

ЗМІСТ

<u>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ</u>	3
<u>ВСТУП</u>	5
<u>РОЗДІЛ 1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ ОЦІНКИ БЕЗПРОВІДНИХ КАНАЛІВ СТАНДАРТУ 802.11</u>	7
<u>1.1 Суть технічної проблеми на сучасному етапі розвитку науки, техніки і технології</u>	8
<u>1.2 Аналіз безпроводної технології Wi-Fi</u>	8
<u>1.3 Порівняння об’єкта дослідження з існуючими аналогами</u>	9
<u>1.4 Технічні вимоги до об’єкту дослідження</u>	10
<u>1.5 Оцінка рівня якості та конкурентоспроможності інноваційного рішення</u>	11
<u>1.6 Висновки до розділу 1</u>	13
<u>РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК СІМЕЙСТВА СТАНДАРТІВ 802.11</u>	14
<u>2.1 Аналіз сімейства специфікацій IEEE 802.11x</u>	14
<u>2.1.1 Базовий стандарт IEEE 802.11</u>	14
<u>2.1.2 Стандарт IEEE 802.11a</u>	16
<u>2.1.3 Стандарт IEEE 802.11ac</u>	18
<u>2.1.4 Стандарт IEEE 802.11b</u>	19
<u>2.1.5 Стандарт IEEE 802.11c</u>	20
<u>2.1.6 Стандарт IEEE 802.11d</u>	20
<u>2.1.7 Стандарт IEEE 802.11e</u>	21
<u>2.1.8 Стандарт IEEE 802.11F</u>	21
<u>2.1.9 Стандарт IEEE 802.11g</u>	21
<u>2.1.10 Стандарт IEEE 802.11h</u>	23
<u>2.1.11 Стандарт IEEE 802.11i</u>	23
<u>2.1.12 Стандарт IEEE 802.11j</u>	25
<u>2.1.13 Стандарт IEEE 802.11k</u>	26
<u>2.1.14 Стандарт IEEE 802.11n</u>	27
<u>2.2 Аналіз методів шифрування у безпроводних мережах Wi-Fi</u>	30
<u>2.3 Порівняльна характеристика основних стандартів</u>	34
<u>2.4 Висновки до розділу 2</u>	36
<u>РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ БЕЗПРОВІДНИХ КАНАЛІВ СТАНДАРТУ 802.11</u>	38

<u>3.1 Основні параметри визначення ефективності роботи безпроводних мереж</u>	9
<u>3.2 Методи технічного аналізу сигналів бездротового зв'язку</u>	8
<u>3.3 Програмні продукти для оцінки параметрів безпроводних каналів</u>	7
<u>3.4 Метод для оцінки параметрів частотних каналів стандарту 802.11</u>	6
<u>3.5 Висновок до розділу 3</u>	5
<u>РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ БЕЗПРОВІДНОГО КАНАЛУ СТАНДАРТУ WI-FI</u>	38
<u>4.1 Розрахунок потужності передачі сигналу у безпроводних мережах</u>	43
<u>4.2 Розрахунок довжини каналу та його пропускної здатності</u>	44
<u>4.3 Розрахунок втрат при передачі інформації по безпроводному каналу</u>	56
<u>4.4 Результати експериментальних досліджень передачі по безпроводних каналах стандарту 802.11</u>	66
<u>4.5 Висновки до розділу 4</u>	64
<u>РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</u>	64
<u>5.1 Прогнозування попиту на інноваційне рішення</u>	65
<u>5.2 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування</u>	67
<u>5.3 Виявлення основних конкурентів і опис їх товарів</u>	68
<u>6.3 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності</u>	69
<u>6.3 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності</u>	70
<u>6.4 Висновки по розділу 6</u>	71
<u>РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</u>	77
<u>7.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці</u>	78
<u>7.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони</u>	79
<u>7.1.2 Виробниче освітлення</u>	80
<u>7.1.3 Виробничі віброакустичні коливання</u>	81
<u>7.1.4 Виробничі випромінювання</u>	86
<u>7.1.5 Розрахунок комбінованого штучного освітлення методом ліній, що світяться</u>	87
<u>7.2 Технічні рішення з безпеки під час проведення дослідження</u>	88
<u>7.2.1 Безпека щодо організації робочих місць</u>	89
<u>7.2.2 Електробезпека</u>	89
<u>7.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях</u>	91
<u>7.3.1 Дослідження стійкості роботи mesh-мережі в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій</u>	98

<u>7.3.2 Дослідження стійкості роботи mesh-мережі в умовах дії іонізуючих випромінювань</u>	99
<u>7.3.3 Оцінка стійкості роботи mesh-мережі в умовах дії електромагнітного імпульсу</u>	100
<u>7.3.4 Розробка заходів по підвищенню стійкості мережі в умовах загрозливих чинників надзвичайної ситуації</u>	101
<u>7.4 Висновки до розділу 7</u>	103
<u>ВИСНОВКИ</u>	105
<u>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</u>	107
<u>Додаток А</u>	113
<u>Додаток Б.Приклади вирішення задачі розподілу частотних каналів у mesh-мережі</u>	114
<u>Додаток В.Схеми дослідження безпроводного каналу стандарту Wi-Fi</u>	115
<u>Додаток Г.Результати дослідження пропускної здатності безпроводного каналу Wi-Fi при смузі каналу 20 МГц</u>	116
<u>Додаток Д. Результати дослідження пропускної здатності безпроводного каналу Wi-Fi при смузі каналу 40 МГц</u>	117
<u>Додаток Е. Результати дослідження впливу довжини пакетів верхніх рівнів при смузі каналу 20 МГц</u>	118

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- AES – Advanced Encryption Standard (покращений стандарт шифрування);
 ССК – Complementary Code Keying (модуляція за допомогою додаткового коду);
 CSMA/CA – Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance (множинний доступ з контролем носійної та униканням колізій).

CSMA/CD – Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (множинний доступ з контролем носійної та виявленням колізій).

