

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(назва факультету)

Комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

Магістр


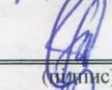

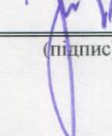
(освітній (освітньо-кваліфікаційний) рівень)

на тему: **Методи та засоби передавання інформації в системі
“Цифрова лікарня”**

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи СІМ-61
напряму підготовки (спеціальності) _____

123 “Комп’ютерна інженерія”

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

	 (підпис)	<u>Владика В.С.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	 (підпис)	<u>Осухівська Г.М.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	 (підпис)	<u>Тиш Є.В.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	 (підпис)	<u>_____</u> (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Комп'ютерних-інформаційних систем і програмної інженерії
Кафедра Комп'ютерних систем та мереж
Освітній ступінь Магістр
Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)
Спеціальність 123 „Комп'ютерна інженерія“
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КС
Освітський Г. М.
« 30 » 09 2019 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Володимир Володимир Степанович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Методи та засоби передавання інформації в системі „Цифрова лінійка“

Керівник проекту (роботи) Освітський Галина Михайлівна доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «27» вересня 2019 року №7/7-354

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 23 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Засоби передавання інформації в системі „Цифрова лінійка“

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Об'єкти доступу мережі передавати дані, діяльність та оприлюднити постовий запис

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Об'єкт, предмет, методи дослідження, методику
новизна оформити результати, практичні
зміст отриманих результатів: публікації,
основні зміст роботи, висновки

АНОТАЦІЯ

Тема дипломної роботи: «Методи та засоби передавання інформації в системі “цифрова лікарня”» // Дипломна робота // Владика Володимир Степанович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп’ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, група СІм-61 // Тернопіль, 2019 // с. –112, рис. – 20, табл. -16, аркушів А1 -11, додат. –4, бібліогр. –36.

Ключові слова:ЦИФРОВА ЛІКАРНЯ, ДОСТОВІРНІСТЬ ПРИЙОМУ, WI-FI

Дипломну роботу магістра присвячено дослідженню методів та засобів передавання інформації в системі “цифрова лікарня”.

В результаті аналізу існуючих методів та засобів передавання інформації обґрунтовано використання стандарту бездротових мереж IEEE802.11ax для вирішення задачі побудови системи “цифрова лікарня”, який забезпечує як високу швидкість обміну інформацією в місцях з великою кількістю підключених біомедичних пристроїв із різною швидкістю обміну даних, так і можливість створення вузлів для об’єднання потоків від інших безпроводних технологій таких як Bluetooth, LPWAN та ZigBee.

Запропоновано методику визначення достовірності прийому сигналів Wi-Fi в системі “цифрова лікарня” та отримано характеристики достовірності засобами Matlab на базі критерію ідеального спостерігача. Змодельовано канал зв’язку та здійснено оцінку достовірності вибраних методів та засобів передавання інформації в системі “цифрова лікарня”.

За отриманими характеристиками достовірності стандартів Wi-Fi для систем “цифрова лікарня”, встановлено, що найвищу завадостійкість мають стандарти, які використовують QPSK модуляцію, а найнижчу - стандарти, які використовують 1024-QAM модуляцію.

ANNOTATION

The theme of the thesis: «Methods and tools of information transfer in the “Digital hospital” system» // Master thesis // Vladika Volodymyr Stepanovych // Ternopil Ivan Pul’uj National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and software engineering, group CIm – 61 // Ternopil, 2019// p. –112, fig. – 20, tab. – 16, Sheets A1 – 11, Add. – 4, Ref. – 36.

Key words: DIGITAL HOSPITAL, REABILITY OF RECEPTION, WI-FI

The master's thesis is devoted to the study of methods and means of information transmission in the system "digital hospital".

As a result of the analysis of existing methods and means of data transmission, the use of the IEEE802.11a wireless network standard is proved to solve the problem of building a digital hospital system, which provides both high speed information exchange in places with many connected biomedical devices with different data exchange speeds, and the ability to create nodes to integrate streams from other wireless technologies such as BlueTooth, LPWAN and ZigBee.

A technique for determining the accuracy of receiving Wi-Fi signals in a digital hospital system is proposed, and the characteristics of authenticity are obtained by means of Matlab based on the criterion of an ideal observer. The communication channel was modeled and the reliability of the selected methods and means of information transmission in the digital hospital system was evaluated.

Based on the reliability characteristics of Wi-Fi standards for digital hospital systems, standards that use QPSK modulation and the lowest standards that use 1024-QAM modulation have the highest noise immunity.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ “ЦИФРОВА ЛІКАРНЯ”	12
1.1. Використання технологій IoT для задач медицини	12
1.1.1. Інтелектуальні медичні рішення на основі IoT	12
1.1.2. Типова структура IoT для медичних задач	13
1.1.3. Використання безпроводних технологій	14
1.2. Порівняння безпроводних технологій для IoT та задач медицини	16
1.3. Безпека безпроводних мереж для цифрової лікарні	22
1.3.1. Протокол безпеки 802.11i.	23
1.4. Параметри для визначення достовірності технологій безпроводного зв'язку для побудови системи “цифрова лікарня”	24
1.5. Висновки до розділу 1	25
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМІ “ЦИФРОВА ЛІКАРНЯ”	27
2.1 Обґрунтування стандарту передавання інформації в системі «Цифрова лікарня»	27
2.2 Застосування Wi-Fi стандарту IEEE 802.11ax в системі “Цифрова лікарня”	22
2.3. Методи підвищення продуктивності Wi-Fi стандарту 802.11ax в системі “Цифрова лікарня”	41
2.4. Елементна база для побудови мережі в цифровій лікарні	44
2.5. Висновки до розділу 2	45
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ДОСТОВІРНОСТІ ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ “ЦИФРОВА ЛІКАРНЯ”	47
3.1. Побудова моделі передавання інформації в системі “Цифрова лікарня”	47

3.2. Критерій оптимального приймання сигналів Wi-Fi стандарту 802.11ax в системі “Цифрова лікарня”	52
3.2.1. Побудова критерію оптимального приймання сигналів Wi-Fi в системі ЦЛ	52
3.2.2. Методи оцінки достовірності прийому двійкових сигналів Wi-Fi в системі ЦЛ	54
3.3. Моделювання каналу зв’язку Wi-Fi та розрахунок достовірності прийнятих сигналів в системі “Цифрова лікарня”	58
3.4. Оцінка достовірності прийнятих сигналів мережі Wi-Fi стандарту 802.11ax в системі “Цифрова лікарня”	62
3.5. Висновки до розділу 3	64
РОЗДІЛ 4. ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	65
4.1. Науково-технічна актуальність науково-дослідної роботи	65
4.2. Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи	65
4.2.1. Витрати на оплату праці	66
4.2.2. Відрахування на соціальні заходи	68
4.2.3. Обладнання, необхідне для проведення досліджень	68
4.2.4. Енергоносії для проведення досліджень	68
4.2.5. Витрати на службові відрядження	69
4.2.6. Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми	70
4.3. Науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи	71
4.4. Висновки до розділу 4	76
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	77
5.1 Охорона праці	78
5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	80
5.2.1. Організація оповіщення і зв’язку у надзвичайних ситуаціях техногенного та природного характеру	80
5.2.2. Шкідливі та небезпечні фактори на виробництві та захист від них працюючих в цифровій лікарні	82

РОЗДІЛ 6. ЕКОЛОГІЯ	86
6.1. Екологічна ситуація в Україні	86
6.2. Гости і стандарти на монітори і ПЕОМ	88
ВИСНОВКИ	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	95
Додаток А. Опубліковані тези конференції за темою дипломної роботи магістра	100
Додаток Б. Програма для оцінювання достовірності прийому сигналу Wi-Fi	107
Додаток В. Програма для QPSK модуляції сигналів	110
Додаток Г. Програма для 16-АМ модуляції сигналів	111

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ПОЗНАЧЕНЬ

BFFF — Beam- forming feedback frame

CCA — Clear Channel Assessment

DCM — Dual sub-carrier modulation

DL MU MIMO — Downlink Multi-user Multiple Input Multiple Output

GI — Guard Interval

NAV — Network Allocation Vector

NDP — Null Data Packet

NSS — Number of Spatial Streams

OBSS — Overlapped BSS

OFDMA — Orthogonal Frequency-Division Multiple Access

SDMA — Space Division Multiple Access

STA — Spanning Tree Algorithm

TF — Trigger frame

TWT — Time will tell

TXOP — Transmission opportunity

UL MU MIMO — Uplink Multi-user Multiple Input Multiple Output

МШПД — максимальна швидкість передавання даних

ВСТУП

Актуальність теми роботи. З кожним роком все більше і більше уваги приділяється питанням охорони здоров'я. Медичні заклади намагаються надавати все якісніші послуги, використовуючи сучасні інформаційні технології для діагностики, моніторингу та лікування пацієнтів, а також здійснюючи комп'ютеризацію всіх видів своєї діяльності. Цього можна досягти впроваджуючи систему «Цифрова лікарня».

В такій системі важливим є як отримання оперативної інформації про пацієнта та стан його здоров'я, даних від біомедичних приладів, так і здійснення комунікації між різними відділеннями з метою спрощення документообігу, а також моніторинг та контроль за параметрами навколишнього середовища в лікарняних приміщеннях [1].

Дослідженнями, які стосуються впровадження сучасних інформаційних технологій в медичну галузь займалось багато зарубіжних та вітчизняних науковців, серед яких: S.B.Baker, W.Xiang, I.Atkinson, G.Wolgast, C.Ehrenborg, A.Israelsson, J.Helander, E.Johansson, H.Manefjord, Y.Yin, Y.Zeng, X.Chen, B.Xu, L.D.Xu, J.Hu, F.Bu, D.V.Dimitrov, Л.О.Кошева, О.С.Корпан, Є.О.Павлов та ін.

Оскільки в системі “Цифрова лікарня” передбачається суттєве зростання потоків інформації та виникає необхідність взаємодії між компонентами системи, тому важливим є створення ефективної мережі передавання даних, враховуючи її складність та проблеми сумісності пристроїв. Саме з цієї причини актуальною задачею є дослідження методів та засобів передавання інформації в системі «Цифрова лікарня».

Для вирішення такої задачі доцільно проаналізувати відомі методи, засоби та протоколи передавання даних і вибрати найвідповідніші, врахувавши специфіку системи.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є дослідження методів та засобів передавання інформації в системі «Цифрова лікарня».

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- проаналізувати відомі методи та засоби передавання інформації, які можна було використати в системі “цифрова лікарня”;
- обґрунтувати методи та засоби передавання інформації в системі “цифрова лікарня”;
- обґрунтувати модель каналу зв’язку з метою побудови критерію оптимального приймання сигналів в системі “цифрова лікарня”;
- побудувати критерій оптимального приймання сигналів для оцінки достовірності вибраних методів та засобів передавання інформації в системі “цифрова лікарня”;
- змодельовати канал зв’язку та здійснити оцінку достовірності вибраних методів та засобів передавання інформації в системі “цифрова лікарня”.

Об’єкт дослідження — процес передавання інформації в системі “цифрова лікарня”.

Предмет дослідження — методи та засоби передавання інформації в системі “цифрова лікарня”.

Методи дослідження базуються на основі використання методів системного аналізу, теорії інформації, теорії прийняття рішень, імітаційного моделювання, теорії проектування обчислювальних систем, а також математичного та комп’ютерного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше запропоновано критерій обґрунтування вибору стандарту Wi-Fi для побудови системи “цифрова лікарня”, що дозволило отримати характеристики достовірності прийому сигналів Wi-Fi в для різних стандартів в залежності від виду модуляції.
2. Набуло подальшого розвитку використання критерію ідеального спостерігача, шляхом його адаптації до задачі оцінки достовірності вибраних методів та засобів передавання інформації, що уможливило обґрунтування вибору стандарту Wi-Fi для побудови системи “цифрова лікарня”.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати можуть бути використані для побудови системи “цифрова лікарня”, в якій враховано специфіку такої системи та її складових, а також запропоновано критерій вибору найвідповідніших методів та засобів передавання даних в ній.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ “ЦИФРОВА ЛІКАРНЯ”

1.1. Використання технологій IoT для задач медицини

Технології Інтернету речей (IoT) з кожним днем все більше впроваджуються практично у всі галузі, здійснюючи при цьому спрощення бізнес-процесів, скорочення фіксованих змінних витрат, і в певній мірі, приводячи до збільшення доходів [7]. Промисловий IoT використовується для автоматизації багатьох пристроїв і процесів, для збору даних в реальному часі з надійної безпекою і проведення прогностичного аналізу, для ефективнішого прийняття рішень. Прогнозується, що використання IoT в промисловому виробництві зросте до \$890 млрд. в 2020 році [7].

Не виключенням є галузь охорони здоров'я, де інтелектуальні рішення для охорони здоров'я на основі IoT включають в себе віддалений моніторинг, інтелектуальні датчики, інтеграцію медичного пристрою в мобільний додаток IoT, який налаштовується і використовує спеціальні служби розробки мобільних додатків. Очікуване впровадження IoT в галузь охорони за прогнозами має вирости до 1,335 тис. у 2020 році, склавши 17% CAGR згідно Google [7].

1.1.1. Інтелектуальні медичні рішення на основі IoT. Дослідницька фірма Berg прогнозує, що до 2021 року за допомогою підключених пристроїв охорони здоров'я буде віддалено контролюватися 50,2 мільйона осіб проти 7,1 мільйона в 2016 році. Інтелектуальні лікарні та засновані на IoT інтелектуальні рішення для медичної галузі почали завойовувати популярність на ринку охорони здоров'я вже на даний час. Зокрема вже існують як цифрові лікарні, так і ті, хто займається розробкою програмного забезпечення для їх побудови [8, 9].

Було винайдено багато рішень в області охорони здоров'я на основі IoT, такі як розумні таблетки, розумний догляд вдома, управління персональним медичним

обслуговуванням, мобільні рішення на основі IoT для здоров'я та фітнесу, поліпшене керування доглядом за пацієнтами, інтелектуальне управління запасами, безпечне і конфіденційне управління даними. Ці розумні рішення здатні глибоко впроваджуватися в усі сфери галузі охорони здоров'я вже сьогодні [10].

1.1.2. Типова структура IoT для медичних задач. Типова структура IoT для медичних задач включає в себе провідний і безпроводний зв'язок медичних приладів та інтелектуальні сенсори, банки даних та хмарні сервіси. На рис.1.1 зображено організацію сервісу в цифровій лікарні [10].

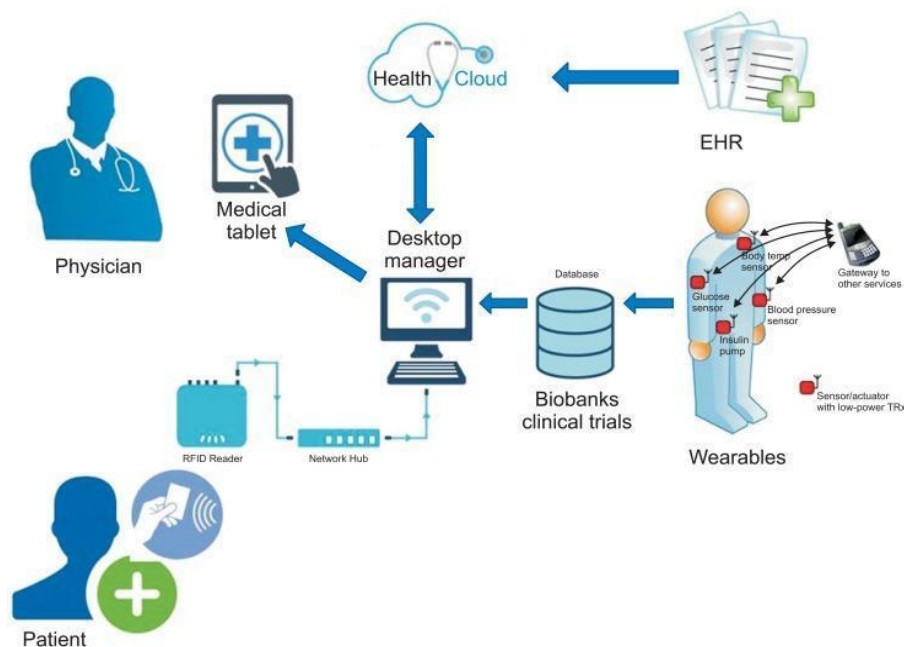


Рис.1.1. Організація сервісу в цифровій лікарні

Пацієнт, маючи безпроводний ідентифікатор, зможе зареєструватись в лікаря чи, при проходженні діагностичних або медичних процедур, отримати результати. Ці всі дані зберігаються в банку даних і передаються в хмарні сервіси для обчислення різноманітних показників здоров'я. Збережена таким чином інформація доступна лікареві, що спостерігає чи лікує пацієнта, на планшеті в будь-який момент. Така технологія допомагає відмовитись від ведення паперових записів, які призводять до

неефективної витрати часу лікарями і персоналом, та перевести документообіг в електронну форму.

1.1.3. Використання безпроводних технологій. Організація сервісу в цифровій лікарні потребує збору інформації про пацієнта як в медичних закладах, так і в побуті, особливо це важливо при спостереженні за хронічними захворюваннями. Для реалізації сервісів і постійного спостереження за пацієнтами використовують безпроводні системи зв'язку, які передають отриману від пацієнта інформацію у хмарні сервіси. Використання безпроводного зв'язку в цифровій лікарні представлено на рис.1.2.[11].

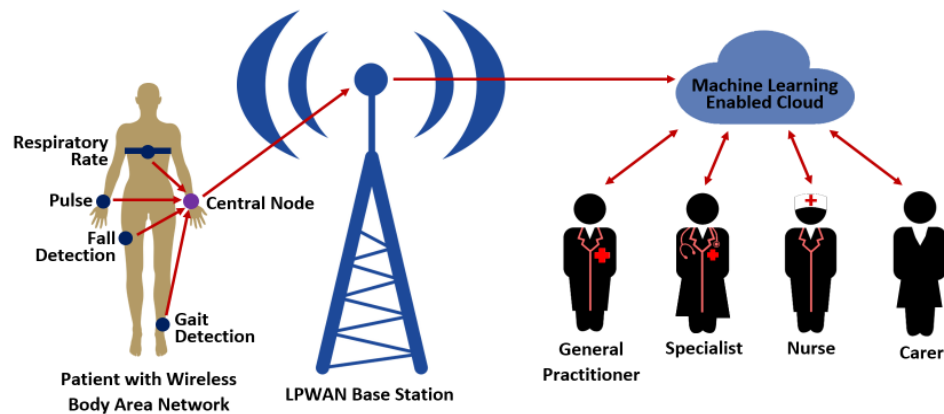


Рис.1.2. Використання безпроводного зв'язку в цифровій лікарні

В таких пристроях при передаванні невеликих об'ємів інформації використовують LPWAN (англ. Low-powerWide-areaNetwork-«енергоефективна мережа дальнього радіуса дії») - сукупність безпроводних технологій передавання невеликих за об'ємом повідомлень на середні і великі відстані, розроблена для розподілених мереж телеметрії та IoT. LPWAN технології забезпечують організацію розподіленої мережі для збору даних з різноманітних біомедичних пристроїв, давачів, лічильників і сенсорів.

Принцип роботи LPWAN мережі базується на зменшенні швидкості передавання сигналів, та збільшенні енергетичної частки в кожному біті, як результат його легше

ідентифікувати на фоні шуму. Мережа LPWAN будується за принципом зірки рис.1.3.[12].

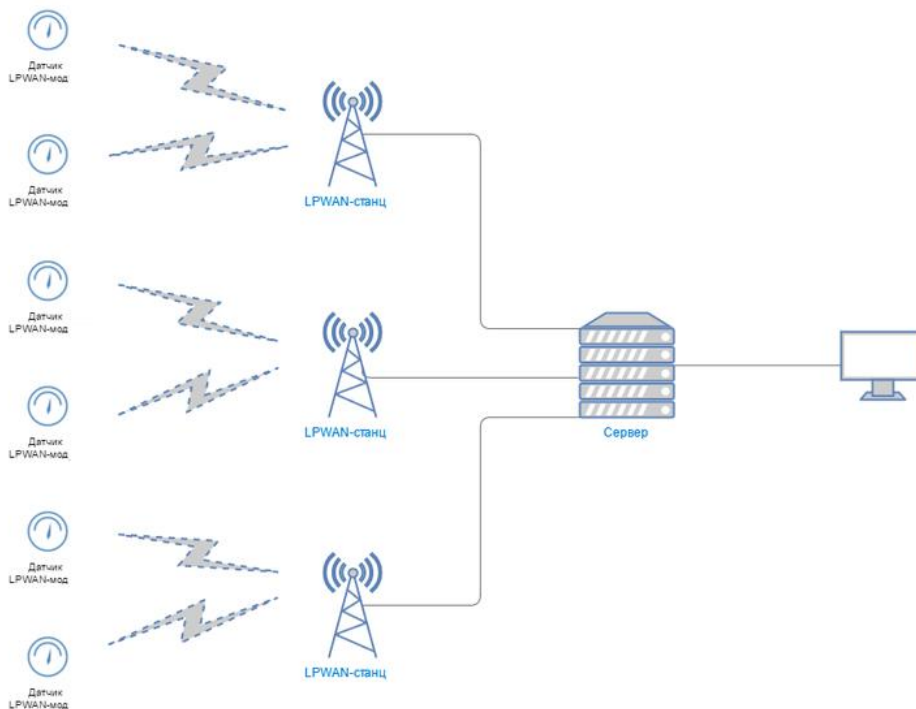


Рис.1.3. Топологія безпроводної LPWAN мережі

Перевагами LPWAN є:

- а) Більша дальність передавання радіосигналу в порівнянні з іншими бездротовими технологіями використовуваними для телеметрії GPRS або Zigbee, досягає 10-15 км.
 - б) Низьке енергоспоживання кінцевих пристроїв, завдяки мінімальним витратам енергії на передавання невеликого пакета даних.
 - в) Висока проникаюча здатність радіосигналу в міській забудові при використанні частот діапазону від 174МГц до 868МГц.
 - г) Висока масштабованість мережі на більших територіях.
 - д) Відсутність необхідності одержання частотного дозволу й плати за радіочастотний спектр, внаслідок використання неліцензованих частот (ISM band).
- Однак і є певні недоліки:

- а) Відносно низька пропускна здатність, внаслідок використання низької частоти радіоканалу. Варіюється залежно від використовуваної технології передавання даних на фізичному рівні, становить від декількох сотень біт/с до декількох десятків кбіт/с.
- б) Затримка передавання даних від датчика до кінцевого додатка, пов'язана із часом передавання радіосигналу, може досягати від декількох секунд до декількох десятків секунд.
- в) Відсутність єдиного стандарту, який визначає фізичний рівень і керування доступом до середовища для бездротових LPWAN- мереж.

1.2. Порівняння безпроводних технологій для IoT та задач медицини

Існування багатьох технологій безпроводного зв'язку уможливорює вибір максимально зручної технології для реалізації поставлених задач. На рисунку 1.4 наведено порівняння можливостей стандартів безпроводного зв'язку в залежності від дальності зв'язку та пропускної здатності.[12].

