [Internet]. Hongkong: LiFi.co. Available from: <https://li-fi.co/li-fi-pros-cons/>.