DBA – Dynamic Bandwidth Allocation (механізм динамічного перерозподілу смуги пропускання);

DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum (розширення спектру методом прямої послідовності);

FDDI – Fiber Distributed Data Interface (розподілений волоконний інтерфейс даних);

FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum (метод розширення спектру зміною частоти);

FTTB – Fiber to the Building (волокно до будівлі);

HD – High Definition (висока чіткість);

HDTV – High-Definition Television (цифрове телебачення високої чіткості);

IP – Internet Protocol (міжмережевий протокол);

IPTV – Internet Protocol Television (IP-телебачення);

ISDN – Integrated Services Digital Network (цифрова мережа інтеграції послуг);

ITU-T – International Telecommunication Union - Telecommunication sector (сектор стандартизації електрозв'язку Міжнародного союзу електрозв'язку);

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers (інститут інженерів з електротехніки та електроніки);

LAN – Local Area Network (локальна обчислювальна мережа);

MAC – Media Access Control (управління доступом до середовища);

MAN – Metropolitan Area Network (міська обчислювальна мережа);

MIMO – Multiple Input – Multiple Output (технологія багатоантенної передачі);

MR-MC WMN – Multi-radio Multi-channel Wireless Mesh Network (багаточастотна багатоканальна безпроводна мережа);

OFDM – Orthogonal Frequency-Division Multiplexing (ортогональне мультиплексування з частотним розділенням каналів);

OSI – Open Systems Interconnection (модель відкритої системи);

QAM – Quadrature Amplitude Modulation (квадратурна амплітудна модуляція);

QoS – Quality of Service (якість обслуговування);

- SDTV – Standart-Definition Television (цифрове телебачення стандартної чіткості);
- SSID – Service Set Identification (ідентифікатор безпроводної мережі);
- TCP – Transmission Control Protocol (протокол контролю передачі);
- TKIP – Temporal Key Integrity Protocol (протокол цілісності тимчасового ключа);
- TR – Transmission Range (зона передачі);
- UHDV – Ultra High-Definition Video (цифрове телебачення надвисокої чіткості);
- VLAN – Virtual Local Area Network (віртуальна локальна комп'ютерна мережа);
- VoIP – Voice over IP (передача голосу через протокол IP);
- Wi-Fi – Wireless Fidelity (стандарт безпроводної передачі IEEE 802.11);
- WiMAX – Worldwide Interoperability for Microwave Access (стандарт безпроводної передачі IEEE 802.16);
- WLAN – Wireless Local Area Network (бездротова локальна обчислювальна мережа);
- WPA – Wi-Fi Protected Access (захищений доступ до Wi-Fi);
- КПК - кишеньковий персональний комп'ютер;
- НДР – науково-дослідна робота;
- РА – рухомий абонент;
- ТД – точка доступу.

ВСТУП

Актуальність. На сьогоднішній день спостерігається активне впровадження та розгортання безпроводних мереж, як в Україні, так і у світі. В першу чергу, цьому сприяє широка доступність та простота використання локальних безпроводних мереж для отримання доступу до інфокомунікаційних послуг високої якості та стрімкий розвиток сучасних технологій.

Збільшення кількості таких мереж, приводить до виникнення ряду негативних факторів, які можуть суттєво погіршити передавальні характеристики безпроводних каналів передачі. Це, в свою чергу, забезпечує появу затримок та помилок під час отримання доступу до послуг із великим об'ємом трафіку. Тому, актуальним є пошук нових методів та засобів для мінімізації впливу цих факторів. Один із таких напрямків – вдосконалення та створення нових методів моніторингу безпроводних мереж та їх каналів, які будуть надавати ефективну оцінку для подальшого покращення роботи безпроводних каналів.

У зв'язку з цим актуальною задачею є підвищення ефективності методів оцінки частотних безпроводних каналів для подальшого виявлення та аналізу впливу різних факторів на якість передавання трафіку та усунення цих факторів з метою покращення зв'язку між будь-якими абонентами в складі мережі.

Аналіз останніх досліджень. Виконуючи аналіз існуючих наукових робіт можна сказати, що на даний час дослідження в області безпроводних технологій стандарту 802.11 набувають все більшого поширення. Теоретичним підґрунтям для досліджень, які були виконані в магістерській кваліфікаційній роботі, були роботи вчених України та країн СНД – Катеренчук І. С., Горбатого І.В., Оліфера В. Г., Оліфера Н. А., Гітліца М. В., Михалевського Д. В., Мельника В. М., Наугольного Є.О., Гузя М. Д., Красоти Р.О., та інших [1-7].

Мета та постановка задачі. Метою даної кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності методів оцінки параметрів частотних каналів стандарту 802.11 за рахунок дослідження характеристик каналу та впровадження нових технічних рішень в області моніторингу.

Для вирішення поставленої мети потрібно виконати наступні задачі:

- розробити технічне завдання;
- техніко-економічне обґрунтування доцільності дослідження;
- провести аналіз характеристик сімейства стандартів 802.11x;
- провести аналіз методів оцінки параметрів безпроводних каналів;
- виконати синтез нового методу оцінки параметрів частотних каналів;
- провести розрахунок потужностей та пропускної здатності каналу зв'язку;
- виконати дослідження основних параметрів безпроводного каналу Wi-Fi;
- виконати економічне обґрунтування дослідження;
- провести аналіз питань безпеки життєдіяльності;

Об'єкт дослідження – підвищення ефективності методів оцінки параметрів безпроводних каналів стандарту 802.11.

Предмет дослідження – методи моніторингу та підвищення ефективності передачі по безпроводних каналах.

Методи досліджень. У процесі дослідження застосовувалися: теорія чисел та чисельних методів, методи математичного аналізу, експериментальні програмні дослідження безпроводних каналів, методи статистичної обробки результатів досліджень та метод експоненційного згладжування есперементальних даних.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Вперше запропоновано ефективні методи моніторингу безпроводних мереж, проведено їх аналіз та оцінка.

2. Вперше проведено дослідження існуючих методів моніторингу, параметрів для підвищення ефективності передачі по безпроводних каналах.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що на основі отриманих теоретичних положень розроблено методику оцінки параметрів Wi-Фіканалу, зокрема:

1. Запропоновано методику якісної оцінки параметрів безпроводних каналів стандарту 802.11.

2. Також, практичне значення проведених досліджень полягає у створенні рекомендацій для підвищення ефективності методів оцінки, шляхом врахування всіх параметрів каналу, які мають значний вплив на його роботу.