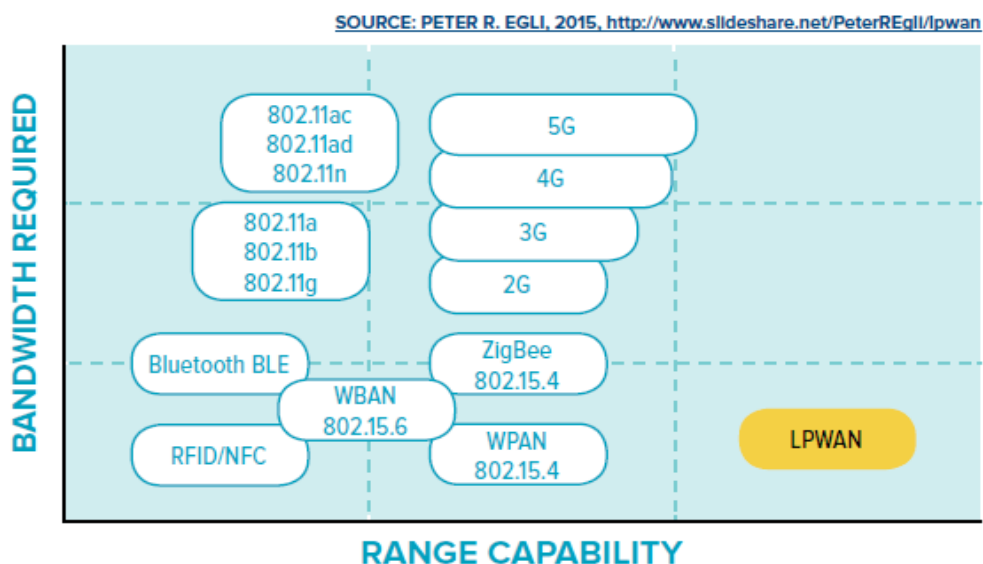


Рис.1.4. Порівняння стандартів безпроводного зв'язку в цифровій лікарні

З рисунку 1.4 видно що технологія LPWAN має високу дальність зв'язку однак досить низьку швидкість передавання даних. Тому технологію LPWAN доцільно використовувати для підключення віддалених та повільних давачів та пристроїв автоматизації цифрової лікарні, а також для передавання невеликих об'ємів інформації з медичних приладів моніторингу та аналізу стану пацієнта.

Детальніше це видно із таблиці 1.1, в якій наведено порівняння технічних характеристик технологій Bluetooth, Wi-Fi та ZigBee. Суттєву перевагу у швидкості передавання даних має Wi-Fi при тій же дальності зв'язку та частотному діапазоні [13].

Таблиця 1.1

Порівняння технічних характеристик технологій Bluetooth, Wi-Fi та ZigBee

Технологія бездротової передачі даних (стандарт)	Zigbee (IEEE 802.15.4)	Wi-Fi (IEEE 802.11b)	Bluetooth (IEEE 802.15.1)
Частотний діапазон	2.4-2.483 ГГц	2.4-2.483 ГГц	2.4-2.483 ГГц
Пропускна здатність, кбіт/з	250	11000	723.1
Розмір стека протоколу, кбайт	32-64	більш 1000	більш 250
Час безперервної, автономної роботи від батареї, днів	100-1000	0.5-5	1-10
Максимальна кількість вузлів у мережі	65 536	10	7
Діапазон дії, м (середні значення)	10-100	20-300	10-100
Області застосування	Віддалений моніторинг і керування	Передача мультимедійної інформації	Заміна провідного з'єднання

Застосування Wi-Fi потребує обґрунтування того, який же із його підвидів доцільно використовувати. Під Wi-Fi мають на увазі множину стандартів IEEE802.11.

IEEE802.11 - початковий стандарт бездротових локальних мереж, заснований на бездротовій передачі даних у діапазоні 2.4ГГц. Підтримує обмін даними зі швидкістю до 1-2Мбіт/с. Прийнятий у 1997 році стандарт передбачав два типи модуляції - DSSS і FHSS.

IEEE802.11a - стандарт бездротових локальних мереж, заснований на бездротовій передачі даних в діапазоні 5ГГц. Діапазон розділений на три піддіапазони. Максимальна швидкість обміну даними становить 54 Мбіт/с, при цьому доступні також швидкості 48, 36, 24, 18, 12, 9 і 6Мбіт/с.

IEEE802.11b - стандарт бездротових локальних мереж, заснований на бездротовій передачі даних в діапазоні 2,4 ГГц. У всьому діапазоні існує три канали, тобто на одній території, не впливаючи один на одного, можуть працювати три різні бездротові мережі. У даному стандарті застосований метод модуляції DSSS. Максимальна швидкість роботи становить 11Мбіт/с, при цьому доступні також швидкості 5.5, 2 та 1Мбіт/с.

Стандарт IEEE802.11b був прийнятий в 1999 році в розвиток прийнятого раніше стандарту IEEE802.11. Він також передбачає використання діапазону частот 2.4ГГц, але тільки з модуляцією DSSS. Продукти стандарту IEEE802.11b, що поставляються різними виробниками, тестуються на сумісність і сертифікуються організацією Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA), яка більше відома під назвою Wi-Fi Alliance. Сумісні бездротові продукти, що пройшли випробування за програмою «Альянсу Wi-Fi» можуть бути маркіровані знаком Wi-Fi[13].

IEEE802.11b+ - покращена версія стандарту 802.11b у виконанні окремих виробників, що забезпечує підвищення швидкості обміну даними. У інтерпретації компанії Texas Instruments відрізняється від оригінального варіанту модуляцією PBCC (Packet Binary Convolutional Coding), подвоєною максимальною швидкістю (до 22 Мбіт/с).

IEEE802.11g - стандарт бездротових локальних мереж, заснований на бездротовій передачі даних в діапазоні 2.4ГГц. Діапазон розділений на три канали. Для збільшення швидкості обміну даними при ширині каналу, аналогічно до 802.11b, застосований метод модуляції з ортогональним частотним мультиплексуванням

(OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing), а також метод двійкового пакетного згорткового кодування PBCC (Packet Binary Convolutional Coding) [13]. IEEE802.11e (QoS, Quality of service) - додатковий стандарт, що дозволяє забезпечити гарантовану якість обміну даними шляхом перестановки пріоритетів різних пакетів; необхідний для роботи таких потокових сервісів як VoIP або IPTV. IEEE802.11i - стандарт, що знімає недоліки у сфері безпеки попередніх стандартів. 802.11i вирішує проблеми захисту даних канального рівня і дозволяє створювати безпечні бездротові мережі практично будь-якого масштабу.

IEEE802.11n - сучасний стандарт бездротових локальних мереж, заснований на бездротовій передачі даних в діапазоні 2.4ГГц. Стандарт 802.11n значно перевищує за швидкістю обміну даними попередні стандарти 802.11b і 802.11g, забезпечуючи швидкість на рівні Fast Ethernet; зворотно сумісний з 802.11b і 802.11g. Основна відмінність від попередніх версій Wi-Fi - додавання до фізичного рівня (PHY) підтримки протоколу MIMO (multiple-input multiple-output). Теоретична швидкість може складати 150 Мбіт/с [13].

IEEE 802.11ac - новий стандарт бездротових локальних мереж Wi-Fi на частотах 5-6ГГц. Якщо обидва пристрої підтримують цю технологію, то швидкість обміну даними може бути більшою за 1 Гбіт/с (до 6 Гбіт/с 8x MU-MIMO). Стандарт передбачає використання до 8 антен MU-MIMO та розширення каналу до 80 або 160 МГц.

IEEE802.11ax - є наступником 802.11ac. Робочі діапазони стандарту 5ГГц та 2.4ГГц. Стандарт досі знаходиться в розробці і має мету забезпечити пропускну спроможність на рівні 10 Gbps/s. Основні відмінності від 802.11ac:

підтримка діапазону 2.4ГГц;

використання OFDMA замість OFDM;

використання більш складної модуляції QAM-1024 (в порівнянні з QAM-256 в стандарті 802.11ac).

Еволюція стандартів IEEE802.11 відображає зміну їх технічних характеристик які наведені в таб. 1.2 [13].

**Основні технічні характеристики стандартів IEEE 802.11a, IEEE 802.11b,
IEEE 802.11g та IEEE 802.11ax**

Стандарт	IEEE 802.11b	IEEE 802.11a	IEEE 802.11g	IEEE 802.11 ax
Частотний діапазон	2.4-2.483 ГГц	5.15-5.25 ГГц 5.67-5.85 ГГц	2.4-2.483 ГГц	2.4-2.483 ГГц 5.15-5.25 ГГц 5.67-5.85 ГГц
Метод доступу до радіоканалу	CSMA-CA	CSMA-CA	CSMA-CA	CSMA-CA
Метод модуляції	BPSK, CCK	OFDM	OFDM	BPSK, 1024-QAM, OFDMA
Максимальна швидкість передавання	11 Мбіт/с	54 Мбіт/с	54 Мбіт/с	до 10 Гбіт/с
Кількість абонентів на один канал	64	64	64	64
Дальність зв'язку в приміщеннях	20-100 м	10-20 м	20-50 м	20-100 м

В таб.1.2 CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection - множинний доступ з контролем несучої та виявленням колізій) - технологія множинного доступу до загального передавального середовища в локальній комп'ютерній мережі, а також у бездротовій мережі з контролем колізій. CSMA/CD відноситься до децентралізованих випадкових (точніше, квазівипадкових) методів. Він використовується як у звичайних мережах типу Ethernet, так і у високошвидкісних мережах (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet). Значного поширення набув у мережах Wi-Fi.

Стандарт IEEE802.11ax як і IEEE802.11ac підтримує технологію MU-MIMO, яка створює багатопотоковий канал передачі, при використанні якого інші пристрої не чекають своєї черги рис.1.5 [13].

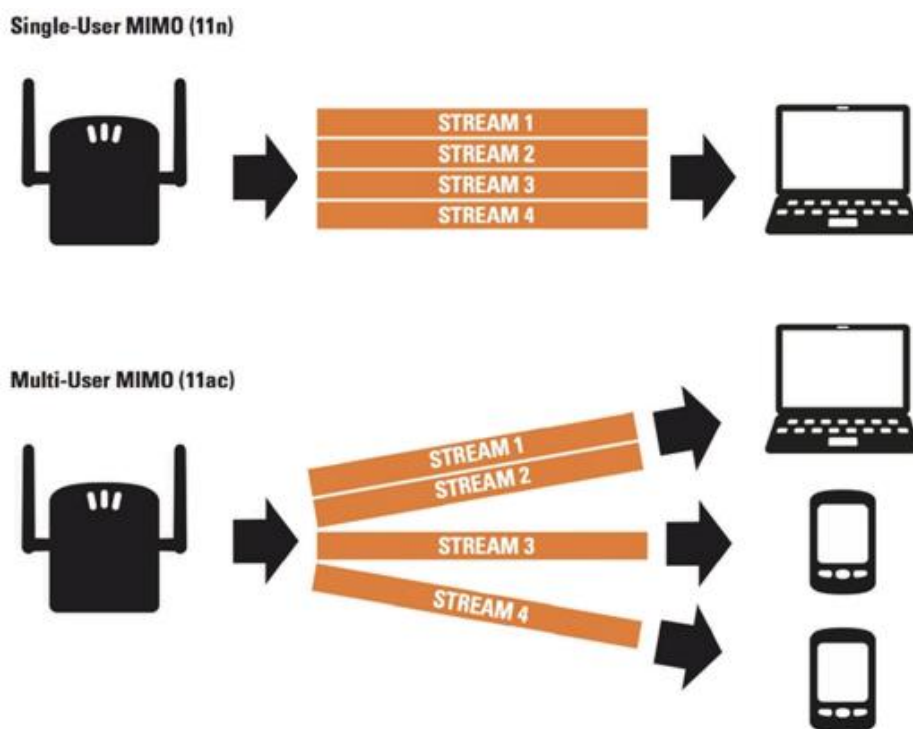


Рис. 1.5. Технологія багато потокової передачі даних MU-MIMO

Із наведених таблиць та за результатами порівняння різних технологій безпроводного зв'язку найбільш перспективною для вирішення задачі побудови цифрової лікарні є технологія Wi-Fi стандарту IEEE 802.11 ax, яка забезпечує високу швидкість передавання даних і може бути використана, як для підключення високошвидкісних пристроїв, так і для створення вузлів об'єднання потоків від інших безпроводних технологій таких як Bluetooth, LPWAN та ZigBee.

1.3. Безпека безпроводних мереж для цифрової лікарні

На даний час немає стандартів безпеки для IoT пристроїв і систем. Кожен виробник розробляє свої заходи безпеки керуючись загальним принципом:

- 1) Hardware security - безпека IoT пристроїв, тобто обмежений фізичний доступ до зміни налаштувань пристроїв та захист від несанкціонованого втручання, захист і шифрування ключів та важливої інформації;
- 2) Software security - передбачає захист програмного забезпечення від зламу і несанкціонованого доступу;

3) Radio security - передбачає захист інформації, що передається каналами зв'язку, використання методів аутентифікації при підключенні пристроїв до мережі та шифрування даних.

Зокрема розробник антивірусних продуктів Eset пропонує використовувати такі заходи безпеки, як багатофакторна аутентифікація, мережевий інтелект та резервне копіювання [13-15].

Багатофакторна аутентифікація рекомендує використовувати апаратні токени або спеціальне програмне забезпечення для управління даними облікових записів. Зокрема, двофакторна аутентифікація використовується на додаток до базової (наприклад, ім'я користувача та пароля) під час входу в систему або програму. Як правило, на попередньо визначену адресу електронної пошти або за допомогою текстового повідомлення надсилається одноразовий код. Ця комбінація може бути використана тільки для аутентифікації одного сеансу протягом обмеженого часу (наприклад, 60 секунд). Новішою є можливість підтвердження входу в систему на смартфоні без необхідності введення одноразового коду вручну. Мережевий інтелект (network intelligence): багато пристроїв IoT здебільшого підключаються до роутера, тому пошук загроз можна здійснювати за допомогою аналізу аномалій мережевого трафіку. Різні постачальники пропонують обладнання, яке підключається до роутера та надає можливість дізнатися про підозрілі події, а також забезпечує огляд мережевої поведінки пристроїв IoT.

Резервне копіювання. Забезпечення регулярних і надійних резервних копій систем і даних є необхідним кроком для запобігання втрат важливих даних. У разі наявності резервних копій можна відновити випадково видалений файл або дані на пошкодженому жорсткому диску, а також забезпечити неперервність роботи під час інцидентів. Через стрімке зростання кількості програм-вимагачів за останні кілька років резервне копіювання стало єдиним способом для відновлення даних у разі кібератак. Крім цього, варто проводити регулярну перевірку резервних копій для впевненості в можливості відновлення всіх необхідних систем та даних під час інцидентів [13].

1.3.1. Протокол безпеки 802.11i. Стандарт 802.11i, прийнятий в 2004 році, багато в чому подібний з WPA, однак забезпечує більш високий рівень захисту інформації. Протокол 802.11i використовує в якості основного більш надійний протокол CCMP (Counter – Mode CBC MAC Protocol) на базі блокового шифру стандарту AES (Advanced Encryption Standard). Протокол CCMP виконує правила, за якими робить шифрування блоковий протокол AES (подібно тому, що протокол TKIP використовує протокол шифрування RC4 в WPA) [11].

Для роботи стандарту 802.11i створюється ієрархія ключів. Після аутентифікації бездротового клієнта сервер аутентифікації й бездротовий клієнт створюють загальний майстер ключ. Потім цей майстер ключ створює обновлюваний майстер ключ довжиною 256 біт. Для кожної сесії пари клієнт і точка доступу створюють новий ключ обновлюваний майстер ключ, який призначений для посилення захисту каналу доступу й створення набору ключів. Цей набір ключів складається із трьох ключів: ключ цілісності повідомлень, ключ шифрування й ключ односпрямованого зв'язку між бездротовим клієнтом і точкою доступу.

Застосування блокового шифру стандарту AES довжиною 128 чи 256 дає високий рівень захисту від зламу та забезпечує високу швидкість шифрування та дешифрування даних оскільки апаратно підтримується багатьма пристроями.

1.4. Параметри для визначення достовірності технологій безпроводного зв'язку для побудови системи “цифрова лікарня”.

Тестування та визначення ефективності технологій безпроводного зв'язку передбачає визначення багатьох параметрів як фізичних так і інформаційних, однак найважливішими є такі параметри, як швидкість передавання даних по каналу зв'язку, пропускна здатність каналу зв'язку, достовірність передавання інформації, надійність комунікаційної мережі та час реакції мережі [11].

Швидкість передавання даних по каналу зв'язку - вимірюється кількістю бітів інформації, переданих за одиницю часу. Швидкість передавання даних залежить від типу і якості каналу зв'язку, типу використовуваних модемів.

Пропускна здатність каналу зв'язку - оцінюється кількістю знаків, переданих по каналу за одиницю часу. Теоретична пропускна здатність визначається швидкістю передавання даних. Одиниця виміру пропускної здатності каналу зв'язку – кількість знаків у секунду.

Достовірність передавання інформації - оцінюють як відношення кількості помилково переданих знаків до загального числа переданих знаків. Одиниця виміру достовірності – кількість помилок на знак або імовірність появи помилки при різних параметрах каналу зв'язку.

Надійність комунікаційної мережі визначається або частиною часу справного стану в загальному часі роботи, або середнім часом безвідмовної роботи. Одиниця виміру надійності - середній час безвідмовної роботи в годину.

Час реакції мережі - це час, витрачений програмним забезпеченням і пристроями мережі на підготовку до передавання інформації по даному каналу. Час реакції мережі вимірюється мілісекундах.

Всі наведені параметри доцільно оцінювати для наявного безпроводного мережевого обладнання і в загальному випадку їх складно змоделювати. Однак достовірність передавання інформації крім практичного вимірювання має ще й теоретичну межу, яку можна змоделювати за допомогою математичних методів і програмних засобів типу Matlab. Порівняння теоретичної і практичної достовірності показує наскільки розроблена технологія відрізняється від її практичної реалізації.

Визначення достовірності безпроводного зв'язку потребує вибору чи побудови моделі каналу зв'язку та побудови критерію достовірності передавання інформації.

1.5. Висновки до розділу 1

Обґрунтовано, що впровадження новітніх технологій для діагностики, моніторингу та лікування пацієнтів, а також здійснення комп'ютеризації всіх видів діяльності медичних закладів передбачає суттєве зростання потоків інформації в системі “Цифрова лікарня”.

Встановлено, що дослідження методів та засобів передавання даних в системі «Цифрова лікарня» є актуальною задачею, оскільки для взаємодії між компонентами такої системи необхідно створити ефективну мережу передавання даних, врахувавши складність такої мережі та проблеми сумісності різних пристроїв в ній.

В результаті аналізу існуючих методів та засобів передавання інформації встановлено, що найперспективнішою для вирішення задачі побудови системи «цифрова лікарня» є технологія Wi-Fi стандарту IEEE 802.11ax, яка забезпечує високу швидкість передавання даних і може бути використана як для підключення високошвидкісних пристроїв, так і для створення вузлів об'єднання потоків від інших безпроводних технологій таких як Bluetooth, LPWAN та ZigBee.

Обґрунтовано, що застосування блокового шифру стандарту AES довжиною 128 чи 256 дає високий рівень захисту від зламу та забезпечує високу швидкість шифрування та дешифрування даних оскільки апаратно підтримується багатьма пристроями.

Встановлено, що визначення достовірності безпроводного зв'язку потребує вибору чи побудови моделі каналу зв'язку, а також оцінки критерію достовірності передавання інформації.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМІ «ЦИФРОВА ЛІКАРНЯ»

2.1 Обґрунтування стандарту передавання інформації в системі «Цифрова лікарня»

Система «Цифрова лікарня» передбачає передавання медичної інформації різного призначення, зокрема, таких як дані про пацієнта, у вигляді історії хвороби та інших документів, сигнали та зображення від біомедичних приладів (ЕКГ, УЗД, МРТ та багато інших), інформацію від систем відеоспостереження та інші, можливість стежити за пацієнтами віддалено, але швидко та ефективно реагувати на екстрені ситуації. Це дозволить медсестрам та лікарям підтримувати мобільність, не втрачаючи доступ до критично хворих пацієнтів. Система дозволить лікарю не тільки отримати дані про наявність проблеми, а приступити до вирішення проблеми вже по дорозі до палати пацієнта. В результаті повинна підвищитись продуктивність лікарів та медсестер, зрости якість обслуговування пацієнтів та мобільність медперсоналу загалом. Лікарі матимуть доступ до реальних кардіограм і всіх тривожних фрагментів.

Інформаційно-комунікаційні технології можуть стати вирішальним фактором на шляху зменшення вартості медичного обслуговування при збереженні його якості і підвищенні ефективності, так як вони більшою мірою орієнтовані на пацієнтів [4]. Тому важливим є обґрунтований вибір стандарту, за яким буде здійснюватися передавання інформації в системі ЦЛ. Для такої системи, зважаючи на необхідність передачі значних обсягів інформації, високих вимог до швидкості та максимізувати пропускну здатність, найдоцільніше використовувати безпроводні мережі Wi-Fi [8]. Базовими для Wi-Fi є група стандартів IEEE802.11. Найпростішим серед них є стандарт 802.11b, який забезпечує максимальну швидкість передавання даних (МШПД) 12Мбіт/с. Інший стандарт - 802.11g із МШПД - майже 56Мбіт/с завдяки використанню нової технології OFDM. Стандарт 802.11n забезпечує МШПД - до 150Мбіт/с, 802.11ac - 866Мбіт/с каналом зі смугою пропускання 160МГц, 802.11ae

- здійснює передавання різних даних від декількох пристроїв одночасно (DL MU MIMO), тобто від точки доступу до пристроїв.

Більшу МШПД можна досягти, використовуючи метод модуляції 256-QAM із кількістю просторових потоків - вісім, алгоритм STA, багатокористувацький доступ MIMO (MU-MIMO) при використанні декількох антен, доступ із множинними просторовими каналами (SDMA), при якому потоки в просторі розділені аналогічно до 802.11n. Також завдяки використанню цих технологій в стандарті 802.11ac реалізована одночасна робота декількох незалежних потоків даних [15-20].

Звичайно, при необхідності одночасного передавання даних від багатьох, приєднаних через доступний Wi-Fi, біомедичних приладів в системі ЦЛ, трафік буде значно повільніший. Технологія передавання даних, яку використовують при створенні три-діапазонних мереж і бездротових станцій, забезпечується стандартом 802.11ad із МШПД - до 7Гбіт/с. Цей стандарт передбачає додатково, крім двох традиційних, ще застосування частотного діапазону 60ГГц. Необхідно зауважити, що діаграма направленості антени у частотних діапазонах 2.4ГГц і 5ГГц - зазвичай кругова, а в діапазоні 60ГГц - направлена.

Стандарт 802.11ac доповнює можливості існуючих за рахунок введення діапазону 60ГГц, недоліком якого є погане проходження крізь стіни, але поряд з цим, він дозволяє забезпечити високошвидкісний бездротовий зв'язок між біомедичними приладами та їх складовими в системі ЦЛ. Причому при такій високій швидкості - 7Гбіт/с можна забезпечити передавання відеоінформації з високою роздільною здатністю, що і вимагається в системі ЦЛ.