Крім того, результати роботи можна використовувати в навчальному процесі в дисциплінах: телекомунікаційні системи NGN, системи доступу, лінії зв'язку та мультисервісні системи наступних поколінь.

Апробація результатів роботи. Основні положення й результати досліджень доповідалися й обговорювалися на науковій конференції ВНТУ, секція ...

Публікації. За тематикою дослідження опубліковано тези доповіді на науково-технічній конференції та патент на користу модель нового пристрою для оцінки параметрів безпроводних каналів.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ БЕЗПРОВІДНОГО КАНАЛУ СТАНДАРТУ WI-FI

1.1 Суть технічної проблеми на сучасному етапі розвитку науки, техніки і технології

У сучасному світі суспільство неухильно йде до ускладнення взаємозв'язку між різними ланками виробництва, збільшення інформаційних потоків у технічній, науковій, політичній, культурній, побутовій та інших сферах суспільної діяльності. Сьогодні очевидно, що жоден процес у житті сучасного суспільства не може відбуватися без обміну інформації, для своєчасної передачі якої використовуються різні засоби й системи зв'язку.

В сьогоднішній час дані передаються двома способами – проводовими лініями зв'язку та безпроводними. Кожен з даних способів має свої плюси і мінуси. Безпроводні технології в даний час знаходять все більшого використання.

Останнім часом у світових технологічних новинах зустрічаються повідомлення про компанії, що використовують технологію Wi-Fi в повсякденній роботі або надають Wi-Fi послуги клієнтам, а також анонси різних пристроїв з вбудованою підтримкою Wi-Fi, таких як мобільні телефони, КПК або ноутбуки. Очевидно, що освоєння цієї технології здійснюється гігантськими темпами, і багато аналітиків давно пророкують їй казковий успіх, який може кардинально змінити сьогоднішній підхід до використання комп'ютерів і мобільних пристроїв. Стандарт Wi-Fi з'явився ще в середині 90-х і почав активно просуватися з 2000 року. Тим не менш, до цих пір лише деякі користувачі уявляють собі, що ж ховається за загадковою аббревіатурою Wi-Fi.

Дана технологія зараз розвивається гігантськими темпами. Впровадження Wi-Fi відбувається повсюдно у всьому розвиненому світі. Це обумовлено великою кількістю плюсів даної технології, хоча вона має і ряд мінусів. У даній роботі порушено як позитивні, так і негативні сторони даної технології. Також розказано про «успіхи Wi-Fi», тому що дана технологія несе в собі не тільки засіб зв'язку, що полегшує роботу, але і приносить значний фінансовий достаток [8].

1.2 Аналіз безпроводної технології Wi-Fi

На сучасному етапі розвитку мережних технологій, технологія бездротових мереж Wi-Fi є найбільш зручною в умовах потребує мобільності, простоти

установки й використання. Як правило, технологія Wi-Fi використовується для організації бездротових локальних комп'ютерних мереж, а також для створення так званих гарячих точок високошвидкісного доступу в Інтернет.

Безпроводні локальні мережі мають багато переваг над кабельними мережами, а саме [9]:

- необмежене переміщення в області покриття безпроводних локальних мереж, зберігаючи доступ до корпоративних інформаційних ресурсів;
- інсталяція безпроводної локальної мережі у випадках, коли встановлення звичайної кабельної мережі є ускладненим або взагалі неможливим процесом;
- створення мобільних пересувних локальних відкритих мереж;
- висока швидкість розгортання безпроводних локальних мереж;
- близька до нуля вартість експлуатації безпроводних локальних мереж;
- об'єднання територіально віддалених комп'ютерів;
- як і в усіх системах, існують і недоліки безпроводних локальних мереж, які потрібно вирішувати і над вирішенням яких займаються провідні спеціалісти у цій галузі.

До недоліків безпроводних мереж передачі даних відносять [9]:

- низька безпека і захищеність даних і самих мереж Wi-Fi (Wireless Fidelity);
- досить високе в порівнянні з іншими стандартами споживання енергії, що зменшує час життя батареї і підвищує температуру пристрою.

1.3 Порівняння об'єкта дослідження з існуючими аналогами

Аналогом технології Wi-Fi є технологія – WiMAX. WiMAX – це система далекої дії, що покриває кілометри простору, яка зазвичай використовує ліцензовані спектри частот (хоча можливо і використання неліцензованих частот) для надання з'єднання із інтернетом типу точка-точка провайдером кінцевому користувачеві. Різні стандарти сімейства 802.16 забезпечують різні види доступу, від мобільного (схожий з передачею даних із мобільних телефонів) до фіксованого (альтернатива провідникового доступу, при якому бездротове обладнання користувача прив'язане до розташування) [10].

Wi-Fi – це система більш короткої дії, що зазвичай покриває сотні метрів, яка використовує неліцензовані діапазони частот для забезпечення доступу до мережі. Зазвичай Wi-Fi використовується користувачами для доступу до їх власної локальної мережі, яка може бути не підключена до Інтернету. Якщо WiMAX

можна порівняти з мобільним зв'язком, то Wi-Fi швидше схожий на стаціонарний бездротовий телефон.

WiMAX і Wi-Fi мають зовсім різний механізм Quality of Service (QoS). WiMAX використовує механізм, заснований на встановленні з'єднання між базовою станцією та пристроєм користувача. Кожне з'єднання базується на спеціальному алгоритмі планування, який може гарантувати параметр QoS для кожного з'єднання. Wi-Fi, в свою чергу, використовує механізм QoS подібний тому, що використовується в Ethernet, при якому пакети отримують різний пріоритет. Такий підхід не гарантує однаковий QoS для кожного з'єднання [11].

В Wi-Fi мережах всі користувацькі станції, які хочуть передати інформацію через точку доступу, змагаються за «увагу» останньої. Такий підхід може викликати ситуацію, при якій зв'язок для віддаленіших станцій буде постійно обриватися на користь більш близьких станцій. Цей недолік робить поганим використання таких сервісів, як Voice over IP (VoIP), які дуже сильно залежать від безперервного з'єднання.

Що ж стосується мереж 802.16, в них MAC використовує алгоритм планування. Будь-якій користувальницькій станції варто лише підключитися до точки доступу і для неї буде виділений слот на точці доступу, недоступний іншим користувачам.

Через дешевизну і простоту установки, Wi-Fi часто використовується для надання клієнтам швидкого доступу в Інтернет різними організаціями. Наприклад, у більшості кафе, готелів, вокзалів та аеропортів можна виявити безкоштовну точку доступу Wi-Fi.

1.4 Технічні вимоги до об'єкту дослідження

Отже, обґрунтуємо вимоги до об'єкта, що досліджується, за допомогою аналізу параметрів, що його характеризують.

Безпроводний канал – це середовище передачі даних, шляхом передачі електромагнітних коливань. Як відомо електромагнітні коливання можуть поширюватись лише на певну відстань, тому однією з вимог є дальність зв'язку, стабільність та робоча частота. Проте існують деякі інші, технічні, характеристики наведені в таблиці 1.1 із наведеними їх числовими значеннями [10].

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики інноваційної продукції

Специфікація Wi-Fi	Параметри мультимедійних трафіків			
	v , Мбіт/с	F, ГГц	MIMO	ΔF , МГц
IEEE 802.11	1-2	2,4	-	10
IEEE 802.11a	54	5	-	20
IEEE 802.11b	11	2,4	-	20
IEEE 802.11g	54	2	-	20
IEEE 802.11n	150	2	+	20, 40
IEEE 802.11ac	1000	5	+	80, 180

1.5 Оцінка рівня якості та конкурентоспроможності інноваційного рішення

Оцінка рівня якості інноваційного рішення проводиться з метою порівняльного аналізу і визначення найбільш ефективного в технічному відношенні варіанта інженерного рішення.

Визначимо відносний рівень оцінки якості продукції.

Таблиця 1.2 – Основні параметри інноваційного рішення та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
Пропускна здатність системи, мбіт/с	54	480	8,87	0,4
Чутливість, дБ	-100	-60	1,67	0,3
Дальність дії, м	50	20	0,4	0,2
Кількість каналів	14	14	1	0,1

Відносний рівень якості окремих видів продукції, що досліджується, визначається порівнюючи її показники з абсолютними показниками якості найліпших вітчизняних та зарубіжних аналогів, основних товарів-конкурентів. В якості товару-конкуренту приймемо вироби з найкращими показниками, які представлені на ринку продукції.

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{я.в} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i. \quad (1.1)$$

$$K_{я.в} = 8,87 \cdot 0,4 + 1,67 \cdot 0,3 + 0,4 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,1 = 4,23.$$

Відносний коефіцієнт показника якості більший одиниці, отже інноваційний продукт кращий на 423% за базовий товар-конкурента.

Наступним кроком є визначення конкурентоспроможності товару. Конкурентоспроможність товару - це відносна й узагальнена характеристика товару, що виражає його вигідні відмінності від товару-конкурента за ступенем задоволення потреби і за витратами на її задоволення. У таблиці 1.3 наведені основні показники базового та нового рішення.

Таблиця 1.3 – Нормативні, технічні та економічні параметри інноваційного рішення і базового рішення

Показники	Варіанти	
	Базовий (товар- конкурент)	Новий (інноваційне рішення)
<i>1. Технічні показники</i>		
Пропускна здатність, мбіт/с	54	480
Чутливість, дБ	-100	-60
Дальність дії досліджуваних каналів, м	50	20
Кількість досліджуваних каналів	14	14
<i>2. Економічні показники</i>		
Ціна, грн.	10000	20000

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (К) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{т.п}}{I_{е.п}}, \quad (1.2)$$

де $I_{т.п}$ – індекс технічних параметрів; $I_{е.п}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс технічних параметрів є відносним рівнем якості інноваційного рішення. Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{е.п} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Hei}}{\sum_{i=1}^n P_{Bei}}, \quad (1.3)$$

де P_{Hei} , P_{Bei} – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

$$I_{е.п} = \frac{20000}{10000} = 2.$$

$$K = \frac{4,23}{2} = 2,12.$$

Зважаючи на розрахунки, можна зробити висновок, що інноваційний товар буде більш конкурентоспроможний, ніж базовий товар, а саме на 212%.

1.6 Висновки до розділу 1

Отже, при виконанні даного розділу було проведено техніко-економічне обґрунтування доцільності виконання дослідження методів оцінки безпроводних каналів стандарту Wi-Fi. Було обрано аналог досліджуваного об'єкту, проведено його порівняння з об'єктом дослідження та проведена оцінка ефективності виконання науково-дослідної роботи. Розрахунок загального показника конкурентоспроможності інноваційного рішення показав, що проведені дослідження є досить актуальними та мають високий рівень конкурентоспроможності з аналогом.

Комплексний показник ефективності виконання НДР становить 6,6. Це означає, що дана НДР є ефективною. При порівнянні рівня дослідної роботи з рівнем НДР аналога показало, що рівень НДР об'єкта дослідження вище за рівень НДР аналога.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК СІМЕЙСТВА СТАНДАРТІВ 802.11x

2.1 Аналіз сімейства специфікацій IEEE 802.11x

2.1.1 Особливості специфікації базового стандарту IEEE 802.11

Стандарт IEEE 802.11 – початковий стандарт WLAN (підтримка швидкостей від 1 до 2 Мбіт/с), розробка якого була завершена в 1997р. Стандарт IEEE 802.11 є

базовим стандартом і визначає протоколи, необхідні для організації бездротових локальних мереж (WLAN). Основні з них - протокол управління доступом до середовища MAC (Medium Access Control – нижній підрівень каналного рівня) і протокол РНУ передачі сигналів у фізичному середовищі. У якості останньої допускається використання радіохвиль та інфрачервоного випромінювання.

Протокол доступу до середовища (MAC) [13]. Стандартом 802.11 визначений єдиний підрівень MAC, що взаємодіє з трьома типами протоколів фізичного рівня, що відповідають різним технологіям передачі сигналів - по радіоканалах в діапазоні 2,4 ГГц з широкосмуговою модуляцією з прямим розширенням спектру (DSSS) і перескоком частоти (FHSS), а також за допомогою інфрачервоного випромінювання. Специфікаціями стандарту передбачені два значення швидкості передачі даних – 1 і 2 Мбіт/с.