Необхідно зауважити, що стандарт 802.11ad передбачає створення до 256 частотних каналів, що обґрунтовує його доцільність використання в лікарні для об'єднання роботи різноманітних біомедичних пристроїв.

Для задачі створення ЦЛ стандарт IEEE802.11ah, використовуючи нові технології, гарантує високу швидкість і надійність обміну даними з великою кількістю пристроїв у складних умовах. Особливостями технологій стандарту 802.11ah є:

- забезпечення роботи в діапазонах частот 2,4ГГц та 5,6ГГц,
- підтримка та зміна стандартних смуг частот 20 / 40 /80 / 160 МГц,

- підтримка роботи MIMO 8x8 і одночасне передавання даних - до 8 просторових потоків,
- підтримка роботи MU-MIMO у напрямках: вниз і вгору від точки доступу (DL і UL),
- підтримка модуляції 512QAM і 1024QAM,
- використання оновленої схеми передавання.

Таким чином, застосувавши комбінацію цих технологій, стандарт 802.11ax може забезпечити швидкості передавання інформації до 10Гбіт/с радіоканалом.

Стандарт 802.11ax використовує технологію MU MIMO для передавання висхідних даних в каналі UL MU MIMO, тобто від пристроїв до точки доступу. Для більшої ефективності використовується також широкий частотний діапазон, а для зменшення частоти селективних згасань та інтерференції - використано множинний доступ з ортогональними частотами OFDMA [17].

При проектуванні мереж в системі ЦЛ необхідно врахувати значну неоднорідність трафіка від різних пристроїв в лікарняних корпусах, а також те, що велика кількість приладів (рис.2.1) приєднані до багатьох точок доступу Wi-Fi і, традиційно, зосереджені на невеликій площі.

На рисунку 2.1. наведено приклад можливого зв'язку біомедичних приладів через мережу Wi-Fi в системі ЦЛ [15].



Рис. 2.1. Зв'язок біомедичних приладів в системі ЦЛ

Більшість версій стандартів Wi-Fi, розраховані, як правило, на один тип трафіка (відеотрансляція в режимі реального часу, завантаження файлів або перегляд веб-сторінок), стандарт IEEE802.11ax забезпечує ефективну роботу мереж Wi-Fi у різних умовах.

Порівняння основних характеристик різних версій стандартів Wi-Fi наведено в табл. 2.1 [15].

Основні характеристики стандартів Wi-Fi

Версія стандарту	802.11	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n	802.11ac	802.11 ax
Рік запровадження	1997	1999	1999	2003	2009	2014	2017-2019
Робоча частота, ГГц	2.4 /IR	2.4	5	2.4	2.4/5	5	2.4/5
Ширина смуги каналу зв'язку, МГц	20	20	20	20	20/40	20/40/80/160	20/40/80/160
Пікова фізична швидкість (PHY), Мбіт/с	2	11	54	54	600	6933	9608
Макс, кількість SU-потоків (SU Streams)	1	1	1	1	4	8	8
Макс, кількість MU-потоків (MU Streams)	-	-	-	-	-	4	8
Технологія передачі даних	DSSS, FHSS	DSSS, CCK	OFDM	OTSM	OFDM	OFDM	OFDM, OFDMA
Тип модуляції й швидкість кодування	QPSK	QPSK	16-QAM, 3/4	64-QAM, 3/4	64-QAM, 5/6	256-QAM, 5/6	1024-QAM, 5/6
Макс, кількість частот для OFDM	-	-	64	64	128	512	2048
Рознесення несучих частот, кГц	-	-	312.5	312.5	312.5	312.5	78.125

В таблиці 2.2 наведено характеристики найвикористовуваніших форматів відеосигналів із зазначенням необхідної швидкості передавання інформації [15]. Однак необхідно враховувати значну неоднорідність трафіку в мережі ЦЛ, а також різницю між висхідним і низхідним трафіком.

Таблиця 2.2

Залежність швидкості потоку відеосигналу від його характеристик

Тип відеосигналу	Опис	Швидкість потоку
Без компресії	720p (RGB) 1280x720 пікс.; 24 біт/пікс., 60 кадр/с	1.3 Гбіт/с
	1080i (RGB) 1920x1080/2 пікс.; 24 біт/пікс., 60 кадр/с	1.5 Гбіт/с
	1080p (YcrCb) 1920x720 пікс.; 24 біт/пікс., 60 кадр/с	3.0 Гбіт/с
	1080p (RGB) 1920x720 пікс.; 24 біт/пікс., 60 кадр/с	3.0 Гбіт/с
Слабкий стиск	Motion JPEG2000	150 Мбіт/с
	H.264	70...200 Мбіт/с
Стиснутий	Blu-ray™	50 Мбіт/с
	HDMPEG2	20 Мбіт/с
	Ultra HD або 4K (3840x2160 пікс.)	100...300 Мбіт/с

Оскільки, стандарт IEEE802.11ax забезпечує передавання висхідних даних в каналі бездротових мереж, то ця особливість дозволяє його використовувати при функціонуванні системи ЦЛ, так як є необхідність використання медичних хмарних сервісів для завантаження у медичні бази даних різноманітних зображень, фото-, відео-, а також текстових документів.

2.2 Застосування Wi-Fi стандарту IEEE 802.11ax в системі “Цифрова лікарня”

Перспективи і потреби застосування Wi-Fi стандарту IEEE 802.11ax в системі ЦЛ можна проілюструвати таким прикладом. При потраплянні пацієнта в травматологічне відділення місцевої лікарні з складним переломом, лікарня може звернутися до спеціалізованого центру за допомогою інтернету, передати всю необхідну інформацію щодо перелому і швидко отримати консультацію та рекомендації щодо лікування. Для такої задачі потрібно мати мережеву

інфраструктуру з високою пропускнуою спроможністю та підтримкою великої кількості користувачів.

В системі ЦЛ, враховуючи особливості її побудови, інформацію, яку необхідно передавати в такій системі, а також переваги і недоліки різних стандартів Wi-Fi, найдоцільніше використовувати стандарт IEEE 802.11ax. Необхідно враховувати, що при необхідності збереження можливості підключення попередніх версій стандарту при одночасній роботі нового стандарту 802.11ax, зменшуються переваги від використання нових технологій.

Особливостями застосування на фізичному рівні стандарту 802.11ax є те, що параметри технологій на цьому рівні аналогічні до стандарту 802.11ac. В 802.11ax використовується технологія OFDM - мультиплексування з ортогональним розподілом частот каналів заданою шириною частотних каналів 20МГц, 40МГц, 80МГц, 80+80МГц і 160МГц.

В цьому стандарті передбачено чотириразове збільшення кількості несучих частот OFDM до 2048. Але це призводить до змін в роботі зі стандартом 802.11ax. Інтервал між несучими частотами (ІНЧ) скорочений у чотири рази в порівнянні з попередніми версіями 802.11, при таких самих смугах пропускання каналу. На рисунку 2.2. показано, як зміниться ІНЧ в стандарті 802.11ax при використанні OFDM [10].



Рис. 2.2. Зміна ІНЧ OFDM модульованого сигналу в стандарті 802.11ax

Стандарт 802.11ax передбачає додаткове використання множинного доступу з ортогональним розподілом частот OFDMA, що дозволяє збільшити кількість несучих частот, забезпечити кращу вибірковість, подовжити в чотири рази тривалість символів OFDM, тобто 12,8мкс замість попередніх 3,2мкс [17]. Надійність передавання висхідних даних за допомогою використання такої технології - зростає, ймовірність помилок - зменшується при збільшеній тривалості символу.

Стандарт 802.11ax передбачає більший захисний інтервал (ЗІ) між символами OFDM, що дозволяє зменшити міжсимвольну інтерференцію та забезпечити стійкіший зв'язок між складовими системи ЦЛ у приміщеннях, а також в складних умовах зміни середовища при русі обладнання. Стандартом передбачено тривалість захисного інтервалу - 0,8мкс, а також довші інтервали 1,6мкс і 3,2мкс (аналогічно як в 802.11ad, при збільшенні швидкості передавання даних захисний інтервал скорочується до 0,4 мкс) [15].

Кожний кадр починається із стартових бітів, які для каналу шириною більше 20МГц, дублюються в кожному підканалі шириною 20МГц (рис. 2.3)[9].

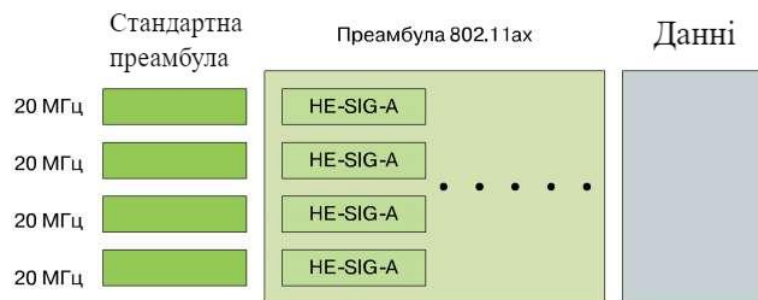


Рис. 2.3. Дублювання стартових бітів та поля HE-SIG-A у 802.11ax у кожному підканалі шириною 20МГц

Стартові біти складаються із двох частин: стандартної частини й стандартного біта 802.11ax. Стандартна частина біта декодується будь-якими пристроями Wi-Fi і використовується для забезпечення повної сумісності з ними. Також стандартна частина стартового біта має спеціальні послідовності для навчання приймача (LSTF

і LLTF), вони використовуються для синхронізації приймача і налаштування на прийнятий сигнал Wi-Fi, а також поле LSIG з параметрами тривалості кадру (рис. 2.4). Стартовий біт 802.11ах декодується лише пристроями стандарту 802.11ах. Тому пристрої мусять швидко й з високою ймовірністю відрізнити кадр 802.11ах від кадрів попередніх стандартів. Для цього проводиться дублювання поля LSIG стандартного біта [17]. При появі повтору поля LSIG, пристрій детектує кадр 802.11ах. Стартовий біт містить обов'язкове поле HE-SIG-A, та опціональне поле HE-SIG-B, а також спеціальні навчальні послідовності необхідні для настроювання MIMO. Стандартний біт 802.11ах.[17]



Рис. 2.4. Структура кадра 802.11а

Тривалість поля HE-SIG-A два OFDM символи, які для каналів шириною більшою ніж 20МГц, повторюються в підканалах шириною 20МГц і містять параметри (рис. 2.5). Для приймання пакета та його обробки використовують: сигнально-кодову конструкцію (СКК), багато просторових потоків, ширину каналу. Поле HE-SIG-A передає таку інформацію: мітку мережі (BSS color), тривалість планованих передавань, напрямок передавання та ін. Наявність такої інформації в стартовому біті дозволяє одержати важливі відомості без декодування всього пакета. Тому що поле HE-SIG-A містить службову інформацію, яка є корисною не тільки для приймача, але й для інших точок доступу в мережі, тому необхідно забезпечити надійне передавання даного поля.

Для кращого використання частот і каналів використовують такий підхід: за умови використання для передавання даних каналів шириною більше 40МГц два інші підканали шириною 20МГц несуть інформацію в різних частинах поля HE-SIG-B, а додаткові підканали дублюють інформацію (рис. 2.5).

Застосовуючи поле HE-SIG-A та HE-SIG-B, в яких передають спеціальні навчальні послідовності, використовуються для настроювання MIMO.

Стандарт IEEE802.11ax використовує квадратурну модуляцію 1024-QAM. Використання такої модуляції потребує значного відношення сигнал/шум, щоб забезпечити низьку ймовірність появи помилок, тобто високу достовірність прийому. Модуляція 1024-QAM в основному призначена для використання в приміщеннях при невеликій відстані між передавачем і приймачем та дозволяє підвищити пропускну здатність більш ніж на 20%. Крім того, у стандарті 802.11ax можна використовувати так звану подвійну модуляцію піднесучих частот DCM [17].



Рис. 2.5. Пакети підканалів шириною більше 20МГц виконується передавання поля HE-SIG-B

Передавання службових кадрів займає значну частину каналу. Для зменшення витрат на службовий трафік, стандарт 802.11ax забороняє передавання біконів (що містить мітку мережі WLAN, SSID, часові параметри та іншу інформацію про точку доступу) та інших службових кадрів у діапазоні 2.4ГГц на швидкостях, менших за 5.5Мбіт/с [17, 18].

У стандарті 802.11ac у мережах Wi-Fi була застосована технологія передавання даних від точки доступу до декількох пристроїв одночасно. Це технологія DL MU MIMO виконує просторове мультиплексування даних, які передаються. Через особливості поширення радіосигналів іноді можна збільшити сумарну пропускну здатність для багатьох пристроїв, якщо передавати декілька просторових потоків до пристроїв, які рознесені в просторі (технологія MU MIMO), а не передавання декількох потоків до одного пристрою (технологія MIMO). На рис.2.6. показано формування променів MU-MIMO для обслуговування багатьох пристроїв, які рознесені у просторі. У стандарті 802.11ax зроблено просторове мультиплексування висхідних даних в каналі UL MU MIMO, що суттєво підвищує швидкість передавання даних до окремого виділеного в просторі пристрою[18].

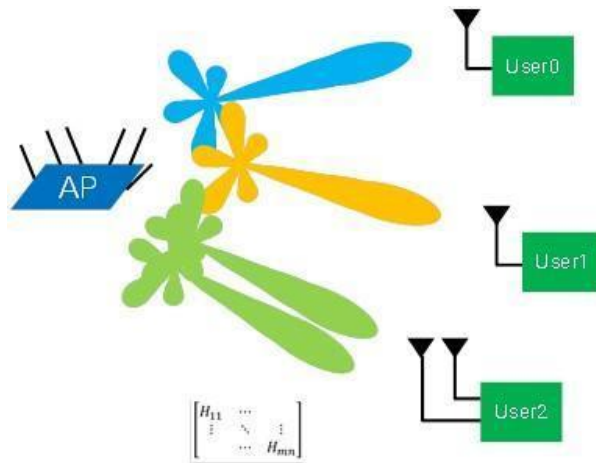


Рис. 2.6. Формування променів MU-MIMO для обслуговування багатьох пристроїв, рознесених у просторі

Для передавання даних багатьом користувачам в стандарті 802.11ax, крім технології MIMO, використовується також множинний доступ з ортогональним розподілом частот OFDMA. Важлива особливість технології OFDMA полягає в тому, що передавання даних здійснюється на тих несучих частотах, які для даного пристрою мають найменші частотно-селективні інтерференції і спотворення сигналу.

Для вибору таких несучих частот кожна точка доступу відправляє пакет про рівень сигналу і помилки з використанням різних несучих частот. Вибір несучих частот із урахуванням зворотного зв'язку, який несе інформацію про рівень сигналу і помилок, дозволяє збільшити пропускну здатність до 50% у порівнянні з псевдовипадковим перебором несучих частот.

Для керування частотами в мережі, кожна передача даних використовує один або кілька ресурсних блоків. По частотах кожен блок може містити від 26, 52, 106, 242, 484 до 996 несучих частот (включаючи службові несучі частоти). Такий блок може мати тривалість багатокористувацької передачі і визначається точкою доступу. Тому для багатокористувацької передачі даних діапазони шириною 20МГц, 40МГц, 80МГц і 160МГц об'єднують в один блок з 244 частот, два ресурсні блоки з 242 несучих частот, два ресурсні блоки з 482 несучих частоті два ресурсні блоки з 996 несучих частот, відповідно. Кожний такий ресурсний блок, у свою чергу, може бути

розділений на два більш вузькі ресурсні блоки, і т.д. Однак існує ряд виключень. Наприклад, у каналі шириною 20МГц ресурсний блок з 242 несучих частот може бути замінений на два ресурсні блоки, кожний з яких складається з 106 несучих частот, а в каналі шириною >40МГц ресурсний блок з 242 несучих частот може бути замінений на два ресурсні блоки, кожний з яких складається з 106 несучих частот, і один ресурсний блок з 26 несучих частот. Хоча технологія OFDMA застосовується як при передаванні висхідних даних в каналі, так і при передаванні в спадному каналі, стандарт 802.11ах не дозволяє здійснювати передавання висхідних і спадних даних в каналах.

Для побудови системи багатокористувацького трафіку, точка доступу розподіляє канали, завжди призначаючи всі доступні канали і частоти спадній лінії зв'язку. Вона може виділяти весь канал тільки одному користувачеві (як це реалізується в 802.11ас) або може розділити його для декількох пристроїв (рис.2.7).

Передавання висхідних і спадних даних в каналі організована за допомогою OFDMA технології. У випадку передавання спадним каналом кадр містить загальну інформацію для всіх одержувачів стартового біта, у якій вказується призначення конкретних частотних блоків кожному з пристроїв[19].

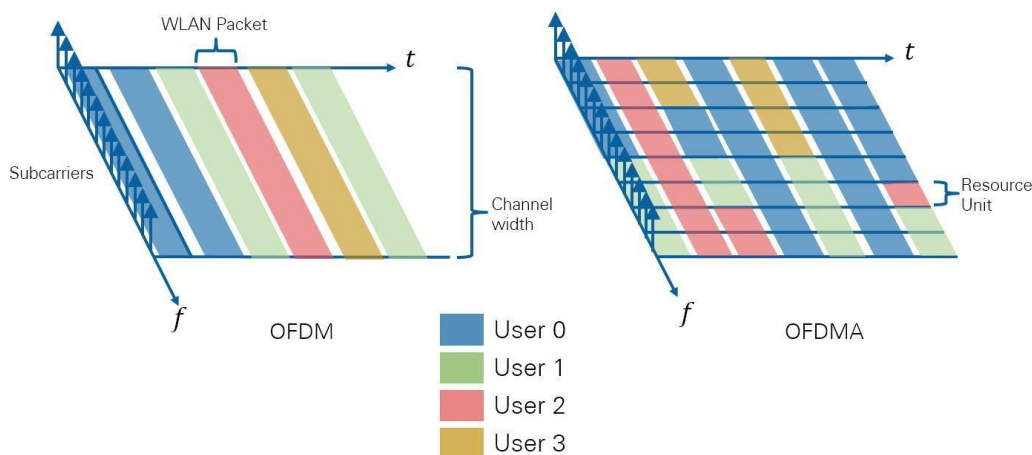


Рис. 2.7. Один користувач з використанням каналу із технологією OFDM (а) і мультиплексування різних пристроїв в одному каналі за технологією OFDMA (б)

Створення системи багатокористувацького передавання висхідних даних в каналі є складним завданням, тому що вона потребує синхронізації з декількома користувачами, а точка доступу є координатором та задає початок передавання даних. Для цього точка доступу одержує інформацію про дані для передавання від пристроїв й призначає частотні блоки для передавання користувачам, що мають дані для передавання.

Для отримання інформації про дані, які мають передаватись, пристрої з мережі періодично відправляють до точки доступу звіти. Наприклад, лікар, що здійснює обхід в лікарні, може отримати миттєвий доступ до історій хвороби та фармацевтичної інформації для призначення необхідних препаратів. Ці звіти передаються як за запитом від точки доступу, так і без нього. Базуючись на отриманій інформації точка доступу задає часові інтервали для передавання висхідних даних в каналі, розподіляє частотні блоки між користувачами та інформує їх про необхідні параметри (часові ЗІ, які повинні бути однаковими для всіх пристроїв в мережі при передаванні висхідних даних в каналі) за допомогою службового тригер-кадра TF. Для синхронізації часу між пристроями в мережі передавання висхідних даних в каналі починається відразу після одержання тригер-кадра [15,17].

Також точка доступу може створити та почати багатокористувацьке передавання висхідних даних в каналі, запитуючи інформацію зворотного зв'язку для формування променів від усіх пристроїв системи (рис. 2.8).

Технології стандарту 802.11ах формують промені аналогічно до технологій стандарту 802.11ас. За цією технологією формувач променя зондує канал за допомогою NDP. Формувач діаграми направленості аналізує канал і формує блок, який несе матрицю з інформацією V для формування променя. Формувач променя використовує цю інформацію для створення матриці каналів H . Далі формувач променя використовує створену матрицю каналів для направлення енергії радіочастот в напрямку кожного пристрою.

Зворотній зв'язок створює направлений промінь BFFF і ділить його на кілька просторових потоків із використанням технології OFDMA для кожного пристрою.

Також використовуючи цю матрицю для керування потужністю передавача. Це необхідно для того, щоб рівні сигналів на вході точки доступу були однаковими незалежно від типів пристроїв для передачі висхідних даних в каналі й поліпшити приймання кадрів від пристроїв що далеко знаходяться. Точка доступу також керує стартом і зупинкою передавання даних. На рис. 2.9 показано точку доступу, яка відправляє тригер-кадр висхідних даних в каналі, який задає всім користувачам в мережі початок передавання й тривалість кадра даних, щоб гарантувати, що всі операції передавання інформації одночасно завершаться. Коли точка доступу одержує дані від усіх пристроїв, вона відправляє їм підтвердження приймання даних (АСК) для завершення операції [17].

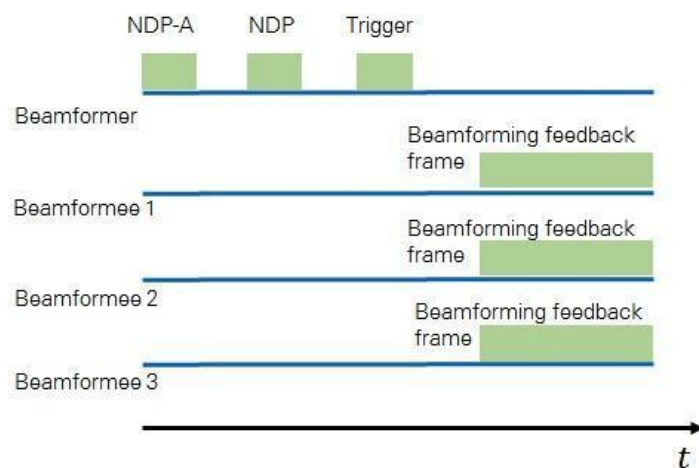


Рис. 2.8. Формування діаграми направленості точкою доступу з використанням кадрів BFFF для технології MU-MIMO

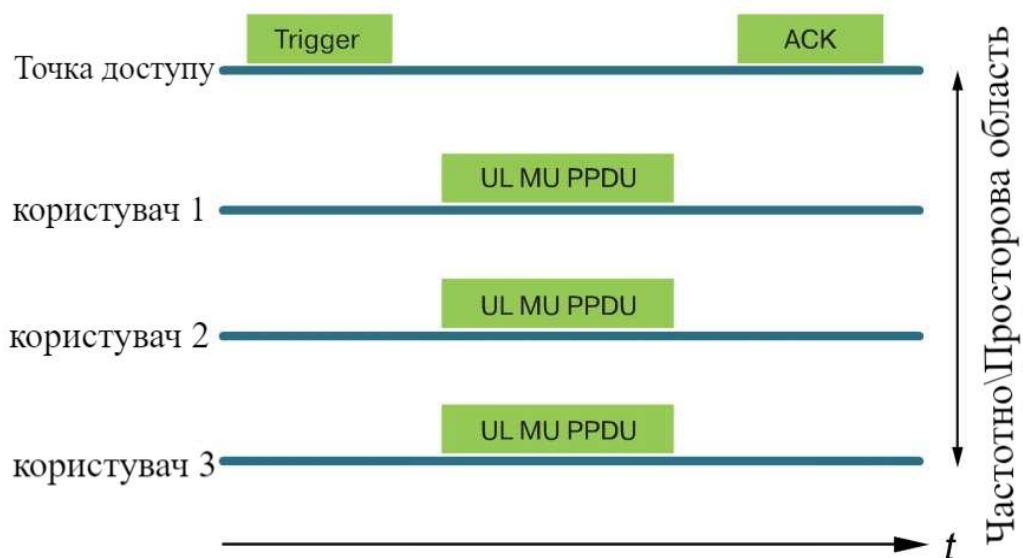


Рис. 2.9. Координація висхідних даних в каналі зв'язку для багатьох пристроїв

2.3. Методи підвищення продуктивності Wi-Fi стандарту 802.11ax в системі “Цифрова лікарня”

ЦЛ є складним об'єктом для побудови безпроводних мереж, оскільки вона має багато пристроїв, які використовують трафік дуже нерівномірно. Тому однією з основних задач стандарту 802.11ax є збільшення пропускної здатності для пристроїв за умови багато і щільно розміщених точок доступу, що ідеально підходить для лікарні. Для цього пристрої 802.11ax підтримують технологію спадної лінії зв'язку MU-MIMO і MU-OFDMA для збільшення кількості одночасно підключених пристроїв.