В порівнянні з дротовими лініями зв'язку Ethernet можливості підрівня MAC розширені за рахунок включення в нього ряду функцій, зазвичай виконуваних протоколами більш високого рівня, зокрема, процедур фрагментації та ретрансляції пакетів. Це викликано прагненням підвищити ефективну пропускну спроможність системи завдяки зниженню накладних витрат на повторну передачу пакетів.

В якості основного методу доступу до середовища стандартом 802.11 визначено механізм CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance - множинний доступ з виявленням носійної і запобіганням колізій).

Аутентифікація бездротового клієнта по MAC-адресу - виключно ініціатива конкретного виробника, специфікації бездротових стандартів 802.11b/g такі заходи безпеки не передбачають. Тобто подібний метод аутентифікації може або бути присутнім, або ні, в залежності від бажання та маркетингової політики виробника.

Керування живленням. Для економії енергоресурсів мобільних робочих станцій, що використовуються в бездротових ліній зв'язку, стандартом 802.11 передбачений механізм перемикання станцій в, так званий, пасивний режим з мінімальним споживанням потужності.

Архітектура та компоненти мережі. В основу стандарту 802.11 покладена стільникова архітектура, причому мережа може складатися як з однієї, так і декількох осередків. Кожна сота керується базовою станцією, що називається точкою доступу (Access Point, AP), яка разом з розташованими в межах радіусу її дії робочими станціями користувачів утворює базову зону обслуговування (Basic

Service Set, BSS). Точки доступу багатостільникової мережі взаємодіють між собою через розподільну систему (Distribution System, DS), що є еквівалентом магістрального сегменту кабельних ліній зв'язку. Вся інфраструктура, що включає точки доступу і розподільну систему утворює розширену зону обслуговування (Extended Service Set).

Стандартом передбачений також одностільниковий варіант бездротової мережі, який може бути реалізований і без точки доступу, при цьому частина її функцій виконуються безпосередньо робочими станціями.

Роумінг. Для забезпечення переходу мобільних робочих станцій із зони дії однієї точки доступу до іншої в багатостільникових системах передбачені спеціальні процедури сканування (активного і пасивного прослуховування ефіру) і приєднання (Association), однак строгих специфікацій з реалізації роумінгу стандарт 802.11 не передбачає.

Шифрування. Для захисту WLAN стандартом IEEE 802.11 передбачено цілий комплекс заходів безпеки передачі даних під загальною назвою Wired Equivalent Privacy (WEP). В основі WEP-шифрування лежить потоковий шифр RC4, який був розроблений американцем Рональдом Райвест в 1987 році. Він включає засоби протидії несанкціонованому доступу до мережі (механізми і процедури аутентифікації), а також запобігання перехоплення інформації (шифрування). У майбутньому, через недосконалість цих заходів захисту, вони були доповнені різними власними розробками, що випускають бездротове обладнання компаній, а після з'явилися і нові стандарти, які будуть розглянуті пізніше [13].

2.1.2 Аналіз стандарту IEEE 802.11a

Стандарт IEEE 802.11a використовується для побудови високошвидкісних WLAN для діапазону 5 ГГц, що підтримує швидкість 54 Мбіт/с.

Цей стандарт є найбільш "ширококутовим" з сімейства стандартів 802.11, передбачаючи швидкість передачі даних до 54 Мбіт/с (редакцією стандарту, затвердженою в 1999 р, визначено три обов'язкових швидкості - 6, 12 і 24 Мбіт/с і п'ять необов'язкових - 9, 18, 36, 48 і 54 Мбіт/с) [13].

На відміну від базового стандарту, орієнтованого на область частот 2,4 ГГц, специфікаціями 802.11a передбачена робота в діапазоні 5 ГГц. В якості методу модуляції сигналу вибрано ортогональне частотне мультиплексування (OFDM - Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Найбільш істотна відмінність між цим

методом і радіотехнологіями DSSS і FHSS полягає в тому, що OFDM припускає паралельну передачу корисного сигналу одночасно по декількох частотах діапазону, в той час як технології розширення спектру передають сигнали послідовно. В результаті підвищується пропускна здатність каналу і якість сигналу.

OFDM (ортогональное частотне мультиплексування) передбачає поділ основного потоку біт на ряд несучих, або, іншими словами, на ряд паралельних потоків даних з подальшою їх модуляцією. Для поділу смуги пропускання можуть використовуватися частотні фільтри. В такому випадку даний метод буде називатися частотним поділом з мультиплексуванням (Frequency Division Multiplexing – FDM). Графічно даний принцип можна представити у вигляді декількох імпульсних сплесків потужності щодо частоти, де імпульси – це спектральні криві для трьох підканалов частотного поділу з мультиплексуванням FDM. Використання частотних фільтрів не рятує від інтерференції. Розділ підканалів захисною смугою не є економічним виходом із ситуації, так як за рахунок їх введення звужується смуга передачі даних або розширюються рамки функціональних частот. Тому використовується поділ частотного діапазону на несучі методом перетворення Фур'є. Даний метод дає несучі, спектри яких хоча і перекриваються, однак на період передачі символу їх виходить незмінно ціле число. Крім того, компоновка і підбор параметрів несучих таким чином, щоб максимум кожної припадав на мінімум інший, повністю позбавляє їх інтерференсних явищ в рамках одного прийомопередавального тракту. Що ж стосується випадку з декількома точками доступу, саме така схема кодування виявляється головним джерелом проблем через взаємні перешкоди сусідніх точок доступу.

Діапазон 5 ГГц, а точніше 5,15-5,825 ГГц, в якому діє обладнання стандарту IEEE 802.11a, привабливий саме тим, що він новий і вільний. Звичайно, більш висока частота означає велику швидкість (стандарт 802.11a передбачає максимальну швидкість передачі даних 54 Мбіт/с), але головне – це можливість роботи в новому, "чистому" діапазоні. Свого часу широка доступність і невисока ціна устаткування для діапазону 2,4 ГГц привели до його сильного "засмічення". Будь-який бажаючий міг купити радіокарточки, антени і побудувати мережу, не беручи до уваги, що у цього діапазону вже є "господарі". У результаті масового піратства діяльність операторів ускладнилася, адже через численні перешкод вони

були не в змозі гарантувати якість послуг. Новий діапазон позбавлений всіх цих недоліків.

Застосування стандарту IEEE 802.11a дозволяє американським корпоративним користувачам займати до восьми непересічних каналів. Є один цікавий момент стосовно IEEE 802.11a: тут існує поняття мінімальної швидкості обміну, яка в даному випадку становить 6 Мбіт/с.

Найбільш важливий аспект полягає в тому, що бездротові мережі стандарт IEEE 802.11a і 802.11b (b+) невидимі один для одного і цілком можуть співіснувати паралельно. Іншими словами, ці два стандарти бездротових мереж не є сумісними. Варто сказати, що частотний діапазон 802.11b (тут мається на увазі і 802.11b+) – 2,4 ГГц – є досить завантаженим, наприклад, в районі цієї ж частоти працюють навіть мікрохвильові печі. Тому, якщо є підозри, що буде значне зашумлення діапазону стандарту IEEE 802.11b, то кращим вибором в даному випадку можна вважати IEEE 802.11a. Іноді бувають і зовсім тупикові ситуації: у Франції, наприклад, діапазон 2,4 ГГц знаходиться під контролем військових. З іншого боку, діапазон 5 ГГц теж не всюди доступний, наприклад, в Росії обладнання стандарту IEEE 802.11a офіційно продаватися і експлуатуватися не може (через неможливість сертифікації).

До недоліків 802.11a відносяться більш висока споживана потужність радіопередавачів для частот 5 ГГц, а так само менший радіус дії (обладнання для 2,4 ГГц може працювати на відстані до 300м, а для 5ГГц – близько 100м).

Одна з доробок виробника стандарту передбачає і такі швидкості передачі даних, що наведені у таблиці 2.1 [13].

Таблиця 2.1 – Характеристики 802.11a Turbo

	Modulation	Max Link Rate	Max TCP Rate	Max UDP Rate
802.11a Turbo	OFDM	108 Мбіт/с	42,9 Мбіт/с	54,8 Мбіт/с

2.1.3 Аналіз стандарту IEEE 802.11ac

Це новий стандарт бездротових комп'ютерних мереж сімейства 802.11 для мереж Wi-Fi на частотах 5-6 ГГц. Пристрої, які працюють за цим стандартом, забезпечують швидкість передачі даних більше 1 Гбіт/с (до 6 Гбіт/с при 8x MU-MIMO), що значно вище, ніж існуючий на сьогоднішній день 802.11n. Стандарт підтримує використання до 8 антен MU-MIMO і розширення каналу до 80 і 160

МГц. За версією компанії Broadcom, даний стандарт відноситься до мереж нового покоління 5G.

20 січня 2011 була прийнята перша чорнова редакція версії 0.1. На поточний момент деякими виробниками (Quantenna, Broadcom, Buffalo) вже представлені чіпи підтримують роботу за стандартом IEEE 802.11ac Draft 0.1

Стандарт IEEE 802.11ad - Модифікація стандарту 802.11ac, що працює в 60Ghz [13].

2.1.4 Аналіз стандарту IEEE 802.11b

Стандарт IEEE 802.11b використовує діапазон 2,4 ГГц та підтримує швидкість до 11 Мбіт/с.

Завдяки високій швидкості передачі даних (до 11 Мбіт/с), практично еквівалентній пропускну здатності звичайних дротових ліній зв'язку Ethernet, а також орієнтації на "освоєний" діапазон 2,4 ГГц, цей стандарт завоював найбільшу популярність у виробників устаткування для бездротових мереж.

В остаточній редакції стандарт 802.11b, відомий також як Wi-Fi (wireless fidelity), був прийнятий в 1999р. В якості базової радіотехнології в ньому використовується метод DSSS з 8-розрядними послідовностями Уолша.

Оскільки обладнання, що працює на максимальній швидкості 11 Мбіт/с має менший радіус дії, ніж на більш низьких швидкостях, то стандартом 802.11b передбачено автоматичне зниження швидкості при погіршенні якості сигналу.

Як і у випадку базового стандарту 802.11, чіткі механізми роумінгу специфікаціями 802.11b не визначені.

Додатково до базової радіотехнології DSSS пізніше ввели метод Complementary Code Keying (ССК), який застосовує послідовність кодів, званих додатковими (Complementary Sequences), але він не набагато досконаліше OFDM. У ньому послідовність складається з 64 8-бітових кодують слів, що дозволяє закодувати одним словом до 6 біт. Код ССК модулюється за допомогою схеми квадратурно-фазової модуляції (Quadrature Phase Shift Keying), точно такий же, як і в методі 802.11 DSSS. Це додає до символу ще два біти. Символи надсилаються зі швидкістю 1,375 Мбіт/с, що і дає в результаті пропускну спроможність 11 Мбіт/с. Однак якщо у випадку OFDM довколишні точки доступу наводять перешкоди, через які окремі пакети даних пересилаються повторно, то у випадку з модуляцією за допомогою додаткового коду (ССК) відбувається збільшення

обсягу службової інформації, що зменшує і без того не найширшу ефективну смугу пропускання стандарту 802.11b (11 Мбіт/с) [13].

У США частотний спектр, передбачений стандартом IEEE 802.11b, ділиться на одинадцять пересічних несучих, що дає можливість трьом корпоративним користувачам, що знаходяться в безпосередній близькості один до одного, використовувати одну й ту ж технологію, не створюючи взаємних перешкод.

Маючи двох-діапазон обладнання радіодоступу, корпоративні користувачі зможуть організувати непересічні частотні канали, в основі яких лежатимуть дві технології. У США точки радіодоступу, що підтримують два стандарти (802.11a + 802.11b), будуть забезпечувати до одинадцяти непересічних каналів.

У фізичному середовищі IEEE 802.11b поширюється за допомогою малопотужного шумоподібного сигналу, маючи більше десятка частотних каналів шириною 22 МГц в області 2,4 ГГц. Щадні режими експлуатації дозволяють використовувати частотний ресурс досить інтенсивно. Характер сигналу дозволяє встановлювати зв'язок на дальності до 110 км за наявності не тільки прямої оптичної видимості між кінцевими точками, а й за відсутності перешкод в області так званої першої зони Френеля (для зв'язку на відстані 110 км перевищення над рівнем перешкод має становити мінімум 320 м при використанні антени з спрямованістю 8x8 градусів). В умовах різновисотних забудови, сніжно-дощового клімату, про офіційну реєстрацію зв'язку на дальність більше 5 км говорити можна, але потрібно дуже серйозно поставитися до вибору обладнання. На таких відстанях у містах застосовується каналоутворювальне обладнання. У даному частотному діапазоні практично застосувати відбиття сигналу дуже складно.