Для підвищення ефективності роботи мереж Wi-Fi із щільним трафіком стандарт 802.11ax має методи, які забезпечують щільне використання каналів у мережах з перекриттям робочих зон OBSS.

У мережах Wi-Fi, щоб визначити чи вільний канал для передавання інформації кожен пристрій його перевіряє. У випадку отримання і декодування стартового біта пакета пристрій вважає канал зайнятим протягом всієї тривалості передавання пакета. Також канал є зайнятим, якщо користувач детектує наявність шуму в каналі, потужність якого перевищує поріг чутливості не менш ніж на 20дБм.

У стандартах Wi-Fi використовують термін віртуальної зайнятості середовища NAV. NAV, аналогічно до лічильника значення числа, якого зменшується в часі від деякої величини до нуля. Якщо значення коду дорівнює нулю, то канал вільний. Значення коду лічильника змінюється при одержанні кадрів. Заголовок кадра, згенерований протоколом канального рівня, передає поле Duration, в ньому прописана тривалість наступних кадрів NAV. Одержавши черговий пакет, точка доступу змінює параметр лічильника NAV, якщо поле Duration у кадрі перевищує значення NAV. Значення NAV обнуляється при одержанні Cf-end кадра.

У інших версіях стандартів Wi-Fi детектування віртуальної зайнятості середовища не залежало від того, до якої мережі належить пристрій. Таким чином, на кожному пристрої є індикатор фізичної зайнятості середовища й одне значення NAV, що характеризує віртуальну зайнятість середовища. Однією із особливостей стандарту 802.11ah є врахування зайнятості середовища при детектуванні, тобто чи відбувається передавання в середині мережі або ж в середині іншої мережі. Залежно від цього параметру, пристрій може використовувати різні пороги чутливості, змінювати потужність передавача, міняти значення NAV. При цьому пристрій може зберігати декілька значень NAV, які отримані від різних мереж, і уникати некоректному скиданню NAV, при одержанні кадра Cf-end від іншої мережі.

Для швидкого визначення належності прийнятого пакета до якоїсь мережі без декодування цілого пакета, стартовий біт 802.11ah містить поле “колір мережі”, у якому передається мітка мережі. На рисунку 2.10 показано використання кольірних кодів для оцінки зайнятості каналу CCA. Значення кольору вибирається точкою доступу випадковим чином у момент ініціалізації мережі. Вперше поле “колір мережі” з'явилося в стандарті 802.11ah, і його довжина становила всього 3 біта [17]. У версії стандарту 802.11ah розмір поля збільшений до 6 біт для зменшення ймовірності збігу між двома мережами [17].

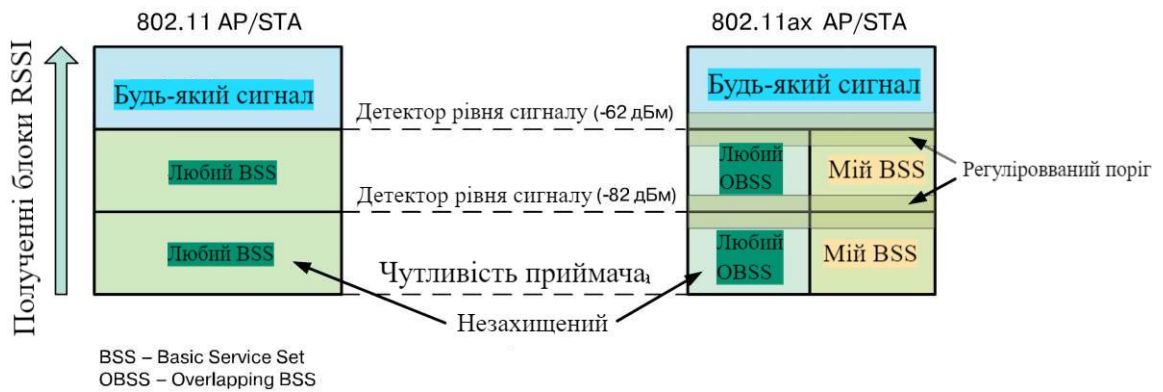


Рис. 2.10. Використання колірних кодів для оцінки зайнятості каналу CCA

Ще одна особливість стандарту 802.11ax є сплячий режим роботи із заданим часом пробудження для забезпечення ефективного енергозбереження в мережі. Точка доступу 802.11ax разом з користувачами визначає час пробудження (TWT) та час початку роботи і доступу до середовища. Пристрої в мережі та точка доступу обмінюються інформацією про очікувану тривалість передавання даних до наступного сплячого режиму. Отже, точка доступу контролює доступ і час роботи між користувачами. Пристрої використовують TWT для зменшення споживання енергії мережі, переходячи в сплячий стан, поки не активують їх TWT (рис. 2.11). Також точка доступу формує часові графіки роботи та надає значення часу TWT для пристроїв без додаткових часових графіків TWT між ними. Ця процедура у стандарті має назву Broadcast TWT [17].

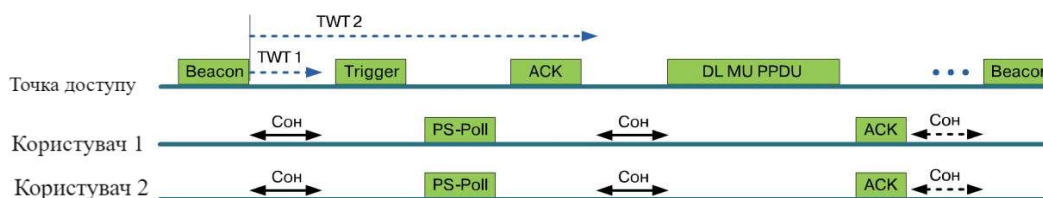


Рис. 2.11. Передавання даних у режимі зменшення споживання енергії

Для того, щоб потужність сигналу, що приходить від різних пристроїв до точки доступу, була приблизно однаковою, точка доступу управляє потужністю передавача кожного користувача за допомогою тригерного кадра.

2.4. Елементна база для побудови мережі в цифровій лікарні

Для створення нових медичних приладів та пристроїв, в рамках задачі побудови ЦЛ, які активно використовують безпроводні мережі необхідні відповідні компоненти. Ці компоненти мають підтримувати функціональні можливості мережі Wi-Fi стандарту 802.11ax і мати мінімальні розміри для забезпечення портативності і мобільності медичних приладів.

Для задач створення Wi-Fi мереж у різних галузях і зокрема для задачі створення ЦЛ корпорація Qualcomm розробила і випустила мікросхеми для створення пристроїв мережі Wi-Fi стандарту 802.11ax. Зокрема, радіомодеми в інтегральному виконанні IPQ8074 і QCA6290, що підтримують новий стандарт Wi-Fi [14, 15]. Радіомодем IPQ8074 призначений для створення точок доступу, а QCA6290 - для створення мобільних пристроїв та кінцевих терміналів.

Застосування стандарту 802.11ax підвищує ємність мереж Wi-Fi у чотири рази, причому за рахунок технології енергозбереження одночасно збільшує час автономної роботи кінцевих пристроїв. Створені фірмою Qualcomm радіомодеми підтримують дванадцять потоків при підключенні пристроїв (у діапазоні 5,6ГГц вісім потоків і у діапазоні 2,4ГГц - чотири потоки), підтримують різні конфігурації MU-MIMO, частотні канали з різною шириною до 80МГц, підтримку OFDMA модуляції, яка давно використовуються в системах стільникового зв'язку.

Повністю переваги запропонованого стандарту можуть бути реалізовані тільки при використанні обладнання і пристроїв, які працюють за стандартом 802.11ax. Однак пристрої інших стандартів, та пристрої стандартів 802.11ac і 802.11n, у мережах 802.11ax будуть працювати більш ефективно.

2.5. Висновки до розділу 2

Обґрунтовано використання стандарту бездротових мереж IEEE802.11ax для задачі побудови системи ЦЛ, який розроблений для підвищення швидкості обміну інформацією в місцях з великою кількістю підключених біомедичних пристроїв із різною швидкістю обміну даних.

Крім підвищення швидкості передавання даних цей стандарт реалізує технології для обслуговування більшої кількості пристроїв на різних частотах і підвищення надійності передавання інформації у системі ЦЛ, що гарантує захист конфіденційної інформації.

При побудові безпроводних мереж стандарту 802.11ax для ЦЛ передбачається наявність значної неоднорідності трафіка від різних біомедичних приладів, у той час як інші стандарти Wi-Fi, як правило, враховували тільки один тип трафіка.

Важливою перевагою застосування стандарту IEEE802.11ax для побудови ЦЛ є інтенсивне використання висхідних даних в каналі бездротових мереж, що необхідно для завантаження різних типів сигналів, зображень, а також фото, відео і текстових документів у бази даних і хмарні сервіси ЦЛ.

Для повноцінного застосування запропонованого стандарту в системі ЦЛ необхідно, щоб використовуване біомедичне обладнання і пристрої працювали за стандартом 802.11ax. Але стандарт також гарантує, що пристрої інших стандартів, зокрема, 802.11ac і 802.11n, у мережах 802.11ax будуть працювати більш ефективно, що необхідно враховувати при проектуванні безпроводних мереж для ЦЛ.

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ДОСТОВІРНОСТІ ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ “ЦИФРОВА ЛІКАРНЯ”

3.1. Побудова моделі передавання інформації в системі “Цифрова лікарня”

Передавання інформації в системі ЦЛ здійснюється каналами зв'язку, до яких ставиться ряд вимог. Однією із них є забезпечення безпеки переданої інформації. Таким чином потрібен окремий канал зв'язку, який не дозволить викликати зміни в функціонуванні системи ЦЛ. Необхідно відмітити, що вразливість інформації - це можливість виникнення такого стану, при якому створюються умови для реалізації загроз безпеки інформації. Тому, щоб не допустити нападу на інформаційну систему ЦЛ потрібен безпечний канал.

Проблеми, що можуть виникнути в системі ЦЛ із безпекою передавання інформації, можна розділити на три основні типи :

- перехоплення інформації - це коли цілісність переданих даних зберігається, але її конфіденційність порушена;
- модифікація інформації - це зміна або підміна вихідного повідомлення і надсилання адресату;
- підміна авторства інформації.

Наприклад, хтось може втрутитись в систему і прописати хибний діагноз, видалити частину інформації про стан здоров'я пацієнта, необхідної для його лікування, що може нести за собою серйозні наслідки.

Основна вимога, що зазвичай пред'являється до системи передавання даних, полягає в достовірному та своєчасному передаванні великої кількості інформації на великі відстані при обмеженій потужності передавача [21-36].

Достовірному передаванню інформації реальними каналами зв'язку в системі ЦЛ можуть перешкоджати такі основні причини:

- наявність зовнішніх і внутрішніх завад в системі ЦЛ;
- спотворення сигналу в каналі;

- технічна недосконалість пристроїв, між якими здійснюється обмін інформацією. Спотворення сигналу, що виникають в результаті проходження його через технічно недосконале обладнання, в принципі можуть бути зменшені шляхом використання сучасних пристроїв або покращення характеристик існуючих в результаті їх модернізації. Завади і спотворення сигналу в каналі обумовлені наявністю ряду факторів, які необхідно враховувати при побудові системи ЦЛ, зокрема, це електромагнітні процеси, наявність електроустановок і сусідніх радіостанцій, можливість віддзеркалення від предметів, а також інших засобів, які можуть створювати завади.

Найпростіша система передавання даних (одноканальна) наведена на рисунку 3.1 [24].

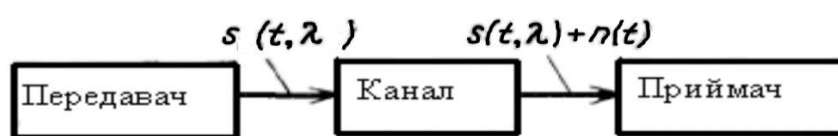


Рис. 3.1. Структурна схема системи передавання даних

Окрім перерахованих зовнішніх джерел завад є й інші, внутрішні, локалізовані в різних елементах передавача і приймача. Сюди можна віднести флуктуаційні шуми напівпровідникових приладів і опір втрат, нестабільність напруги живлення, мікрофонний ефект та ін.

При функціонуванні системи ЦЛ для кожної конкретної ситуації доводиться стикатися з різними видами завад, оскільки на це впливає місцезнаходження відділень та приміщень лікарень, наявність тих чи інших біомедичних приладів чи систем. Проте у всіх випадках є загальним і характерним наявність нормального флуктуаційного шуму, обумовленого природними причинами, які не можуть бути усунені (теплові та інші шуми навколишнього середовища, власні шуми радіоприймального пристрою). Теплові шуми простору, що оточують приймальну антену, приймаються антеною разом з корисним сигналом і сумуються з шумом,

створеним при роботі радіоприймального пристрою. Такий шум радіоприймача і теплові шуми навколишнього середовища сумуються лінійно з приймальним корисним сигналом на вході приймача. Завади, які сумуються з сигналом лінійно, називаються адитивними.

Отже, на практиці, прийнятий сигнал $y(t)$ можна представити у вигляді суми коливань приймального сигналу та шуму:

$$y(t) = s(t, \lambda) + n(t). \quad (3.1)$$

де $s(t, \lambda)$ - приймальний сигнал, що залежить від декількох параметрів, позначених вектором λ ; $n(t)$ - сумарний шум радіоприймача і навколишнього середовища.

$n(t)$ будемо вважати нормальним білим шумом з нульовим середнім значенням і дельта-функцією кореляції:

$$\langle n(t) \rangle = 0, \quad \langle n(t_1)n(t_2) \rangle = \frac{N_0}{2} \delta(t_2 - t_1). \quad (3.2)$$

де N_0 - одностороння спектральна густина адитивного шуму. Тому, що тепловий шум навколишнього середовища визначається формулою Найквіста і його спектральна густина практично постійна в діапазоні радіочастот. Власний шум радіоприймача визначається його високочастотною складовою, смуга пропускання якої в десятки разів перевищує смугу пропускання тракту проміжної частоти. Іншим способом вказівки рівня адитивного шуму є ефективна шумова температура T_e :

$$N_0 = kT_e, \quad (3.3)$$

де $k = 1,38 * 10^{-23}$ Дж / К - стала Больцмана; T_e - ефективна шумова температура в градусах Кельвіна (К).

Зрозуміло, що за допомогою формули (3.1) неможливо описати всі практичні випадки. Можлива велика різноманітність інших перешкоджаючих ситуацій. Наприклад, в деяких випадках необхідно враховувати вузькосмугові завади, імпульсні завади і т.п. Математично це можна представити шляхом введення в праву частину формули (3.1) додаткових складових, які описують такі види завад для конкретних систем. Проте, крім інших завад, необхідно також враховувати наявність адитивного білого шуму $n(t)$.

Унаслідок можливих спотворень в каналі зв'язку, наявності завад, а також враховуючи специфіку сигналів, які передаються в системі ЦЛ, приймальний сигнал завжди виявляється точно не передбаченим, а в тій чи іншій мірі випадковим. Як відомо з теорії оптимального радіоприйому, що чим більше є попередніх відомостей про сигнал та завади, тим більша ймовірність правильного прийому переданої інформації.

Розглянемо характер можливих спотворень переданого сигналу в каналі, тобто вид перетворення переданого сигналу $s_0(t, \lambda_0)$ в прийнятий $s(t, \lambda)$. Вектор λ , параметрів приймального сигналу, крім параметрів λ_0 переданого сигналу може містити і деякі нові компоненти (наприклад, час запізнювання і ін.). Вичерпний математичний опис різноманітних фізичних процесів, що відбуваються на шляху розповсюдження радіохвиль від пункту передачі сигналу до пункту його прийому за різних умов дуже складно. Обмежимося розглядом деяких моделей каналів з вказівкою можливих прикладів їх використання.

Хоча радіоканали залежно від цільового призначення можуть бути різноманітними, можна виділити наступні типи каналів: 1) системи зв'язку в межах оптичної видимості; 2) системи зв'язку (за межі оптичної видимості), що використовують дифракцію; 3) системи, що використовують віддзеркалення від іоносфери; 4) системи іоносферного або тропосферного розсіяння; 5) зв'язок за допомогою дипольних відбивачів, метеорних слідів або іонізованої газової плазми; 6) системи, що використовують штучні супутники Землі.

Не дивлячись на істотну відмінність характеристик окремих каналів, всі вони мають декілька загальних ознак, а саме: 1) наявність одного або декількох входів і виходів;

2) як правило, вони є лінійними; 3) радіосигнал проходить по каналу з часовою затримкою і з втратами, які можуть змінюватися в часі; 4) у каналах є завади.

У основу класифікації каналів можна покласти різні ознаки. Проте основними з них є два:

- 1) вид адитивних перешкод, що вносяться каналом, і характер взаємодії перешкод з сигналом;
- 2) характер перетворення переданого сигналу в той, що приймається.

Як вказано вище, в простих випадках наявність завад в каналі можна врахувати на приймальній стороні нормальним адитивним білим шумом $n(t)$ в правій частині рівності (3.1). Для системи ЦЛ розглядаємо саме такі канали, які згідно першому принципу можна назвати каналами з адитивним гаусовим (нормальним) білим шумом.

Окрім цього, завади, при передаванні інформації в системі ЦЛ, можуть перемножуватися з сигналом (наприклад, амплітудні затування) і формувати так звані мультиплікативні завади.

Також крім адитивних завад для цифрових каналів зв'язку властиві повільні і швидкі затування прийнятого сигналу. Фізичні причини, що обумовлюють повільні і швидкі затування прийнятого сигналу як і методи зменшення їх впливу, різні. Повільні затування традиційно пов'язані з природними причинами, що викликають зміни умов поширення електромагнітних хвиль (залежність стану тропосфери від метеорологічних умов, часу доби і року, клімату; залежність стану іоносфери від геомагнітної і сонячної активності, ядерних вибухів і т. п.). Всі такі зміни протікають досить поволі.

Швидкі затування, час кореляції яких вимірюється долями секунд, обумовлені в основному явищем багатопрореневості, тобто наявністю в каналі великої кількості променів (шляхів), якими можуть розповсюджуватися електромагнітні хвилі з пункту передавання в пункт прийому.

Шкідливий вплив швидких затувань можна зменшити вибором належних сигналів і оптимальним прийомом їх. При повільних затуваннях сигналу ці методи виявляються мало ефективними. Для забезпечення задовільної працездатності

системи ЦЛ при тривалому погіршенні стану каналу необхідно передбачити достатню потужність випромінювання, розміри антен і т. д. (так званий системний запас) або ж застосовувати адаптивні системи (тимчасове зниження швидкості передачі, зміна робочої частоти і ін.), які використовуються в стандартах Wi-Fi.

3.2 Критерій оптимального приймання сигналів Wi-Fi стандарту 802.11ax в системі “Цифрова лікарня”.

3.2.1. Побудова критерію оптимального приймання сигналів Wi-Fi в системі ЦЛ. Для створення і оптимального налаштування безпроводної мережі Wi-Fi в системі ЦЛ стандарту 802.11ax необхідно розробити або вибрати критерій оптимальності, який би враховував важливість мінімальних втрат інформації при її передаванні. Згідно прийнятої моделі на вхід приймача Wi-Fi в системі ЦЛ надходить адитивна суміш сигналу і завади $x(t) = s_k(t) + \omega(t)$, де $s_k(t)$ - сигнал із кодовим символом a_k ; $\omega(t)$ - адитивна завада з нормальним законом розподілу. Сигнал $s_k(t)$ є випадковим з наперед відомим розподілом $P(s_k)$. Опрацьовуючи вхідний сигнал $x(t)$ приймач виділяє сигнал s_i . При наявності завад, отриманий такою обробкою, сигнал s_i не може бути абсолютно точно відтвореним. За прийнятим вхідним сигналом приймач Wi-Fi в системі ЦЛ та його опрацюванням отримуємо апостеріорний розподіл $P(s_i/x)$, в якому є інформація про прийнятий вхідний сигнал $x(t)$. За цим розподілом $P(s_i/x)$ необхідно задати критерій, за яким приймач прийматиме рішення щодо переданого сигналу s_k [19].

Для таких задач приймання цифрових сигналів використовується критерій ідеального спостерігача, який може бути використаний і при побудові систем ЦЛ [19]. За цим критерієм приймається таке рішення, щодо переданого сигналу s_i , для якого апостеріорна ймовірність $P(s_i/x)$ набуває найбільшої величини, тобто приймається рішення про сигнал s_i , якщо виконуються нерівності

$$P(s_i / x) > P(s_j / x), \quad j \neq i. \quad (3.4)$$

При застосуванні критерію ідеального спостерігача повна ймовірність прийняття помилкового рішення набуде мінімального значення. Тобто за вхідним сигналом x буде прийнято рішення про переданий сигнал s_i , тоді ймовірність правильного рішення про сигнал дорівнюватиме $P(s_i/x)$, а ймовірність помилки $1 - P(s_i/x)$. Отже максимуму апостеріорної ймовірності прийнятого сигналу $P(s_i/x)$ відповідає мінімум повної ймовірності похибки рис.3.2.