Наступником епохального IEEE 802.11b виступив IEEE 802.11b+ (пікова швидкість – 22 Мбіт/с, види модуляції CCK, BPSK, QPSK, PBCC)

2.1.5 Аналіз стандарту IEEE 802.11c

IEEE 802.11c – використовує процедури операцій з мостами; включений в стандарт IEEE 802.1D (2001).

2.1.6 Аналіз стандарту IEEE 802.11d

Стандарт IEEE 802.11d – міжнародний роумінг – автоматичне налаштування пристроїв для забезпечення вимог згідно місцевим радіочастотним вимогам.

Прагнучи розширити географію поширення мереж стандарту 802.11, IEEE розробляє універсальні вимоги до фізичного рівня 802.11 (процедури формування

каналів, псевдовипадкові послідовності частот, додаткові параметри для MIB і т.д.). Відповідний стандарт 802.11d поки перебуває в стадії розробки.

Стандарт визначає вимоги до фізичних параметрів каналів (потужність випромінювання і діапазони частот) і пристроїв бездротових мереж з метою забезпечення їх відповідності законодавчим нормам різних країн.

2.1.7 Аналіз стандарту IEEE 802.11e

Стандарт IEEE 802.11e спрямований на задоволення вимогам якості послуг для всіх радіоінтерфейсів IEEE WLAN. Затверджено для реалізацій в продуктах наприкінці 2004 року.

Intel спільно з іншими членами служби мультимедійної специфікації 802.11e розробили оновлення стандарту, спрямоване на вирішення цієї проблеми. Так звана технологія пакетної передачі підвищує пропускну здатність, дозволяючи передавати по радіоканалах безліч пакетів без збільшення кількості службових даних між пакетами – тим самим збільшуючи швидкість роботи мережі. Специфікація 802.11e визначається на рівні протоколу MAC і, отже, однакова на фізичному (PHY) рівні для всіх технологій бездротових локальних мереж 802.11 (a, b, g та ін.).

2.1.8 Аналіз стандарту IEEE 802.11F

Специфікація IEEE 802.11F – задає процедуру обміну інформацією між точками доступу, щоб полегшити взаємодію бездротових локальних мереж, що поставляються різними виробниками.

Специфікації 802.11f описують протокол обміну службовою інформацією між точками доступу (Inter-Access Point Protocol, IAPP), що необхідно для побудови розподілених бездротових мереж передачі даних. Дата затвердження цих специфікацій як стандарт поки не визначена.

Даний стандарт, пов'язаний з аутентифікацією, визначає механізм взаємодії точок зв'язку між собою при переміщенні клієнта між сегментами мережі. Інша назва стандарту - Inter Access Point Protocol.

2.1.9 Аналіз стандарту IEEE 802.11g

Стандарт IEEE 802.11g встановлює додаткову методику модуляції в діапазоні 2,4 ГГц. Підтримує швидкості до 54 Мбіт/с. Затверджено для реалізацій

в продуктах в кінці 2002 року. Використовувані типи модуляції BPSK, QPSK, CCK, PBCC, OFDM.

Специфікації 802.11g, являють собою розвиток стандарту 802.11b і дозволяють підвищити швидкість передачі даних в бездротових лініях зв'язу до 22-54 Мбіт/с завдяки використанню більш ефективної модуляції сигналу. З декількох пропозицій по базовій радіотехнології для стандарту робоча група IEEE вибрала рішення компанії Intersil, засноване на методі OFDM [13].

З технічної та маркетингової точок зору розробка IEEE 802.11g пройшла дуже грамотно - при інсталяції бездротової мережі з нуля існує реальна можливість роботи клієнтів, що підтримують стандарти IEEE 802.11b і IEEE 802.11b+.

Таблиця 2.2 – Характеристики змішаного та «чистого» режиму

	Modulation	Max Link Rate	Max TCP Rate	Max UDP Rate
802.11g & 802.11b	OFDM/CCK	54 Мбіт/с	14,4 Мбіт/с	19,5 Мбіт/с
802.11g	OFDM/CCK	54 Мбіт/с	24,4 Мбіт/с	30,5 Мбіт/с

Сьогодні на ринку бездротових мереж домінують два стандарти: 802.11b і його більш нова і швидкісна модифікація 802.11g. Кілька виробників створили покращені версії стандарту 802.11g - за їх твердженням, ці версії здатні передавати і отримувати дані зі швидкістю до 125 Мбіт/с (звичайний 802.11g забезпечує 54 Мбіт/с).

D-Link і Netgear використовують 108-мегабітну технологію Super G (розроблену Atheros), а Belkin, Buffalo, Linksys і деякі інші – 125- мегабітну High-Speed Mode (розроблену Broadcom).

Втім, підраховуючи мегабіти на секунду, не варто забувати про сумісність: звичайні пристрої 802.11b і 802.11g сумісні між собою, навіть якщо належать різним виробникам, а ось про покращувані стандартах цього не скажеш.

Звідси висновок: якщо ми хочемо максимально спростити установку і подальше обслуговування мережі, а заодно забезпечити максимальну швидкодію, слід вибирати компоненти Wi-Fi, що відносяться до однієї технології, а ще краще - від одного виробника.

2.1.10 Аналіз стандарту IEEE 802.11h

Стандарт IEEE 802.11h задає процедуру управління спектром в діапазоні 5 ГГц.

Розробка даного стандарту пов'язана з проблемами при використанні 802.11a в Європі, де в діапазоні 5 ГГц працюють деякі системи супутникового зв'язку. Для запобігання взаємних перешкод стандарт 802.11h має механізм "квазіінтелектуального" управління потужністю випромінювання і вибором носійної частоти передачі.

Робоча група IEEE 802.11h розглядає можливість доповнення існуючих специфікацій 802.11 MAC (рівень доступу до середовища передачі) і 802.11a PHY (фізичний рівень в мережах 802.11a) алгоритмами ефективного вибору частот для офісних і вуличних бездротових мереж, а також засобами управління використанням спектру, контролю за випромінюваною потужністю і генерації відповідних звітів.