Отже, на підставі формули Байєса запишемо відношення правдоподібності прийнятих сигналів [24]:

$$\frac{P(x / s_i)}{P(x / s_j)} > \frac{P(s_j)}{P(s_i)} \quad (3.5)$$

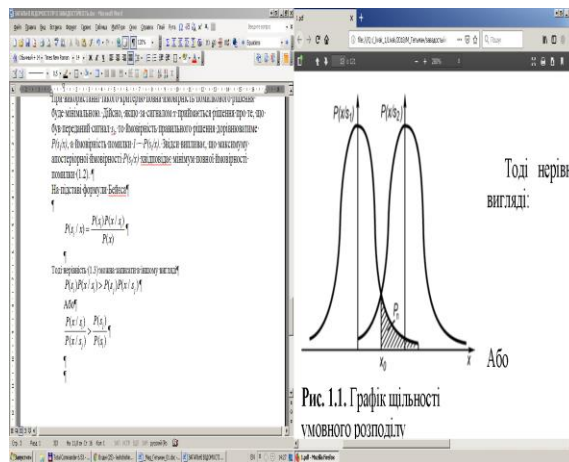


Рис. 3.2. Графік щільності умовного розподілу ймовірностей при передаванні сигналів s_1 і s_2

Функцію $P(x/s)$ в цьому рівнянні називають функцією правдоподібності. Чим більша величина функції правдоподібності для вхідного сигналу x , тим правдоподібніше значення сигналу s , що передається.

3.2.2. Методи оцінки достовірності прийому двійкових сигналів Wi-Fi в системі ЦЛ. Методи оцінки достовірності прийому двійкових сигналів Wi-Fi ґрунтуються на критерії ідеального спостерігача.

Призначення каналу зв'язку в системі ЦЛ - це передавання тієї або іншої інформації. У цьому випадку розглядаються широкосмугові Wi-Fi канали зв'язку, призначені

для передавання сигналів, відео, зображень та документів в ЦЛ. З теорії зв'язку відомо, що існують дві основні причини зниження вірогідності передачі [20]. Перша - зниження відношення сигнал/шум. Друга причина - спотворення сигналу. Сигналом в системі ЦЛ може бути інформаційний сигнал, відеоімпульс або модульована несуча. Стосовно до аналогових сигналів використовуються поняття інтермодуляційних спотворень. У цифрових ж системах зв'язку здебільшого використовуються поняття міжсимвольної інтерференції та здійснюють розрахунок ймовірності помилки символу залежно від реалізованого значення S/N .

З теорії передавання аналогових сигналів відомо, що одним із критеріїв якості сигналу є S/N , обумовлене як відношення середньої потужності сигналу S до середньої потужності шуму N . У цифрових системах зв'язку частіше використовується нормована версія S/N , яка позначається як E_b/N_0 , де E_b - енергія біта. S це потужність сигналу, помножена на час передачі біта інформації T_b , N_0 - спектральна щільність потужності шуму, її можна виразити як потужність шуму N поділену на ширину смуги W . Оскільки час передачі біта й швидкість передачі бітів взаємнообернені, T_b можна замінити на $1/R$: (де R - це бітова швидкість) [18].

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S T_b}{N / M} = \frac{S / R}{N / W} \quad (3.6)$$

Перепишемо вираз (3.6) таким чином, щоб було явно видно, що: відношення E_b/N_0 - це відношення S/N , нормоване на ширину смуги й швидкість передавання бітів:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S}{N} \left(\frac{W}{R} \right) \quad (3.7)$$

Одна з найважливіших метрик якості в системах цифрового зв'язку, до яких можна віднести і систему передавання інформації в ЦЛ, є графік залежності ймовірності появи помилкового біта BER від E_b/N_0 . На рис. 3.3 показаний вигляд більшості подібних кривих. При $E_b/N_0 \geq X_0$, $P_B \leq P_0$. Безрозмірне відношення E_b/N_0 - це стандартна якісна оцінка продуктивності систем цифровому зв'язку. Отже,

необхідне відношення E_b/N_0 можна розглядати як метрику, що дозволяє порівнювати якість різних систем: чим менше необхідне відношення E_b/N_0 , тим ефективніше процес детектування при даній імовірності помилки [23].

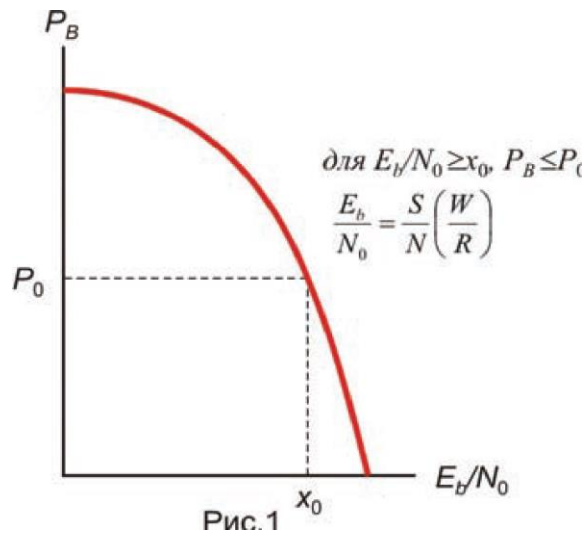


Рис. 3.3. Графік залежності ймовірності появи помилкового біта BER від E_b/N_0

Імовірність помилки при прийманні цифрових сигналів в системі ЦЛ є дуже важливим параметром, за яким ведуть оцінку можливості його передавання по тому або іншому каналу зв'язку.

Вирази, що досить повно описують імовірність помилки P_b , досить громіздкі. Проте, з досить невеликою похибкою (порядку 0,1 дБ), вони можуть бути спрощені. Наприклад, найкоротшою й зручною формулою є функція [24]:

$$P_b\left(\frac{E_b}{N_0}\right) \approx 2 \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{M}}\right) \cdot \operatorname{erfc}\left[\sqrt{\frac{3 \log_2(M)}{2(M-1)} \cdot \frac{E_b}{N_0}}\right] \quad (3.8)$$

Для прямокутного сигналу, гаусового каналу та приймання за допомогою узгоджених фільтрів імовірність появи бітової помилки при модуляції M-QAM, де $M = 2k$ і k - парне число, вираз (3.4) може бути записаний в розрахунковому виді:

$$P_b \approx \frac{2(1-L^{-1})}{\log_2 L} \cdot \Phi\left[\sqrt{\frac{3 \log_2(L)}{L^2-1} \cdot \frac{E_b}{N_0}}\right] \quad (3.9)$$

де $\Phi(x)$ - це гаусів інтеграл похибок і часто використовується при описі ймовірності з гаусової густини розподілу. Визначається ця функція в такий спосіб [24]:

$$\Phi(x) \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} \exp\left(\frac{-u^2}{2}\right) du \quad (3.10)$$

При цьому всі визначення однаково придатні для опису ймовірності похибки при гаусовому шумі. $Q(x)$ прямо не обчислюється в аналітичному представленні та звичайно наводиться у вигляді довідкових таблиць. Проте, при певних обмеженнях, функція $Q(x)$ апроксимується простішими виразами [24]:

$$\Phi(x) \approx \frac{1}{x\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-x^2}{2}\right) \quad (3.11)$$

Таку функцію обчислимо засобами Matlab. Наведена методика дає можливість оцінити достовірність прийнятих сигналів Wi-Fi в системі ЦЛ та вибрати найстійкіший до завад стандарт.

3.3. Моделювання каналу зв'язку Wi-Fi та розрахунок достовірності прийнятих сигналів в системі “Цифрова лікарня”

Для оцінки вибраних методів та засобів передавання інформації в системі ЦЛ проведемо моделювання каналу зв'язку Wi-Fi та розрахунок достовірності прийнятих сигналів проводимо засобами Matlab із використанням формул (3.6-3.10). Моделювання проведемо за послідовністю дій, наведених на рис.3.4.

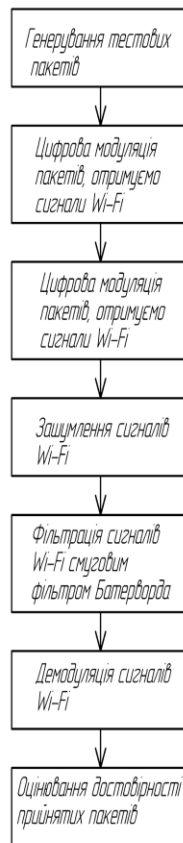


Рис.3.4. Схема моделювання каналу зв'язку Wi-Fi

Для моделювання обміну даними в каналі зв'язку Wi-Fi в системі ЦЛ необхідно згенерувати короткий 16 бітний або довгий 1024 бітний пакети даних, які містять випадковий набір бітів.

```

data=[0 1 0 1 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1]; % information
%Number_of_bit=1024;
%data=randint(Number_of_bit,1);
  
```

Згенеровані таким чином пакети піддаємо модуляції.

Для квадратурної фазової модуляції QPSK необхідно задати параметри модулятора

```
qpskModulator = comm.QPSKModulator;  
phNoise = comm.PhaseNoise('Level',-55,'FrequencyOffset',  
20,'SampleRate',1000);
```

після чого виконати модуляцію

```
x1 = qpskModulator(data);
```

Для квадратурної амплітудної модуляції команди в Matlab виглядають таким чином:

для 16-QAM

```
x2 = qammod(data,16);
```

для 64-QAM

```
x3 = qammod(data,64);
```

для 256-QAM

```
x4 = qammod(data,256);
```

для 1024-QAM

```
x5 = qammod(data,1024);
```

Отриманий модульований сигнал зашумлюємо відповідно до обґрунтованої моделі каналу зв'язку Wi-Fi, із заданим рівнем шуму 15дБ.

```
y1 = awgn(x1,15, 'measured');  
y2 = awgn(x2,15, 'measured');  
y3 = awgn(x3,15, 'measured');  
y4 = awgn(x4,15, 'measured');  
y5 = awgn(x5,15, 'measured');
```

Отримані зашумлені сигнали відфільтруємо за допомогою смугового фільтра

```
Center_frequency=63;  
Sampling_Rate=10*84;  
[b,a]=butter(4,[2*pi*(Center_frequency-7)2*pi*  
(Center_frequency+7)], 's');  
f1=filter(b,a,y1) ;  
f2=filter(b,a,y2) ;  
f3=filter(b,a,y3) ;  
f4=filter(b,a,y4) ;  
f5=filter(b,a,y5) ;
```

Відфільтровані сигнали демодулюємо за допомогою таких функцій

```

demod = comm.QPSKDemodulator('PhaseOffset',0);
z1 = qpskDemodulator(f1);
z2= qamdemod(f2,16);
z3= qamdemod(f3,64);
z4= qamdemod(f4,256);
z5= qamdemod(f5,1024);

```

Наступним етапом буде обчислення достовірності прийнятих сигналів Wi-Fi при різних видах модуляції. Функція `symerr` розраховує достовірності прийнятих сигналів із використанням формул 3.40-3.44, і повертає ймовірність приймання помилкового біта.

```

[num1,rt1] = symerr(data,z1);
[num2,rt2] = symerr(data,z2);
[num3,rt3] = symerr(data,z3);
[num4,rt4] = symerr(data,z4);
[num5,rt5] = symerr(data,z5);

```

Детальний код програм для моделювання каналу зв'язку Wi-Fi наведено в Додатках Б-Г.

За отриманими результатами можна оцінити достовірності прийнятих сигналів Wi-Fi при різних видах модуляції, а саме: QPSK, 16-QAM, 64-QAM, а також 256-QAM, 1024-QAM, які використовуються в стандарті IEEE802.11ax. Та визначити, яка ж з модуляцій забезпечуватиме вищу завадостійкість передавання даних в умовах використання великої кількості приєднаних біомедичних пристроїв до мережі Wi-Fi в системі ЦЛ.

3.4. Оцінка достовірності прийнятих сигналів мережі Wi-Fi стандарту 802.11ах в системі “Цифрова лікарня”.

Для оцінки достовірності сигналів, які передаються в системі ЦЛ, використаємо тестові сигнали і отримаємо для них результати оцінки достовірності даних Wi-Fi. З таблиці 2.2, в якій наведено основні характеристики різних стандартів Wi-Fi, визначаємо тип модуляції й швидкість кодування для кожного стандарту. Використовуючи ці дані та методику наведену в підрозділі 3.3, а також використавши Matlab, змодулюємо роботу модуляторів Wi-Fi та отримуємо оцінку достовірності прийнятих сигналів Wi-Fi, тобто графік залежності ймовірності появи помилкового біта BER від E_b/N_0 , яку наведено рис. 3.4 [20].

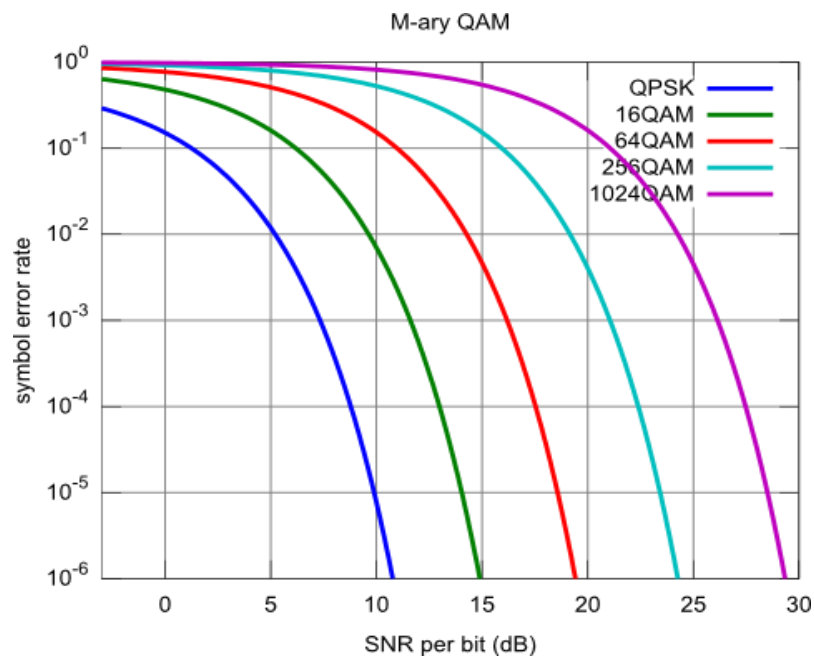


Рис. 3.4. Графік залежності ймовірності появи помилкового біта BER від E_b/N_0 (вісь абсцис – відношення сигнал/шум, дБ; вісь ординат – ймовірності появи помилкового біта)

За отриманими результатами наведеними на рис.3.4 порівнюємо характеристики достовірності стандартів Wi-Fi при відношенні сигнал/шум, 10дБ, які зведено в таб. 3.1.

Таблиця 3.1

Порівняння характеристик достовірності стандартів Wi-Fi

Версія стандарту	802.11	802.11b	802.11a	802.11g	802.11n	802.11ac	802.11ax
Тип модуляції	QPSK	QPSK	16-QAM	64-QAM	64-QAM	256-QAM	1024-QAM
Ймовірності появи помилкового біта, при відношенні сигнал/шум, 10дБ	10^{-5}	10^{-5}	10^{-2}	$2 \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-1}$	$7 \cdot 10^{-1}$	$9 \cdot 10^{-1}$
Ймовірності появи помилкового біта, при відношенні сигнал/шум, 20дБ	$<10^{-6}$	$<10^{-6}$	$<10^{-6}$	10^{-6}	10^{-6}	$6 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-1}$

За отриманими характеристиками достовірності стандартів Wi-Fi можна зробити висновок, що найвищу завадостійкість мають стандарти, які використовують QPSK модуляцію, а найнижчу - стандарти, які використовують 1024-QAM модуляцію. Однак 1024-QAM модуляція забезпечує найвищу швидкість передавання даних. Такі результати для 1024-QAM обґрунтовуються тим, що при її використанні спостерігається найменший вклад енергії сигналу в кожен біт.

Все ж таки стандарт IEEE802.11ax є найкращим для побудови системи “цифрова лікарня”, оскільки він об’єднує переваги інших та є сумісним з усіма іншими стандартами Wi-Fi. При потребі обладнання, що працює за цим стандартом, може автоматично переходити на вільні частоти, зменшувати швидкість передавання даних та використовувати види модуляцій, які є більш завадостійкими. Причому такий перехід виконується автоматично на визначених пристроях під управлінням точки доступу, до якої вони приєднані. Електронні засоби можуть бути використані для проведення дистанційних консультацій з пацієнтом, уточнення симптомів, зберігання або демонстрації рентгенівських знімків, електрокардіограм і т.п.

3.5. Висновки до розділу 3

Розроблено методику визначення достовірності прийому сигналів Wi-Fi в системі ЦЛ та отримано характеристики достовірності засобами Matlab на базі критерію ідеального спостерігача.

За отриманими характеристиками достовірності стандартів Wi-Fi для систем ЦЛ, можна зробити висновок, що найвищу завадостійкість мають стандарти, які використовують QPSK модуляцію, а найнижчу - стандарти, які використовують 1024-QAM модуляцію. Однак 1024-QAM модуляція забезпечує найвищу швидкість передавання даних, що обґрунтовується тим, що при її використанні спостерігається найменший вклад енергії сигналу в кожен біт.

Обґрунтовано використання стандарту IEEE802.11ax для побудови системи ЦЛ, оскільки він об'єднує переваги інших та є сумісним з усіма іншими стандартами Wi-Fi, а також враховано, що обладнання, яке працює за цим стандартом, може автоматично переходити на вільні частоти, зменшувати швидкість передавання даних та використовувати види модуляцій, які є більш завадостійкими.

РОЗДІЛ 4

ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1. Науково-технічна актуальність науково-дослідної роботи

Науково-дослідна робота – це чітко організований комплекс дій, спрямований на отримання нових знань, що розкривають суть процесів та явищ у природі і суспільстві, з метою використання їх у практичній діяльності людини. Під час науково-дослідної роботи вирішується ряд емпіричних та теоретичних питань.

Одним з етапів процесу створення інноваційного продукту є розробка, тобто процес, який власне включає технологічні, дослідно-конструкторські, проектні, організаційні роботи, які включають створення документації, необхідної для освоєння нововведень (нових технологій, нової продукції та виробництв, споруд, прогресивних методів організації та управління виробництвом) та їх дослідно-експериментального випробування.

4.2 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Для встановлення вартості НДР розраховують всі витрати організації-виконавця, які складають собівартість або кошторисну вартість проекту за певною тематикою. Кошторисна вартість – це фінансово-плановий акт, який визначає обсяг, цільове направлення та поквартальний розподіл асигнувань, передбачених для виконання НДР.

При формуванні кошторису на проведення робіт по темі НДР враховуються наступні статті витрат: витрати на оплату праці працівників; внески на соціальні заходи; матеріальні витрати пов'язані з обладнанням, яке буде використовуватися; витрати на утримання та експлуатацію приміщень, обладнання, тощо; інші витрати. Встановлення величини витрат на проведення робіт по темі НДР наводяться нижче.

4.2.1. Витрати на оплату праці

Витрати за цією статтею включають заробітну плату безпосередніх виконавців теми, а заробітна плата адміністративно-управлінського персоналу, працівників дослідних виробництв включаються в кошторисну вартість теми через статтю «Накладні витрати».

Витрати на оплату праці розраховують на основі даних про трудомісткість окремих робіт по темі (табл. 4.1) та посадових окладів безпосередніх їх виконавців.

Таблиця 4.1

Трудомісткість робіт по темі НДР

Найменування робіт по темі дослідження	Трудомісткість за виконавцями, людино-днів					
	Провідний науковий співробітник	Старший науковий співробітник	Молодший науковий співробітник	Інженер	Лаборант	Студент
1	2	3	4	5	6	7
1. Уточнення та конкретизація завдань по темі НДР	2	2	1	–	–	2
2. Аналіз науково-технічних публікацій з теми	1	1	2	–	–	5
3. Обґрунтування вибору стандарту мережі Wi-Fi	2	3	4	–	–	7
4. Побудова моделі каналу зв'язку для системи “цифрова лікарня”	2	2	4	–	–	3
5. Побудова критерію оптимального приймання сигналів Wi-Fi	3	3	4	–	–	5
6. Експериментальні дослідження оптимального приймання сигналів Wi-Fi	1	2	1	3	3	7

Продовж. табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
7. Аналіз та інтерпретація отриманих результатів	2	3	2	–	2	3
8. Формування звіту по НДР	5	6	6	1	2	7
Разом за виконавцями теми	18	22	23	4	7	39

Подальші розрахунки витрат на оплату праці проводиться за алгоритмом, зрозумілим із табл. 4.2.

Середньоденна заробітна плата за категоріями виконавців розраховується шляхом ділення їх посадового місячного окладу на 21,2 (де 21,2 – усереднене число робочих днів за місяць). Згідно з розпорядженням президії національної академії наук України №232 від 18 квітня 2016р. посадові оклади працівників нараховуються виходячи із займаної посади і наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Розрахунок витрат на оплату праці

Посада виконавців теми	Планова трудомісткість, люд-днів	Заробітна плата, грн		
		Посадовий місячний оклад	Середньоденна зарплата	Усього за виконавцями
1. Провідний науковий співробітник	18	5141	242,5	4365
2. Старший науковий співробітник	22	4673	220,4	4848,8
3. Молодший науковий співробітник	23	3535	166,7	3838,1
4. Інженер	4	2442	115,2	460,8
5. Лаборант	7	2044	96,4	674,8
6. Студент	39	1732	81,7	3186,3
Разом оплата праці з теми				17373,8

4.2.2 Відрахування на соціальні заходи. До цієї статті витрат належать виплати у вигляді єдиного соціального внеску (ЄСВ), який складається з пенсійного страхування, страхування на випадок тимчасової втрати працездатності, страхування пов'язане з виникненням нещасних випадків на виробництві. Розмір ЄСВ складає 37,26%, що становить 6506,42 грн. від загальних витрат на оплату праці.

Базою вказаного нарахування слугують загальні витрати на оплату праці по темі НДР (табл.4.2).

4.2.3 Обладнання, необхідне для проведення досліджень. В даній статті враховують вартість усіх видів матеріалів, необхідних для проведення НДР, з вирахуванням вартості зворотних відходів.

Тематика дослідницьких робіт, які виконуються на факультеті комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, передбачає використання, перш за все, програмного забезпечення, комп'ютерів для опрацювання моделювання, опрацювання результатів та формування матеріалів звітності, оргтехніки та інші.

Розрахунки зведено за формою у табл.4.3

Таблиця 4.3

Розрахунки витрат на обладнання

Найменування обладнання	Одиниця виміру	Кількість	Ринкова ціна за одиницю, грн	Сума, грн.
1. ПК (системний блок, монітор, клавіатура, мишка, кабель живлення)	шт	1	11900	11900
Загальні витрати на матеріали				11900

4.2.4 Енергоносії для проведення досліджень. При виконанні НДР по темі дослідження електроенергія використовується для освітлення, живлення медобладнання, комп'ютерної техніки та оргтехніки. Витрати на електроенергію обчислюються за формулою 5.1:

$$Z_{cm} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot C_i \quad (4.1)$$

де P_i – витрати i -го виду матеріального ресурсу, натуральні одиниці;

C_i – ціна за одиницю i -го виду матеріального ресурсу, грн.;

k_i – коефіцієнт використання потужності i -го виду матеріального ресурсу;

t_i – час роботи i -го виду матеріального ресурсу;

i – вид матеріального ресурсу;

n – кількість видів матеріальних ресурсів.

Для проведення НДР використовується електрообладнання, тому необхідно розрахувати витрати на електроенергію, які проводяться за формулою (4.1). Дані та результати розрахунку наведено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Паспортна потужність, Вт	Коефіцієнт використання потужності	Час роботи обладнання для розробки АІС, год	Ціна електроенергії, грн/ (кВт/год)	Сума, грн.
ПК (системний блок, монітор, клавіатура, мишка, кабель живлення)	370	0,25	110	1,57	15,97
Лампи розжарювання (освітлення)	100	0,85	50	1,57	6,67
РАЗОМ витрати на електроенергію					22,64

4.2.5 Витрати на службові відрядження. Дані витрати складаються із фактичних витрат на службові відрядження для штатних працівників.

Витрати на відрядження складаються із фактичних витрат штатних працівників, зайнятих виконанням НДР: витрат на проїзд до місця відрядження і назад; витрат

на проживання у готелі; добових витрат, які розраховуються на кожний день перебування у відрядженні, враховуючи час перебування в дорозі та деякі інші. Під час виконання НДР здійснюються ряд відряджень, які пов'язанні із доповідями на конференціях, які наведено у таб. 4.5.

Таблиця 4.5

Приблизні витрати на службові відрядження

Тип відрядження	Кількість	Приблизна вартість відрядження
Конференція	3	800
Здача звітів НДР	1	500
Впровадження результатів НДР	4	900
Всього	–	2200

4.2.6. Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми. Планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі складається на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних (табл.4.6).

Таблиця 4.6

Планова калькуляція кошторисної вартості НДР

Найменування статей витрат	Сума, грн.	Обґрунтування
1	2	3
1.Витрати на оплату праці	17373,8	Відповідно до розрахунків
2.Відрахування на соціальні заходи	6506,42	Відповідно до діючих загальнодержавних нормативів
3.Обладнання для проведення досліджень	11900	Відповідно до розрахунків
4.Енергоносії для проведення досліджень	22,64	Відповідно до розрахунків
5.Витрати на службові відрядження	2200	Відповідно до розрахунків

Продовження таблиці 4.6

1	2	3
6.Інші невраховані прямі витрати по темі	3800,2	10% від суми прямих розрахованих витрат по темі
7.Кошторисна вартість теми	41803,06	Сума попередніх статей

Кінцевим результатом науково-дослідних робіт є досягнення наукового, науково-технічного, економічного, соціального, екологічного та інших ефектів.

Науковий ефект від виконання теми передбачає приріст наукових знань у певній сфері науки, а науково-технічний ефект характеризує можливість використання цих наукових знань в інших наукових напрямках та при розробці принципово нових технічних рішень. Економічний ефект відображає потенціал НДР в досягненні кращого співвідношення результатів виробництва до витрат і має прогностичний характер. Соціальний ефект заводить до збільшення числа робочих місць, поліпшення умов праці та побуту, скорочення тривалості робочого тижня, розвитку охорони здоров'я, науки, культури, освіти. Екологічний ефект полягає в поліпшенні стану навколишнього середовища, зменшенні електромагнітного та іонізуючого випромінювання, тощо.

4.3. Науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи

Економічна оцінка фундаментальних та пошукових НДР визначається на основі наукового та науково-технічного ефектів, який враховує результати наукових досліджень та їх значущість для прискорення науково-технічного прогресу та розвитку національної економіки. Оскільки економічна оцінка таких досліджень у вартісному вимірі, як правило, неможлива, бо ймовірність доведення результатів таких досліджень до конкретного практичного застосування невелика.

Науковий та науково-технічний ефект рекомендується оцінювати коефіцієнтом науково-технічної ефективності за допомогою формули (4.2):

$$E_{\text{нт}} = \frac{\sum B_i \cdot B_{ij}}{\sum B_i \cdot B_{ij}^{\text{max}}} , \quad (4.2)$$

де B_i – нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів науково-технічної ефективності (табл. 4.7);

B_{ij} – середнє значення балу, який виставляється експертами і-му фактору;

B_{ij}^{max} – максимально можливе значення балу (табл. 4.8);

i – порядковий номер фактору;

j – відповідна характеристика і-го фактора.

Нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів науково-технічної ефективності наведені в табл. 4.7.

Таблиця 4.7

**Нормативні значення коефіцієнтів вагомості факторів
науково-технічної ефективності**

Фактори (i)	Коефіцієнти вагомості (B_i)
1.Новизна очікуваних або одержаних результатів	0,25
2.Глибина наукового опрацювання	0,16
3.Ступінь ймовірності успіху	0,09
4.Перспективність використання результатів	0,25
5.Масштаб можливої реалізації результатів	0,15
6.Завершеність одержаних результатів	0,10
Разом	1,00

Характеристика факторів науково-технічної ефективності НДР наведена в табл. 4.8.

Характеристика факторів науково-технічної ефективності НДР

Фактор наукової та науково-технічної ефективності	Характеристика фактора	Оцінка фактора	
		Якісна	Бальна A_{ij}^{\max}
1	2	3	4
1.Новизна одержаних або передбачуваних результатів	Одержані принципово нові результати, раніше невідомі в науці, розроблена нова теорія, відкрита нова закономірність	Висока	10
	Встановлені деякі часткові закономірності, методи, способи, які дозволяють створити принципово нові види техніки	Середня	7
	Позитивне вирішення поставлених задач на підставі простих узагальнень, аналіз зв'язків між факторами, розповсюдження відомих наукових принципів на об'єкти	Недостатня	3
	Опис окремих елементарних фактів, передача та поширення отриманих раніше результатів, реферативні огляди	Тривіальна	1
2.Глибина наукового опрацювання	Проведена значна кількість експериментів по нетрадиційним методикам, виконані складні теоретичні розрахунки, підтверджені експериментальними даними	Істотна	10
	Проведена обмежена кількість розрахунків по відомим методикам, виконані теоретичні розрахунки невисокої складності, частково перевірені експериментальними даними	Середня	5
	Проведена недостатня кількість експериментів, виконані прості теоретичні розрахунки без експериментальної перевірки	Несуттєва	1
3.Ступінь ймовірності успіху	Висока ймовірність повного вирішення поставлених задач НДР	Значна	10
	Середня ймовірність вирішення більшості експериментальних або теоретичних задач	Помірна	7
	Низька ймовірність вирішення поставлених задач, отримання позитивних результатів сумнівне	Незначна	1

Продовж. табл. 4.8

1	2	3	4
4.Масштаб використання результатів	Результати можуть бути використані в багатьох наукових напрямках, мають значення для розвитку суміжних наук	Широкий	10
	Результати можуть бути використані в конкретному науковому напрямку при розробці нових технічних рішень, спрямованих на суттєве підвищення продуктивності суспільної праці	Достатньо широкий	9
	Результати будуть використані при проведенні наступних НДР, при розробці нових технічних рішень в конкретній галузі	Достатній	6
5.Ступінь реалізації результатів	Строк впровадження, роки: До 2	Висока	10
	До 4	Середня	6
	До 6	Достатня	3
6.Завершення одержаних результатів	Авторське свідоцтво, стаття в фаховому виданні, методика, інструкція, класифікатор, стандарти, нормативи.	Висока	10
	Технічне завдання на прикладну НДР	Середня	8
	Рекомендації, розгорнутий аналіз, пропозиції	Достатня	6
	Огляд, інформаційне повідомлення	Достатня	5

Кількісна оцінка факторів науково-технічної ефективності НДР здійснюється експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне. Отримані результати зводять за формою табл. 4.9.

Таблиця 4.9

Результати розрахунків науково-технічної ефективності НДР

Фактори науково-технічної ефективності	Характеристика фактора	Розрахунок B_{ij}			B_{ij}^{\max}
		Експертні оцінки		B_{ij}	
		1	2		
1	2	3	4	5	6
1.Новизна очікуваних або одержаних результатів	Встановлені деякі часткові закономірності, методи, способи, які дозволяють створити принципово нові види техніки	5	5	5	10

Продовження таблиці 4.9

1	2	3	4	5	6
2.Глибина наукового опрацювання	Проведена обмежена кількість розрахунків по відомим методикам, виконані теоретичні розрахунки невисокої складності, частково перевірені експериментальними даними	6	6	6	10
3.Ступінь ймовірності успіху	Середня ймовірність вирішення більшості експериментальних або теоретичних задач	6	6	6	10
4.Перспективність використання результатів	Результати можуть бути використані в конкретному науковому напрямку при розробці нових технічних рішень, спрямованих на суттєве підвищення продуктивності суспільної праці	8	8	8	10
5.Масштаб можливої реалізації результатів	До 2 років	10	10	10	10
6.Завершеність одержаних результатів	Рекомендації, розгорнутий аналіз, пропозиції	7	7	7	10

Розраховане за виразом 4.2 значення буде відображати рівень наукової та науково-технічної ефективності конкретної теми фундаментального чи пошукового дослідження:

$$E_{нт} = \frac{0.25 \cdot 5 + 0.16 \cdot 6 + 0.09 \cdot 6 + 8 \cdot 0.25 + 10 \cdot 0.15 + 7 \cdot 0.1}{1 \cdot 10} = 0,673$$

Загальну оцінку магістерської НДР можна здійснити, користуючись даними табл. 4.10.

Таблиця 4.10

**Загальна оцінка наукової та науково-технічної ефективності
фундаментальних та пошукових НДР**

Загальна оцінка наукової та науково-технічної ефективності		Можливі рекомендації по результатам виконання НДР
Розраховане значення $E_{нт}$	Загальна якісна оцінка ефективності	
0,91-1,00	Відмінно	Оформлення авторського свідоцтва, публікація у фаховому виданні, продовження досліджень по даній тематиці
0,76-0,90	Дуже добре	
0,61-0,75	Добре	Рекомендації можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів
0,36-0,60	Достатня	Переглянути технічне завдання у разі продовження досліджень по даній темі
Менш 0,35	Незадовільна	Здійснити всебічний аналіз отриманих результатів по темі

4.4. Висновки до розділу 4

У розділі на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі НДР становить 41803,06 грн.. Кількісна оцінка науково-технічної ефективності науково-дослідної роботи, яка здійснювалася експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначалася як середньоарифметичне від всіх експертних оцінок, складає 0,673 від максимального числа 1, а тому рекомендації по результатах виконання НДР можуть бути сформульовані лише після ретельного аналізу отриманих даних.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Охорона праці

Оскільки в даній дипломній роботі магістра розглядаються методи та засоби передавання інформації в системі “Цифрова лікарня”, тому важливим є дотримання правил охорони праці, техніки безпеки та протипожежної безпеки працюючих в установах охорони здоров'я. На таких працівників впливають досить часто такі самі фактори, що і в багатьох інших галузях, але, поряд з тим, необхідно враховувати ще й особливості професійної діяльності, зокрема, використання, крім суто біомедичних приладів та апаратів, ще й комп'ютерної техніки.

Необхідно враховувати той факт, що деякі групи медичних працівників у процесі виконання своїх професійних обов'язків можуть піддаватися впливу багатьох факторів, небезпечних для здоров'я, наприклад, іонізуюче випромінювання рентгенівського випромінювання та ін. Згідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, затвердженою наказом МОЗ від 08.04.2014 р. № 248, зареєстрованим в Мін'юсті 06.05.2014 р. за № 472/25249, шкідливі умови праці це умови, що характеризуються такими рівнями шкідливих виробничих факторів, які перевищують гігієнічні нормативи та здатні чинити несприятливий вплив на організм працівника та/або його нащадків.

Тому, при формуванні інструкцій з охорони праці, техніки безпеки та протипожежної безпеки при роботі з використанням системи “цифрова лікарня” необхідно враховувати специфіку кожного відділу, приміщення, а також особливості впливу виробничих факторів на виконання професійних обов'язків. Така інструкція розробляється на основі ДНАОП 0.00-8.03-93 "Порядок опрацювання та затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві", ДНАОП 0.00-4.15-98 "Положення про розробку інструкцій з охорони праці", ДНАОП 0.00-4.12-99 "Типове положення про навчання з питань

охорони праці", НПАОП 85.11-1.10-84 "Правила з техніки безпеки при експлуатації виробів медичної техніки в установах охорони здоров'я. Загальні вимоги", також обов'язковим є проведення атестації робочих місць [36].

Атестація робочих місць за умовами праці проводиться згідно з Порядком проведення атестації робочих місць за умовами праці, затвердженим постановою Кабінету міністрів України від 01.08.92 №442 (зі змінами) та Методичними рекомендаціями, затвердженими постановою Мінпраці України від 1.09.92 р. №41 та Головним державним санітарним лікарем України 1.09.92р. [36].

Відповідно до листа Міністерства соціальної політики України від 12 серпня 2014 року № 356/13/116-14, враховуючи особливий характер праці медичних працівників установ охорони здоров'я, при проведенні атестації робочих місць у таких установах застосовується «Інструкція проведення атестації робочих місць в установах охорони здоров'я і соціального забезпечення», згідно з якою атестація відповідних робочих місць (для робочих місць розділу XIX Списку №1 і розділу XXIV Списку №2) проводиться комісійно, без проведення санітарно-гігієнічних досліджень [36]. При цьому наказом по установі затверджується склад і повноваження атестаційної комісії згідно пункту 4 Порядку №442. До складу комісії включається уповноважений представник виборного органу первинної профспілкової організації, а в разі відсутності профспілкової організації – уповноважена найманими працівниками особа.

Атестаційна комісія, на кожне робоче місце або на групу аналогічних робочих місць визначає характерні шкідливі фактори, які впливають на працюючого, час роботи в цих умовах (тривалість дії факторів на протязі робочого часу) та складає протокол. Для визначення характеру виконуваних робіт використовують Довідник кваліфікаційних характеристик професій працівників, випуск 78 «Охорона здоров'я», затверджений наказом МОЗ України від 29.03.2002 р. №117 а також посадові інструкції [36].

Отже, на підставі складеного протоколу атестаційна комісія приймає рішення про підтвердження або не підтвердження права на пільгове пенсійне забезпечення згідно вимог списків №1 і №2, затверджених постановою Кабінету Міністрів

України від 24.06.2016 №461 «Про затвердження списків виробництв, робіт, професій, посад і показників, зайнятість в яких дає право на пенсію за віком на пільгових умовах» (із змінами) [36].

Атестаційна комісія повинна обов'язково враховувати наявність робіт, посад і показників у Списках №1 і №2 та зайнятість працівників повний робочий день на роботах, визначених Списками №1 і №2.

Так, основним критерієм для вирішення питання щодо пільгового пенсійного забезпечення медичних працівників, професії (посади) яких передбачені розділом XXIV. «Охорона здоров'я та соціальна допомога» Списку №2, є безпосереднє обслуговування хворих впродовж повного робочого дня (не менше ніж 80%) , установленого для таких професій, посад.

Відповідальність за своєчасне та якісне проведення атестації покладається на керівника підприємства, організації (абзац 2 п .4 Порядку №442).

Необхідно зауважити, що за невиконання вимог інструкції з охорони праці, техніки безпеки та протипожежної безпеки працівник несе дисциплінарну, матеріальну, адміністративну та кримінальну відповідальність.

За результатами атестації робочих місць в установах охорони здоров'я, зокрема і тих, де запроваджуватиметься система “цифрова лікарня”, можуть бути встановлені пільги і компенсації за роботу із шкідливими та важкими умовами праці, а також обґрунтована необхідність вживання заходів, щоб поліпшення умов праці.

5.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.2.1. Організація оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях техногенного та природного характеру.

У разі загрози та виникнення НС, одним з ефективних заходів захисту, що мінімізує втрати серед населення є проведення оповіщення і забезпечення зв'язком населення у НС.

Система оповіщення - комплекс організаційно-технічних заходів, апаратури і технічних засобів оповіщення, апаратури, засобів та каналів зв'язку, призначених

для своєчасного доведення сигналів та інформації про виникнення надзвичайних ситуацій до центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій та населення

Порядок організації оповіщення і зв'язку визначений у Положенні про організацію оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях затвердженому постановою Кабінету Міністрів України №733 від 27 вересня 2017 року.

Оповіщення - доведення сигналів і повідомлень органів управління про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій (аварій, катастроф, епідемій, пожеж тощо) до центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій та населення

Оповіщення організовується підрозділом з питань ЦЗ у складі місцевого органу виконавчої влади за схемою, яка затверджується керівником відповідного рівня.

Оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій забезпечується шляхом:

- 1) функціонування загальнодержавної, територіальних, місцевих автоматизованих систем централізованого оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій, спеціальних, локальних та об'єктових систем оповіщення;
- 2) централізованого використання телекомунікаційних мереж загального користування, у тому числі мобільного (рухомого) зв'язку, відомчих телекомунікаційних мереж і телекомунікаційних мереж суб'єктів господарювання в порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України, а також мереж загальнонаціонального, регіонального та місцевого радіомовлення і телебачення та інших технічних засобів передавання (відображення) інформації;
- 3) автоматизації процесу передачі сигналів і повідомлень про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій;
- 4) функціонування на об'єктах підвищеної небезпеки автоматизованих систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення;
- 5) організаційно-технічної інтеграції різних систем централізованого оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій та автоматизованих систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення;

б) функціонування в населених пунктах, а також місцях масового перебування людей сигнально-гучномовних пристроїв та електронних інформаційних табло для передачі інформації з питань цивільного захисту.

Порядок оповіщення визначається з урахуванням структури державного управління, характеру і рівня надзвичайних ситуацій, наявності і місця розташування сил, які можуть залучатись до ліквідації наслідків НС.

Система оповіщення ЦЗ складається із загальнодержавної, територіальних і спеціальних систем централізованого оповіщення; локальних та об'єктових систем оповіщення, систем циркулярного виклику.

У системі централізованого оповіщення можуть використовуватись апаратура і технічні засоби оповіщення ЦЗ, канали та засоби зв'язку, мережі радіомовлення і телебачення (канали звукового супроводження) центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій, мережі зв'язку яких входять до єдиної національної системи зв'язку (ЄНСЗ).

Ці системи забезпечують оповіщення та подальше інформування:

1. чергових служб міністерств та інших центральних органів виконавчої влади по службових телефонах;
2. чергових служб місцевих органів виконавчої влади;
3. чергових аварійно-рятувальних служб;
4. сил цивільного захисту;
5. населення, яке знаходиться у зоні ураження.

З метою виявлення загрози або факту виникнення НС, оперативного залучення сил і засобів суб'єктів реагування для ліквідації небезпечних проявів НС, збереження життя та здоров'я людей, мінімізації можливих матеріальних втрат організовується повсякденне взаємоінформування та встановлюється порядок оповіщення.

Інформація до оперативно-чергової служби ДСНС України про загрозу або виникнення НС, її можливі наслідки подається підрозділом з питань НС місцевого органу виконавчої влади у порядку взаємодії, встановленому ДСНС, а черговими (диспетчерськими) службами територіальних органів управління або підрозділів центральних органів виконавчої влади, а також підприємств, установ, організацій у

порядку і терміни, які визначаються Регламентом інформаційного обміну з питань НС.

5.2.2. Шкідливі та небезпечні фактори на виробництві та захист від них працюючих в цифровій лікарні.

Чинники професійної шкідливості медичного персоналу різного профілю можна класифікувати так:

Фізичні: рентгенівське випромінювання, радіонукліди, ультразвук, ультрафіолетове випромінювання, лазерне (когерентне) випромінювання, струми і поля НВЧ, УВЧ, ВЧ, підвищений тиск, високі температури, аерозолі, шум апаратів і приладів. Ці чинники можуть викликати: променеви хворобу, місцеві променеві ураження; вегетативно-судинну дистонію, астенічний, астеновегетативний, гіпоталамічний синдроми, місцеві пошкодження тканин лазерним випромінюванням, вегетативно-сенсорну поліневропатію рук, катаракту; новоутворення, пухлини шкіри, лейкози. НВЧ-випромінювання несприятливо впливає на кров (сантиметровий і міліметровий діапазони), серцево-судинну систему (поля міліметрового діапазону), на центральну і периферичну нервову систему, зокрема, викликає амнезуючий ефект (дециметрові хвилі).

Хімічні: величезний арсенал продукції хімічної і фармацевтичної промисловості – анестетики; антибіотики; гормони; наркотичні речовини, особливо інгаляційного шляху введення в організм, різні дезінфікуючі речовини, консервовані засоби і різні лікарські препарати, органічні розчинники, кислоти і луги.

Найнесприятливішим чинником виробничого середовища медпрацівників є забруднення повітря робочих приміщень аерозолями лікарських речовин, дезінфікуючих і наркотичних засобів, які в десятки разів можуть перевищувати допустимі санітарні норми в приміщеннях аптек, операційних, процедурних кабінетах та інших виробничих приміщеннях медичних установ. Забруднення повітря робочих приміщень лікарськими речовинами, особливо антибактеріальними препаратами, протипухлинними препаратами може бути причиною розвитку у медичних працівників алергічних захворювань, токсичних

уражень, професійних дерматозів, дисбактеріозу; є дані, що свідчать про прояви шкідливої дії цитостатиків. Протипухлинні антибіотики є причинно-значущими алергенами для розвитку професійних дерматозів у осіб, що контактують з ними. Концентрація ефіру в крові анестезіолога під час операції всього в 1,5-3 рази нижче, ніж у оперованих. Багато лікарських речовин одночасно є промисловими отрутами, наприклад, камфора, бром, йод, миш'як, нітрогліцерин та інші, тобто за певних умов можуть викликати гострі і хронічні інтоксикації. Причиною професійних алергозів можуть стати не тільки лікарські препарати, але і хімічні реагенти, дезинфікуючі і миючі засоби, а також латекс, що міститься в рукавичках, одноразових шприцах, інфузійних системах. У персоналу хіміотерапевтичних відділень виявлений високий рівень захворювань шлунково-кишкового тракту, випадки екземи, облісіння, також виявлена залежність гематологічних зрушень від стажу роботи з хіміопрепаратами.

Біологічні: мікроорганізми; віруси; найпростіші; гриби; гельмінти; паразити.

Біологічні чинники професійної шкідливості у медичного персоналу різного профілю хоч і менш різноманітні, зате вагоміші і значущі, оскільки їх дія настає значно швидше і більш виражена.

До численної групи професійних хвороб медичних працівників від дії біологічних чинників відносяться інфекційні і паразитарні захворювання, із збудниками яких працівники контактують під час роботи: туберкульоз, токсоплазмоз, вірусний гепатит, мікози шкіри, сифіліс, ВІЛ-інфекція. Дисбактеріоз, кандидомікоз шкіри і слизових оболонок, вісцелярний кандидоз розвиваються при контакті медпрацівників в процесі виробничої діяльності з інфекційними хворими або інфікованими матеріалами, грибами-продуцентами, антибіотиками (робота в амбулаторних і стаціонарних медичних установах, аптеках, бактеріологічних лабораторіях, на підприємствах мікробіологічної медичної промисловості і ін.).

Нервово-емоційні: інтелектуальна напруга; емоційна напруга; зосередження уваги, пам'яті; необхідність ухвалювати рішення в екстремальній ситуації; необхідність зберігати високу працездатність при змінній роботі; робота з трупним матеріалом.

Робота медичних працівників супроводжується великими нервово-психічними навантаженнями, пов'язаними з відповідальністю за життя хворих, необхідністю терміново ухвалювати рішення, великою кількістю стресових ситуацій, контактом з хворими нервовими і психічними захворюваннями, психогенною дією в зв'язку з несприятливим результатом лікування, що призводить до значної напруги емоційних і інтелектуальних сил. Значна втомлюваність, яка розвивається в процесі напруженої праці, негативно впливає на функціональний стан центральної нервової, вегетативної, серцево-судинної та інших систем. Робота медичного працівника для його психічного здоров'я представляє в 2,5-3,0 рази більший ризик, ніж в інших професіях соціальної сфери. Психоемоційні навантаження на фоні хронічної перевтоми сприяють виникненню преморбідних (початкових хворобливих) станів і соматичних захворювань.

Висновок:

У разі виникнення загрози чи надзвичайної ситуації, щоб мінімізувати втрати серед населення потрібно максимально швидко та ефективно сповістити відповідні служби для ліквідації загрози.

Для того щоб не було загрози роботі медичних працівників та лікуванню пацієнтів, потрібно щоб медичний заклад відповідав всім санітарним нормам, також працівники повинні дотримуватись цієї дисципліни, інакше, лікування може перевернутись в ще більшу загрозу для життя.

РОЗДІЛ 6

ЕКОЛОГІЯ

6.1. Екологічна ситуація в Україні

Згідно з дослідженнями українських вчених, найбільшу шкоду навколишньому середовищу спричиняють транспорт, промисловість, енергетика та сільське господарство. Тому питання про впровадження природозберігаючих технологій у цих сферах життєдіяльності стоїть особливо гостро.

Протягом усіх минулих років питання забезпечення екологічної безпеки в Україні багато декларувалися, але реально не вирішувалися на рівні державного керівництва. Найочевиднішим прикладом є стан Дніпра в міській смузі столиці: головна водна артерія в буквальному сенсі перетворюється на болото. Скрізь можна спостерігати одну й ту саму тенденцію – екологічні проблеми накопичуються та консервуються. А чиновники незмінно оперують тезою про відсутність належних коштів в держбюджеті/місцевих бюджетах на вирішення цих проблем.

Транспорт належить до головних забруднювачів атмосферного повітря, водоймищ і ґрунтів. Відбувається деградація екосистем під впливом транспортних забруднень, особливо інтенсивно на урбанізованих територіях. Гостро стоїть проблема утилізації і переробки відходів, що з'являються при експлуатації транспортних засобів. Для потреб транспорту у великій кількості споживаються природні ресурси. Вихлопні гази автомобілів містять більш ніж 200 хімічних сполук-продуктів згорання палива, більшість з яких токсичні.

Не менш небезпечним забруднювачем оточуючого середовища є промислові відходи. В Україні основним джерелом утворення відходів є підприємства гірничо-промислового, хіміко-металургійного, машинобудівного, паливно-енергетичного, будівельного, агропромислового комплексів, а також комунальне господарство. Найтоксичнішими серед них є відходи, що містять важкі метали, нафтопродукти, непридатні для застосування отрутохімікати (пестициди), основна маса яких утворюється в Донецькій та Дніпропетровській областях. Під сховищами токсичних відходів перебуває майже 20 тис.га земель. Це сміття звозиться на

звалища, переважна більшість яких є джерелом інтенсивного забруднення води і повітря.

Як свідчать статистичні данні, приблизно 80% всіх шкідливих видів у повітря - наслідок енергетичних процесів (добування, переробка й використання енергоресурсів). Особливо шкідливими є викиди сполук сірки в районах металургійних заводів. Сполучаючись з парами води в атмосфері, триоксид сірки утворює сірчану кислоту, суспензії якої є дуже небезпечними. У викидах ТЕЦ небезпечні також оксиди важких металів, фтористі сполуки, бензоперен, що відносяться до канцерогенних речовин. АЕС разом із електроенергією виробляють велику кількість надзвичайно небезпечних речовин.

Основними негативними наслідками сільськогосподарської діяльності людини є збідніння і виснаження родючих українських чорноземів, промислове забруднення ґрунтів та інтенсивне освоєння цілинних земель, широке розповсюдження монокультур, застосування азотних і нітратних мінеральних добрив.

Всі вище зазначенні чинники згубно впливають на екологічну ситуацію в Україні і викликають такі негативні наслідки як парниковий ефект, кислотні дощі, руйнування озонового шару. У разі подальшого зберігання подібного стану речей наша держава ризикує скотитися в плані екологічної безпеки для життя людей на рівень африканських країн. Тому ключове завдання активістів екологічних організацій та громадськості - тримати основні екологічні проблеми в фокусі суспільної уваги, добиватися від керівництва держави реального покращення ситуації з охороною навколишнього середовища.

6.2. Гости і стандарти на монітори і ПЕОМ

Існує низка вимог щодо нормування параметрів моніторів і ПЕОМ які відображені в міжнародних і вітчизняних стандартах.

Що до ПЕОМ їх регламентують “Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин” ДСанПІН 3.3.2.007-98. Ці правила регламентують:

- 1) Вимоги до виробничих приміщень для експлуатації ВДТ ЕОМ та ПЕОМ;
- 2) Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища приміщень з ВДТ ЕОМ та ПЕОМ;
- 3) Гігієнічні вимоги до організації і обладнання робочих місць з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ;
- 4) Вимоги до режимів праці і відпочинку при роботі з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ;
- 5) Вимоги до профілактичних медичних оглядів.

Також визначають:

- 1) Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску;
- 2) Норми мікроклімату для приміщень з ВДТ ЕОМ та ПЕОМ;
- 3) Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ВДТ ЕОМ та ПЕОМ;
- 4) Санітарні норми вібрації категорії 3 технологічної типу "в";
- 5) Допустимі параметри електромагнітних неіонізуючих випромінювань і електростатичного поля.

Джерелом практично усіх видів електромагнітного випромінювання (радіації) є монітор. У залежності від впливу на об'єкт, ці випромінювання, бувають іонізуючими і неіонізуючими. До іонізуючого відноситься рентгенівське випромінювання, що широко використовується в медицині, до неіонізуючих - електромагнітне поле (випромінювання) наднизької і низької частоти.

Іонізуюче випромінювання, впливаючи на об'єкт, зокрема, на клітки людини, викликає їхнє ушкодження за рахунок утворення іонів. Ці ушкодження можуть бути летальними, коли клітка гине, і сублетальними, коли клітка виживає, але інформація, "зашита" у неї, псується. Такі клітки можуть бути джерелом виникнення рака.

Електромагнітні випромінювання наднизької частоти не мають здатність викликати іонізацію, а, відповідно, і мутації. Їхня дія на живу клітку мало вивчено, однак відомо, що вони за відносно короткий термін впливу (10-15 років) не приводять до виникнення злоякісних пухлин. Існує величезна кількість досліджень електромагнітного поля наднизької частоти, одні з яких доводять, що цей вид випромінювання шкідливий для здоров'я, а інші - зворотне. Усі роботи, що доводять

шкоду електромагнітного поля наднизької частоти, спираються на епідеміологічні дані. Це означає, що тут можуть бути неточності, не виключені впливи інших факторів. Конкретного, що ушкоджує механізму впливу електромагнітного поля наднизької частоти ніхто не знає.

Одним словом, дії електромагнітних випромінювань, можна усі поділити в такий спосіб: іонізуючі випромінювання, такі, як рентгенівське, при визначеній дозі опромінення можуть викликати виникнення злоякісних пухлин. Електромагнітні поля наднизької частоти не представляють погрози для здоров'я людини, однак, у силу того, що їхня дія мало вивчене, рекомендується зменшити чи звести до мінімуму з ними зустріч.

Рентгенівське випромінювання, що виходить від монітора, мізерно мало і порівнянно з природним радіаційним тлом. Це означає те, що чи сидите ви поруч з дисплеєм чи гуляєте по вулиці - дозу ви одержите приблизно ту саму. Виключення складають браковані монітори, уберегтися від яких можна, вибираючи відому марку, у відомого постачальника й у відомому магазині. Хоча ніхто не буде проти, якщо ви прийдете в магазин разом з лічильником і поррахуєте мікрорентгени в годину.

Одним з перших стандартів є MPR I, що був розроблений Шведським департаментом стандартів у 1987 році. Понад три роки вийшов MPRII, що був прийнятий у країнах західної Європи за основний стандарт (ISO). Шведська конфедерація професійних союзів (ТСО), що має у своїх рядах більш півтора мільйонів працівників, вирішила посилити цей стандарт і запропонувала ТСО'92. Усі вимоги MPRII у відношенні передньої поверхні монітора були наближені з 50 до 30 див.

Існують і інші стандарти по електромагнітному випромінюванню, однак ТСО і MPR є найбільш розповсюдженими і визнаними більшістю виробників моніторів. У сучасних стандартах ТСО'95 і ТСО'99 вимоги до рівня електричних і магнітних полів не змінилися в порівнянні з ТСО'92.

Стандарт ТСО введений Шведською Конфедерацією Професійних Союзів (ТСО). У ТСО'92 припустимі рівні електромагнітного випромінювання більш тверді. Якщо

в МРІІ виміри вироблялися на відстані 50 см. від екрана, то в ТСО ті ж самі показники повинні бути на відстані 30 см. Якщо МРР залишається стандартом по електромагнітній безпеці, то ТСО на сьогоднішній день представляє універсальний стандарт, що регулює вплив усіх потенційно шкідливих факторів. У ТСО'95 і ТСО'99 представлені електромагнітні параметри, що не змінилися в порівнянні з ТСО'92, ергономічні, енергозберігаючі й екологічні.

У ергономічні параметри входять кольоровість, яскравість, лінійність символів, частота регенерації, розмір екрана, розмір зерна і багато чого іншого. Невідповідність якому-небудь параметру, так чи інакше, може приводити до погіршення якості роботи, шкідливому впливу на користувача, що обговорено в тексті стандарту.

Енергозберігаючі параметри до здоров'я прямого відношення не мають, на відміну від екологічних. Останні висувають вимоги до виробництва й утилізації монітора. Якщо поруч з будинком знаходиться неблагополучний в екологічному відношенні завод з виробництва моніторів, то електромагнітні випромінювання будуть останніми в списку шкідливих факторів, що впливають на користувача.

Що стосується політики ТСО, то можна відзначити, що ця організація завжди стоїть на принципах жорсткості стандартів. З появою нових даних досліджень ТСО відразу ж вносить корективи, що відбиваються в черговому варіанті стандарту. ТСО - це асоціація професійних союзів, що, на відміну виробників, завжди настроїна на адекватну жорсткість стандартів.

При покупці нового монітора можна діяти в такий спосіб. Якщо ви відчуваєте себе фахівцем, сідаєте за монітор, досліджуйте всі налаштування, переваги і недоліки, оцінюйте ті параметри, що вам необхідні в роботі. Що стосується безпеки, то мінімальним стандартом повинний залишатися МРІІ.

Таблиця 6.1.

Допустимі рівні випромінювання моніторів ПЕОМ:

Види поля	ТСО 92	МРР II	Нормативи України
-----------	--------	--------	-------------------

Електростатичне поле	± 500 В	+ 500 В	21,4 кВ/м
Змінне електричне поле: 5 Гц – 2 кГц, 2-400 кГц	10 В/м 1 В/м на відстані 0,3 м від центру екрану і 0,5 м навколо дисплея	25 В/М 2,5 В/м на відстані 0,5 м навколо дисплея	25 В/М 2,5 В/м на відстані 0,5 м від будь-якої поверхні відеомонітора
Змінне магнітне поле: 5 Гц – 2 кГц, 2-400 кГц	250 нТл, 200 мА/м 25 нТл, 20 мА/м на відстані 0,3 м від центру екрану і 0,5 м навколо дисплея	250 нТл, 200 мА/м 25 нТл, 20 мА/м на відстані 0,5 м навколо дисплея	250 нТл 25 нТл від будь-якої поверхні відеомонітору

Безпечні рівні випромінювань від моніторів. Рівні електромагнітних випромінювань моніторів, що вважаються безпечними для здоров'я, регламентуються нормами MPR II 1990:10 Шведського Національного Комітету з вимірювань і випробувань, які вважаються базовими, та жорсткіші норми TSO 92,95 Шведської конференції профспілок. Найбезпечнішими вважаються дисплеї зі встановленим захистом по методу замкнутого металевого екрану. Електричне і електростатичне поле вдається знизити до фонових значень вже на відстані 5...7 см від корпусу, а у поєднанні з системою компенсації магнітного поля така конструкція забезпечує максимальну безпеку для користувача.

Захисні фільтри. Якщо ЕПТ-монітори з маркуванням Low Radiation мають високий ступень захисту і не вимагають спеціальних дообладнання, то монітори старих моделей, як правило, випромінюють ЕМП, що представляє небезпеку для користувача. Щоб захистити себе від шкідливих дій, найправильнішим було б змінити морально застарілу за екологічними і ергономічними мірками техніку на сучасну, таку, що має знижений рівень побічних випромінювань. Але змінити увесь парк обчислювальної техніки доступно ще не всім. Найпростішим способом є використання вже готових конструктивних вузлів, що поставляються фірмами-виготовлювачами, – захисних фільтрів (ЗФ), призначених для установки на екран монітора. Розрізняють сітчасті, плівкові та захисні фільтри змішаного типу.

Найбільш високий ступінь захисту дозволяють забезпечити ЗФ класу Total Shield. Вони характеризуються коефіцієнтом захисту близько 1% (практично не дають відблисків), високим коефіцієнтом екранування електростатики 99,5%, коефіцієнтом поглинання ультрафіолету близько 98.99%, м'якого рентгенівського випромінювання – близько 95%, помітним коефіцієнтом екранування електромагнітного поля, у тому числі і на НЧ, підвищують контрастність зображення в півтора – двічі.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі розглянуто актуальну задачу дослідження методів та засобів передавання інформації в системі “цифрова лікарня” При цьому отримано такі основні результати:

1. Обґрунтовано, що впровадження новітніх технологій для діагностики, моніторингу та лікування пацієнтів, а також для комп’ютеризації медичних закладів передбачає зростання потоків інформації в системі “Цифрова лікарня”.
2. Встановлено, що дослідження методів та засобів передавання даних в системі «Цифрова лікарня» є актуальною задачею, оскільки для взаємодії між компонентами такої системи необхідно створити ефективну мережу передавання даних, врахувавши складність такої мережі та проблеми сумісності різних пристроїв в ній.
3. В результаті аналізу існуючих методів та засобів передавання інформації обґрунтовано використання стандарту бездротових мереж IEEE802.11ax для вирішення задачі побудови системи “цифрова лікарня”, який забезпечує як високу швидкість обміну інформацією в місцях з великою кількістю підключених біомедичних пристроїв із різною швидкістю обміну даних, так і можливість створення вузлів для об’єднання потоків від інших безпроводних технологій таких як Bluetooth, LPWAN та ZigBee.
4. Обґрунтовано, що застосування блокового шифру стандарту AES довжиною 128 чи 256 дає високий рівень захисту від зламу та забезпечує високу швидкість шифрування та дешифрування даних, оскільки апаратно підтримується багатьма пристроями.
5. Встановлено, що визначення достовірності безпроводного зв’язку потребує вибору чи побудови моделі каналу зв’язку, а також оцінки критерію достовірності передавання інформації.
6. Запропоновано методику визначення достовірності прийому сигналів Wi-Fi в системі “цифрова лікарня” та отримано характеристики достовірності засобами Matlab на базі критерію ідеального спостерігача.

7. Змодельовано канал зв'язку та здійснено оцінку достовірності вибраних методів та засобів передавання інформації в системі “цифрова лікарня”.

8. За отриманими характеристиками достовірності стандартів Wi-Fi для систем “цифрова лікарня”, встановлено, що найвищу завадостійкість мають стандарти, які використовують QPSK модуляцію, а найнижчу - стандарти, які використовують 1024-QAM модуляцію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Baker B. Internet of things for smart healthcare / Baker B.; XIANG, Wei; ATKINSON, Ian. // : Technologies, challenges, and opportunities. IEEE Access, 2017, 5: 26521-26544.
2. Wolgast G. Wireless body area network for heart attack detection [education corner]/ G. Wolgast, C. Ehrenborg, A. Israelsson, J. Helander, E. Johansson, H. Manefjord, // IEEE Antennas Propag. Mag., vol. 58, no. 5, pp. 84-92, Oct. 2016.
3. Yin Y. The Internet of Things in healthcare: An overview / Y. Yin, Y. Zeng, X. Chen, Y. Fan. // J. Ind. Inf. Integr., vol. 1, pp. 3-13, Mar. 2016, [online] Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452414X16000066>.
4. Dimitrov D. V. Medical Internet of Things and big data in healthcare. Healthcare Inform. Res., vol. 22, no. 3, pp. 156-163, Jul. 2016, [online] Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4981575/>.
5. B. Xu, L. D. Xu, H. Cai, C. Xie, J. Hu, F. Bu. Ubiquitous data accessing method in IoT-based information system for emergency medical services. IEEE Trans Ind. Informat., vol. 10, no. 2, pp. 1578-1586, May 2014.
6. Кошева Л. О. Стандарти передачі медичної інформації в телемедичних системах / Л. О. Кошева, О. С. Корпан, Є. О. Павлов // Системи обробки інформації. - 2013. - Вип. 2. - С. 255-258. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2013_2_59.
7. ТОП 5 прогнозів Інтернету речей (IoT) на 2019 рік [Електронний ресурс] // DEPS. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://deps.ua/ua/knowegable-base/reference-information/item/66852.html>.
8. Digital Hospital [Електронний ресурс] // Avalue Technology Inc.. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://m.avalue.com.tw/solutions/Healthcare/Digital-Hospital_17?fbclid=IwAR2ku2P2sl4UBHdxkSywnkjKL4Risz9T9ut-8Ob6CNU5vVupFA-bdN_mm2I.
9. IoT finds its way into hospitals [Електронний ресурс] // Paessler AG. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://www.paessler.com/iot/healthcare?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=ROW_EN_DSA_website_Categories&utm_adgroup=paessler%20ag&utm_a

[dnum=dsa_en_03&utm_campaignid=608925097&utm_adgroupid=28376597205&utm_targetid=dsa-160035998898&utm_customerid=739-203-2908&utm_location=1012865&gclid=CjwKCAiA_MPuBRB5EiwAHTTvMaL5Uox7XLwX5TMHbQJepH_K4NkxpZDrl6bzbObMp0De8wGWS0oBbRoC07wQAvD_BwE&fbclid=IwAR1Yob3_SQ86-lpvUOs8sXeG6ZPacmnUQnD8yfafAbcX61Zbe5UklbHHrUo](https://www.facebook.com/ads/?utm_campaign=dsa_en_03&utm_campaignid=608925097&utm_adgroupid=28376597205&utm_targetid=dsa-160035998898&utm_customerid=739-203-2908&utm_location=1012865&gclid=CjwKCAiA_MPuBRB5EiwAHTTvMaL5Uox7XLwX5TMHbQJepH_K4NkxpZDrl6bzbObMp0De8wGWS0oBbRoC07wQAvD_BwE&fbclid=IwAR1Yob3_SQ86-lpvUOs8sXeG6ZPacmnUQnD8yfafAbcX61Zbe5UklbHHrUo).

10. Інтернет речей у бізнес-середовищі: виклики для кібербезпеки [Електронний ресурс] // Eset. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://eset.ua/ua/news/view/669/Internet-veshchey-v-biznes-srede-vyzovy-dlya-kiberbezopasnosti>.

11. Таненбаум Э. Компьютерные сети. 4-е изд. [Текст]/ Э. Таненбаум. – СПб.: Питер, 2008. – 992 стр.

12. Gordon R. The hospital of the future [Електронний ресурс] / R. Gordon, M. Perlman, M. Shukla // Deloitte. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://www2.deloitte.com/ua/uk/pages/life-sciences-and-healthcare/articles/global-digital-hospital-of-the-future.html>.

13. Білостоцький Т.; Осухівська Г. М. Математичне моделювання передачі даних в комп'ютерних мережах. Матеріали II науково-технічної конференції „Інформаційні моделі, системи та технології“, 2012, 36.

14. Осухівська Г.; Лобур Т. Б., БІЛОСТОЦЬКИЙ, Т. Дослідження та моделювання інтернет-трафіку комп'ютерної мережі. Збірник тез доповідей XVI наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 2012, 58.

15. <http://www.techonline.com/electrical-engineers/education-training/tech-papers/4442856/802-11-ax-High-Efficiency-Wireless/viewpdf>

16. Макаренко В.В. Особенности стандарта беспроводной связи IEEE 802.11 ac (Wi-Fi) / Электронные компоненты и системы, №7, 2012. с. 28-35. - [http://www.ekis.kiev.Ua/UserFiles/Image/pdfArticles/V.Makarenko_STANDARD%20IEEE%20802.11ac%20\(Wi-Fi\)_EKIS_7_2012-3.pdf](http://www.ekis.kiev.Ua/UserFiles/Image/pdfArticles/V.Makarenko_STANDARD%20IEEE%20802.11ac%20(Wi-Fi)_EKIS_7_2012-3.pdf).

17. Макаренко В.В., Доля С.О. Особенности стандарта беспроводной связи IEEE 802.11 ad (WiFi) / Электронные компоненты и системы, №4-6, 2014. с.50-58. - http://www.ekis.kiev.ua/UserFiles/Image/pdfArticles/4-6_2014/V.Makarenko_IEEE_802.11_ad_EKIS_4-6_200-02-2.pdf.
18. А.Г. Кирьянов, А. И. Ляхов, Д. А. Михлина, Е. М. Хоров, И.А. Щелкина Проблемы создания IEEE 802.11ax — нового поколения сетей Wi-Fi / Информационные процессы, Том 16, № 1, 2016, стр. 1-12.
19. Типы фреймов сети стандарта IEEE 802.11. - <http://wi-life.ru/tehnologii/wi-fi/wi-fi-frames-management-control-data>.
20. Wi-Fi with 802.11 ax means unprecedented capacity and better efficiency. <https://www.qualcomm.com/products/features/80211ax>.
21. <http://www.ixbt.com/news/2017/02/14/qualcomm-ipq8074-qca6290-wi-fi-802-11ax.html>.
22. Жураковський Б.Ю. Основи теорії потенційної завадостійкості. Навч альний посібник підготовлено для самостійної роботи студентів вищих навчальних закладів / Б.Ю. Жураковський, О.Г. Варфоломєєва, М.Г. Твердохліб. – Київ: ДУТ ННІТІ, 2015. – 120 с.
23. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник для вузов. Изд. 2 е, переработанное и дополненное М.: «Советское радио».– 1971.– 672 ст.
24. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции в 3-х т. / Ван Трис Г. Пер. с англ. – Т. 1. Под ред. В. И. Тихонова. – М.: Сов. радио, 1972.– 744 с.
25. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы. 4-е изд. —М.: Радио и связь, 1986. —512 с.
26. Баскаков С. И. Радиотехнические цепи и сигналы. 2-е изд. —М.: Высш. шк., 1988. —448 с.
27. Тихонов В.И., Кульман Н.К. Нелинейная фильтрация и квазикогерентный прием сигналов. М.,— Сов. радио,— 1975.—704 с.
28. Айфичер Э., Джервис С., Барри У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2004. – 992 с., ил. – Парал. тит. англ.

29. Френкс Л. Теория сигналов. Нью-Джерси, 1969 г. Пер. с англ., под ред. Д. Е. Вакмана. – М.: Сов. радио, 1974. – 344 с.
30. Jackson, L.B. Digital Filters and Signal Processing. Third Ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1989.
31. Оппенгейм А.В., Шафер Р.В. Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ./ Под ред. С.Я. Шаца. – М.: Связь, 1979. – 416 с., ил.
32. Солонина А.И., Улахович Д.А., Яковлев Л.А. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов. – СПб.: БХВ – Петербург, 2001. – 464 с.: ил.
33. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 540 с., ил.
34. Букашкин С. А., Лисицын Г. Ф., Миронов В. Г. Применение цифровых процессоров обработки сигналов – магистральный путь развития современных средств телекоммуникаций // Сборник докладов 3-й межд. конф. “Цифровая обработка сигналов и её применение”. Т. 1.– Москва, 2000. – С. 3-4.
35. Корнеев В. В., Киселев А. В. Современные микропроцессоры. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
36. Куприянов М. С., Матюшкин Б. Д., Иванова В. Е. “Техническое обеспечение цифровой обработки сигналов”. – Санкт-Петербург “Наука и Техника”, 2000. – 752 с.

Додатки

Додаток А

Опубліковані тези конференції за темою дипломної роботи магістра

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

МАТЕРІАЛИ

VII НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»



11–12 грудня 2019 року

ТЕРНОПІЛЬ
2019

УДК 001
М34

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова: Лупенко Сергій Анатолійович – докт. техн. наук, професор.

Співголова: Баран Ігор Олегович – канд. техн. наук, доцент, декан факультету ФІС.

Науковий секретар: Семенишин Галина Мирославівна – старший викладач.

Члени: докт. фіз.-мат. наук, професор В. Кривень; докт. техн. наук, професор М. Приймак; канд. техн. наук, доцент, Г. Осухівська; докт. техн. наук, професор М. Карпінський; канд. пед. наук, доцент Ж. Баб'як; докт. фіз.-мат. наук, професор М. Петрик; канд. техн. наук, доцент Н. Загородна.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова: Скоренький Юрій Любомирович – канд. техн. наук, доцент.

Члени: канд. екон. наук, доцент І. Струтинська; канд. техн. наук, доцент Я. Кінах; асистент М. Стадник; асистент Н. Шаблій; ст. викладач Л. Джиджора.

Матеріали VII науково-технічної конфіції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, (Тернопіль, 11 – 12 грудня 2019 р.) – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 196 с.

Адреса оргкомітету: ТНТУ ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, вул. Руська, 56, 46001, тел. (0352) 52-41-33, факс (0352) 254983.

E-mail: conferencefis@gmail.com

Редагування, оформлення, верстка: Сіткар О.А.

СЕКЦІЇ КОНФЕРЕНЦІЇ, ЯКІ ПРЕДСТВЛЕНІ В ЗБІРНИКУ

- Математичне моделювання;
- Інформаційні системи та технології;
- Комп'ютерні системи та мережі;
- Програмна інженерія та моделювання складних розподілених систем;
- Новітні фізико-технічні та освітні технології.

В збірнику надруковано тези доповідей VII науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» (Тернопіль, 11 – 12 грудня 2019 р.) за такими науковими напрямками: математичне моделювання; інформаційні системи та технології; комп'ютерні системи та мережі; програмна інженерія та моделювання складних розподілених систем; новітні фізико-технічні та освітні технології.

Розрахований на науковців, викладачів та студентів вузів.

За зміст тез та дотримання норм академічної доброчесності відповідальність несе автор.

© Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019

СЕКЦІЯ 3. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ

УДК 004.057.4:614.2

В. Владика, Д. Величко, Г. Осухівська

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ В СИСТЕМІ «ЦИФРОВА ЛІКАРНЯ»

UDC 004.057.4:614.2

V. Vladyka, D. Velychko, H. Osukhivska

(Ternopil Ivan Puluj National Technical Universtiy, Ukraine)

DATA TRANSMISSION TECHNOLOGIES IN THE DIGITAL HOSPITAL SYSTEM

З кожним роком все більше і більше уваги приділяється питанням охорони здоров'я. Заклади охорони здоров'я намагаються надавати все якісніші послуги, використовуючи новітні інновації для діагностики, моніторингу та лікування пацієнтів, а також здійснюючи комп'ютеризацію всіх видів своєї діяльності. Цього можна досягти впроваджуючи систему «Цифрова лікарня».

В такій системі важливим є як отримання оперативної інформації про пацієнта та стан його здоров'я, даних від біомедичних приладів, так і здійснення комунікації між різними відділеннями, з метою спрощення документообігу, а також моніторинг та контроль за параметрами навколишнього середовища в операційних блоках, боксах, палатах та інших приміщеннях. Це передбачає суттєве зростання потоків інформації та взаємодії між компонентами системи, для яких необхідно створити ефективну мережу передавання даних, враховуючи складність такої мережі та проблеми сумісності пристроїв [1]. Тому актуальною задачею є дослідження методів та засобів передавання даних в системі «Цифрова лікарня».

Для вирішення такої задачі доцільно проаналізувати відомі методи, засоби та протоколи передавання даних і вибрати найвідповідніші, врахувавши специфіку системи. Гарантувати гнучкість взаємодії між компонентами системи «Цифрова лікарня» та здійснювати передавання таких зростаючих потоків інформації неможливо лише одним видом мережі. За таких умов необхідно використовувати як низько так і високошвидкісні проводові та безпроводні мережі.

Найпоширенішими серед яких є проводові: RS-485, Modbus, KNX, CAN, Industrial Ethernet, ANI, DPL 1000, та безпроводні: ZigBee, Z-wave, Bluetooth, WiFi, кожен з яких має певні переваги та недоліки, які варто врахувати.

ZigBee доцільно використати для автоматизації приміщень, створення індивідуального діагностичного медичного устаткування, моніторингу та керування, оскільки має високу завадостійкість, захищеність і низьке енергоспоживання, а також дозволяє реалізувати побудову Mesh мережі, забезпечуючи ти самим високу надійність зв'язку. Технологію Bluetooth - для передавання файлів невеликого об'єму, аудіо потоків, з'єднання двох або більше пристроїв між собою. Wi-Fi - для передавання файлів великих розмірів, мультимедійних об'єктів, відео, а також для доступу до Інтернету [2].

Серед проводових - зручні для застосування технології передавання даних лініями електропередачі, але вони мають низьку швидкість і обмежену кількість пристроїв на лінії, за швидкістю і функціоналом кращими є: ANI, DPL 1000. Серед виділених проводових технологій найфункціональнішими є C-Bus та Industrial Ethernet, а найвищу гнучкість побудови систем забезпечує CAN.

Таким чином, оскільки система «Цифрова лікарня» є складною, тому для її реалізації доцільно використовувати поєднання різних технологій передавання даних.

Література:

1. Baker, Stephanie B., Xiang, Wei, and Atkinson, Ian (2017) Internet of Things for smart healthcare: technologies, challenges, and opportunities. *IEEE Access*, 5, pp. 26521-26544.
2. Макаренко, А., Парфенова, А. і Могильний, С. І. Бездротові технології передачі даних Wi-Fi, Bluetooth та ZigBee. *Вісник НТУУ "КПІ"». Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування. 41 (1), 171-181.*

СЕКЦІЯ 3. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ

В. Владика, Д. Величко, Г. Осухівська ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ В СИСТЕМІ «ЦИФРОВА ЛІКАРНЯ»	109
В. Барбарич, Ю. Івануса ШКІДЛИВИЙ ВПЛИВ WI-FI НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ	110
М. Бедрийчук РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ АДАПТИВНОЇ СЕЛЕКЦІЇ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»	112
Д. Войтина, В. Яцишин АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ КРИТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	113
Р. Гаван, В. Яцишин ОСОБЛИВОСТІ АНАЛІЗУ ТОНАЛЬНОСТІ ТЕКСТУ НА ОСНОВІ АСПЕКТІВ ПРИВДОСКОНАЛЕННІ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	114
С. Галан, В. Яцишин ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ «РОЗУМНИХ СИСТЕМ» З МОЖЛИВІСТЮ ВЗАЄМОДІЇ З ХМАРНИМИ СЕРВІСАМИ	115
Р. Гайдук, Д. Михалик РОЗРОБКА СОЦІАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ БІБЛІОТЕК З ВИКОРИСТАННЯМ .NET ТЕХНОЛОГІЙ	116
Ю. Голояд МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ	117
І. Голуб, О. Ясній МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ МЕРЕЖЕВИХ КОМУТАТОРІВ ЗПІДТРИМКОЮ ТЕХНОЛОГІЙ GERON ТА LTE	118
А. Джинджиристий, М. Паламар АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОЛАБОРАТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ПРИ ПІДБОРІ КОМАНДИ РОЗРОБНИКІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ	119
П. Євтух, В. Храпа МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ УЗГОДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ПОТОКІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ІОТ ДО МЕДИЧНИХ ПРИЛАДІВ	120
А. Жуйвода МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ГОЛОСОВИХ СИГНАЛІВ В КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ	121
А. Жуйвода ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ПОТОКОВОГО ТРАФІКУ	122
О. Зимницький ВРАЗЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ КРИПТОГРАФІЧНИХ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ ПРОТОКОЛУ SSL/TLS	123
Б. Калиниченко, І. Грод ДОСЛІДЖЕННЯ ВРАЗЛИВОСТЕЙ МЕРЕЖІ ОФІСУ "ZoomSupport" ТА МЕТОДІВ ЇХ УСУНЕННЯ	124
В. Ковальов, С. Лупенко МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ДІАЛОГОВИХ СИСТЕМ ТОРГОВОГО ЦЕНТРУ	125
І. Купратий НЕЙРОМЕРЕЖІ У СИСТЕМАХ БІОМЕТРИЧНОЇ АУТЕНТИФІКАЦІЇ ЗА КЛАВІАТУРНИМ ПОЧЕРКОМ	126
О. Ліщук, Є. Тиш ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ АГРЕГАЦІЇ КАНАЛІВ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ	127

INTERNATIONAL INTERNET CONFERENCE

CERTIFICATE OF PARTICIPATION

is awarded to

Vladyka Volodymyr

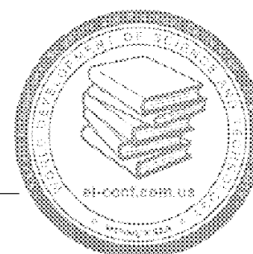
for being an active participant in
XXXVIII International Scientific and Practical Conference



**WORLD DEVELOPMENT OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY**

23 December 2019, Vinnytsia, Ukraine

el-conf.com.ua



УДК 614.2:681.51

Інформаційні технології
ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ РОЗУМНОГО БУДИНКУ В СИСТЕМІ
“ЦИФРОВА ЛІКАРНЯ”

Владика В.С.,

студент факультету комп'ютерно-інформаційних систем

і програмної інженерії

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

м. Тернопіль, Україна

Сучасні технології, зокрема інформаційні технології (ІТ), з кожним днем змінюють наш оточуючий світ. Вони суттєво покращують роботу будь-якого закладу, підприємства чи виробництва. В перспективі, застосувавши такі технології для організації та надання послуг лікувальними закладами, можна зменшити не тільки витрати коштів і часу, але й покращити якість та своєчасність надання медичної допомоги.

Використання нових технологій лікувальними закладами розглядають в таких напрямках [1]: переоцінка підходу до надання медичної допомоги (застосування нових технологій в медицині), цифровий підхід до лікування хворих (застосування ІТ для покращення ефективності лікування), вдосконалення підходу до кадрового потенціалу (роботизація та автоматизація рутинних операцій та документообігу), технологічний підхід до операційної ефективності (автоматизація та підвищення ефективності постачання та управління), новий підхід до проектування медичних закладів (заходи з централізації або децентралізації різних процедур з метою зменшення часу перебування хворих в умовах стаціонару).

Всі ці підходи передбачають автоматизацію, роботизацію та застосування ІТ з метою створення “цифрової лікарні”, як нового етапу розвитку лікувальних закладів. Це, в свою чергу, передбачає суттєве зростання потоків інформації та

взаємодії як між компонентами системи “цифрова лікарня”, так і з зовнішнім середовищем, для яких необхідно створити ефективну мережу передавання даних. Тому дослідження методів та засобів передавання даних в системі «Цифрова лікарня» є актуальною задачею [2].

Для вирішення такої задачі доцільно дослідити існуючі методи та засоби передавання інформації, особливо ті, які застосовують для розумного будинку, а саме: для давачів і виконавчих механізмів передбачено застосування низькошвидкісних проводових або безпроводних мереж, для відеоспостереження та серверів розумного будинку — високошвидкісних мереж. Серед існуючих протоколів передавання інформації для розумного будинку є провідні та безпроводні, які використовуються в різних технологіях розумного будинку (BPT, LanDrive, C-Bus, AMX, X-10) [2]. Кожен з яких має свої переваги і недоліки. Також, необхідно відзначити, що система “Цифрова лікарня” є складною, тому для її реалізації доцільно використовувати поєднання різних технологій передавання даних з урахуванням їх переваг та можливостей.

Обґрунтування та вибір існуючих методів та засобів передавання інформації уможливить створення новітнього лікувального закладу — “цифрова лікарня”, яка використовуватиме всі можливості, які надає галузь ІТ.

Література:

1. Gordon R. The hospital of the future [Електронний ресурс] / R. Gordon, M. Perlman, M. Shukla // Deloitte. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://www2.deloitte.com/ua/uk/pages/life-sciences-and-healthcare/articles/global-digital-hospital-of-the-future.html>.
2. В.С. Владика, Д.В. Величко, Г.М. Осухівська. Технології передавання даних в системі «цифрова лікарня» // Матеріали VII науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя "Інформаційні моделі, системи та технології", 11-12 грудня 2019 р. – Тернопіль: ТНТУ, 2019. – С.109.

Додаток Б

Програма для оцінювання достовірності прийому сигналу Wi-Fi

```

% Clear
clear all;
close all;

format long;
% Frame Length 'Should be multiple of four or else padding is needed'
bit_count = 4*1000;
% Range of SNR over which to simulate
Eb_No = -6: 1: 10;
% Convert Eb/No values to channel SNR
% Consult BERNARD SKLAR'S book 'Digital Communications, Principles
% and Applications'.
SNR = Eb_No + 10*log10(4);
% Start the main calculation loop
for aa = 1: 1: length(SNR)

    % Initiate variables
    T_Errors = 0;
    T_bits = 0;

    % Keep going until you get 100 errors
    while T_Errors < 100

        % Generate some random bits
        uncoded_bits = round(rand(1,bit_count));
        % Split the stream into 4 substreams
        B = reshape(uncoded_bits,4,length(uncoded_bits)/4);
        B1 = B(1,:);
        B2 = B(2,:);
        B3 = B(3,:);
        B4 = B(4,:);

        % 16-QAM modulator
        % normalizing factor
        a = sqrt(1/10);
        % bit mapping
        tx = a*(-2*(B3-0.5).*(3-2*B4)-j*2*(B1-0.5).*(3-2*B2));

        % Noise variance
        N0 = 1/10^(SNR(aa)/10);
        % Send over Gaussian Link to the receiver
        rx = tx + sqrt(N0/2)*(randn(1,length(tx))+i*randn(1,length(tx)));

%-----
        % 16-QAM demodulator at the Receiver
        a = 1/sqrt(10);
        B5 = imag(rx)<0;
        B6 = (imag(rx)<2*a) & (imag(rx)>-2*a);
    end
end

```

```

    B7 = real(rx)<0;
    B8 = (real(rx)<2*a) & (real(rx)>-2*a);

    % Merge into single stream again
    temp = [B5;B6;B7;B8];
    B_hat = reshape(temp,1,4*length(temp));

    % Calculate Bit Errors
    diff = uncoded_bits - B_hat ;
    T_Errors = T_Errors + sum(abs(diff));
    T_bits = T_bits + length(uncoded_bits);

end
% Calculate Bit Error Rate
BER(aa) = T_Errors / T_bits;
disp(sprintf('bit error probability = %f',BER(aa)));

% Plot the received Symbol Constellation
figure;
grid on;
plot(rx,'x');
xlabel('Inphase Component');
ylabel('Quadrature Component');
Title('Constellation of Transmitted Symbols');
end

%-----
% Finally plot the BER Vs. SNR(dB) Curve on logarithmic scale
% BER through Simulation
figure(1);
semilogy(SNR,BER,'or');
hold on;
grid on
title('BER Vs SNR Curve for QAM-16 Modulation Scheme in AWGN');
xlabel('SNR (dB)'); ylabel('BER')
% Theoretical BER
figure(1);
theoryBer = (1/4)*3/2*erfc(sqrt(4*0.1*(10.^(Eb_No/10))));
semilogy(SNR,theoryBer);
legend('Simulated','Theoretical');

%% BPSK over Rayleigh fading wireless channel
%% and its comparison with BPSK transmission over AWGN channel
close all;clear all;clc;
SNRdB=1:1:12;
SNR=10.^(SNRdB/10);
bl=10^6;
ber=zeros(1,length(SNRdB));
%% BPSK Transmission over AWGN channel
for k=1:length(SNR);
    x=(2*floor(2*rand(1,bl)))-1;
    y=(sqrt(SNR(k))*x)+randn(1,bl);

```

```

        ber(k)=length(find((y.*x)<0));
    end
    ber=ber/bl;
    semilogy(SNRdB,ber,'k-<', 'linewidth' ,2.0);
    hold on
    semilogy(SNRdB,qfunc(sqrt(SNR)),'m-', 'linewidth',2.0);
    gtext('BPSK over AWGN')
    hold on
    %% BPSK over Rayleigh Fading Wireless Channel
    for k=1:length(SNR)
        y=raylrnd(1/sqrt(2),1,bl).*((sqrt(SNR(k))*x))+randn(1,bl);
        ber(k)=length(find((y.*x)<0));
    end
    ber=ber/bl;
    semilogy(SNRdB,ber,'k-<', 'linewidth' ,2.0);
    hold on
    semilogy(SNRdB,0.5*(1-(sqrt(SNR./(2+SNR)))),'r-', 'linewidth',2.0);
    gtext('BPSK over Rayleigh')
    title('BPSK over Rayleigh and BPSK over AWGN Simulation');xlabel('SNR in
    dB');ylabel('BER');
    axis tight
    grid

```

Додаток В

Програма для QPSK модуляції сигналів

```

%%QPSK using MATLAB
% 19th July 2018
% Hemant Goraksh Ghuge
% MATLAB & SIMULINK USER
% Third Year
% Electronics and Telecommunication Engineering
% Government College of Engineering & Research, Avasari Khurd
%%
clc
clear all
close all
%%
data=input('Enter the data for qpsk');
last = length(data);
t=1;
for start = 1:last

    if (data(start)==0)    %% 00
        for j=0:0.1:19.9
            q(t)=0;
            o(t)=sin(j);    %% 0 degree
            t=t+1;
        end

    elseif (data(start)==1) %% 01
        for j=0:0.1:19.9
            q(t)=1;
            o(t)=cos(j);    %% 90 degree
            t=t+1;
        end

    elseif (data(start)==10) %% 10
        for j=0:0.1:19.9
            q(t)=2;
            o(t)=-sin(j);    %% 180 degree
            t=t+1;
        end

    else %(data(start)==11) %% 11
        for j=0:0.1:19.9
            q(t)=3;
            o(t)=-cos(j);    %% 270 degree
            t=t+1;
        end
    end
end
end
subplot(2,1,1)
plot(q);
title('INPUT');
subplot(2,1,2)

```

```
plot(o);  
title('OUTPUT');
```



```

    for(i=1:1:log2(M))
        a(j,i)=num2str(msg_reshape(j,i));
    end
end
as=bin2dec(a);
ass=as';
figure(1)
subplot(3,1,2);
stem(ass,'Linewidth',2.0);
title('serial symbol for M-array QAM modulation at transmitter');
xlabel('n(discrete time)');
ylabel(' magnitude');
disp('symbolic form information for M-array QAM ');
disp(ass);
fprintf('\n\n');
%XXXXXXXXXXXXXXXX Mapping for M-array QAM modulation XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
M=M; %order of QAM modulation
x1=[0:M-1];
p=qammod(ass,M) %constalation design for M-array QAM acording to symbol
sym=0:1:M-1; % considerable symbol of M-array QAM, just for scatterplot
pp=qammod(sym,M); %constalation diagram for M-array QAM
scatterplot(pp),grid on;
title('consttellation diagram for M-array QAM');
%XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX M-array QAM modulation XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
RR=real(p)
II=imag(p)
sp=bp*2; %symbol period for M-array QAM
sr=1/sp; % symbol rate
f=sr*2;
t=sp/100:sp/100:sp;
ss=length(t);
m=[];
for(k=1:1:length(RR))
    yr=RR(k)*cos(2*pi*f*t); % inphase or real component
    yim=II(k)*sin(2*pi*f*t); % Quadrature or imagenary component
    y=yr+yim;
    m=[m y];
end
tt=sp/100:sp/100:sp*length(RR);
figure(1);
subplot(3,1,3);
plot(tt,m);
title('waveform for M-array QAM modulation acording to symbolic information');
xlabel('time(sec)');
ylabel('amplitude(volt)');
%XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX M-array QAM demodulation XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
m1=[];
m2=[];
for n=ss:ss:length(m)
    t=sp/100:sp/100:sp;
    y1=cos(2*pi*f*t); % inphase component
    y2=sin(2*pi*f*t); % quadrature component
    mm1=y1.*m((n-(ss-1)):n);

```

```

mm2=y2.*m((n-(ss-1)):n);
z1=trapz(t,mm1) % integration
z2=trapz(t,mm2) % integration
zz1=round(2*z1/sp)
zz2=round(2*z2/sp)
m1=[m1 zz1]
m2=[m2 zz2]
end
%XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX de-mapping for M-array QAM modulation XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
clear i;
clear j;
for (k=1:1:length(m1))
gt(k)=m1(k)+j*m2(k);
end
gt
ax=qamdemod(gt,M);
figure(3);
subplot(2,1,1);
stem(ax,'linewidth',2);
title(' re-obtain symbol after M-array QAM demodulation ');
xlabel('n(discrete time)');
ylabel(' magnitude');
disp('re-obtain symbol after M-array QAM demodulation ');
disp(ax);
fprintf('\n\n');
bi_in=dec2bin(ax);
[row col]=size(bi_in);
p=1;
for(i=1:1:row)
for(j=1:1:col)
re_bi_in(p)=str2num(bi_in(i,j));
p=p+1;
end
end
disp('re-obtain binary information after M-array QAM demodulation');
disp(re_bi_in)
fprintf('\n\n');
%XX representation of receiving binary information as digital signal XXXXXX
x=re_bi_in;
bp=.000001; % bit period
bit=[];
for n=1:1:length(x)
if x(n)==1;
se=ones(1,100);
else x(n)==0;
se=zeros(1,100);
end
bit=[bit se];
end
t1=bp/100:bp/100:100*length(x)*(bp/100);
figure(3)
subplot(2,1,2);
plot(t1,bit,'linewidth',2.5);grid on;

```