Передбачається, що рішення цих завдань буде базуватися на використанні протоколів Dynamic Frequency Selection (DFS) і Transmit Power Control (TPC), запропонованих Європейським інститутом стандартів з телекомунікацій (ETSI). Зазначені протоколи передбачають динамічне реагування клієнтів бездротової мережі на інтерференцію радіосигналів шляхом переходу на інший канал, зниження потужності або обома способами.

2.1.11 Аналіз стандарту IEEE 802.11i

Стандарт IEEE 802.11i спрямований на усунення слабких місць в сучасних протоколах ідентифікації та шифрування. Цей стандарт об'єднує протоколи 802.1X, TKIP і AES. Затверджено для реалізацій в продуктах 25 червня 2005.

Задовго до його прийняття, ще в 2002 році, галузевої консорціум Wi-Fi Alliance запропонував використовувати як проміжного варіанту протокол WPA (Wi-Fi Protected Access), в який входили деякі механізми 802-11i, у тому числі шифрування по протоколу TKIP (Temporal Key Integrity Protocol) і можливість застосування системи аутентифікації користувачів 802.1x, що базується на протоколі RADIUS.

У специфікацію WPA входить трохи змінений протокол TKOP-PPK. Шифрування проводиться на поєднанні декількох ключів - поточного і наступного. При цьому довжина IV збільшена до 48 біт. Це дає можливість

реалізувати додаткові заходи щодо захисту інформації, наприклад посилити вимоги до реасоціації, реаутентифікації.

Стандарт передбачає і підтримку 802.1x/EAP, і аутентифікацію з розподіленим ключем, і, безсумнівно, управління ключами.

WPA-пристрої готові до роботи як з клієнтами, які працюють з устаткуванням, що підтримує сучасні стандарти, так і з клієнтами, абсолютно не піклуються про свою безпеку. Рекомендується розподіляти користувачів з різним ступенем захищеності за різними віртуальним лініями зв'язку та відповідно до цього реалізовувати свою політику безпеки [14].

Таблиця 2.3 – Характеристики безпеки

Показник	Спосіб			
	LEAP	EAP-FAST	PEAP	EAP-TLS
Підтримка сучасних ОС	Так	Так	Не всі	Не всі
Складність ПО і ресурсоемність аутентифікації	Низька	Низька	Середня	Висока
Складність керування	Низька *	Низька	Середня	Середня
Single Sign on (єдиний логін у Windows)	Так	Так	Ні	Так
Динамічні ключі	Так	Так	Так	Так
Одноразові паролі	Ні	Так	Так	Ні
Підтримка бази користувачів у MS Windows	Ні	Так	Так	Так
Fast Secure Роуминг	Так	Так	Ні	Ні
Можливість локальної аутентифікації	Так	Так	Ні	Ні

* Складність управління низька, але необхідна продумана політика генерації паролів, що ускладнює управління.

В офіційному стандарті 802.11i до можливостей протоколу WPA додалася вимога використовувати стандарт шифрування AES (Advanced Encryption Standard), що забезпечує рівень захисту, що відповідає вимогам класу 140-2 стандарту FIPS (Federal Information Processing Standard), застосовуваного в урядових структурах США. Цей протокол по-іншому ще стали називати WPA2. І

якщо пристрої з підтримкою WPA1 можуть працювати там, де не потрібно просунуте шифрування і RADIUS-аутентифікація, то продукти стандарту 802.11i можна розглядати як WPA-обладнання, що підтримує AES.

Наприкінці 2003 року було опубліковано дослідження, згідно з яким в протоколі WPA парольний фраза коротше 20 символів і складається виключно зі слів, які є в словнику, може бути розшифрована.

Крім того, новий стандарт придбав і кілька маловідомих властивостей. Одна з них – key-caching: непомітно для користувача інформація про нього записується, що дозволяє при виході із зони дії бездротової мережі і наступному поверненні в неї не вводити всю інформацію про себе заново.

Друге нововведення – пре-аутентифікація, суть якої полягає в наступному: з точки доступу, до якої в даний час підключений користувач, пакет пре-аутентифікації направляється в іншу точку доступу, забезпечуючи цьому користувачеві попередню аутентифікацію ще до його реєстрації на новій точці, тим самим скорочуючи час авторизації при переміщенні між точками доступу.

Підтримка стандарту 802.11i включена в технологію Intel® Centrino® для мобільних ПК. Ноутбуки, побудовані на базі технології Intel Centrino для мобільних ПК, мають можливість модернізації для підтримки стандарту 802.11i.

2.1.12 Аналіз стандарту IEEE 802.11j

Ратифікація стандарту сталася в листопаді 2004 року. Стандарт призначений, головним чином, для Японії і розширює стандарт 802.11a додатковим каналом 4,9-5 ГГц. До прийняття стандарту, цей діапазон роботи WLAN, був заборонений. Ратифікація 802.11j дозволила працювати на цих частотах.

Багато фахівців називають новий стандарт "японським", і не без підстав – офіційно він озаглавлений "Специфікації рівнів контролю доступу (MAC – Wireless LAN Medium Access Control) і фізичного (PHY - Physical Layer) для безпроводних ліній зв'язку, що працюють в діапазоні 4,9-5 ГГц в Японії. Представники IEEE навіть були змушені спеціально роз'яснювати журналістам, що буквенний індекс 'j' в кодуванні стандарту 802.11j не означає Японію (Japan), а привласнений в алфавітному порядку (попередній стандарт мав кодування 802.11i).

Безпосередньо в день прийняття нового стандарту про його підтримку заявив виробник комплектів мікросхем Atheros Communications. Ця компанія вже

деякий час випускає такі комплекти, призначені спеціально для японського ринку; поява нового стандарту означає для компанії, що її клієнти – виробники апаратури – зможуть зробити свої пристрої сумісними з 802.11j, просто змінивши версію ПЗ мікросхем.

Генеральний менеджер Atheros Томокі Осава заявив, новий "стандарт фокусується на японських правилах для безпроводних ліній зв'язку, однак він буде мати вплив і в інших країнах, де технологія безпроводних ліній зв'язку все ширше використовується в рішеннях для зон бездротового доступу і останньої милі". Зокрема, в офіційному повідомленні Atheros стверджується, що в США смуга 4,9 ГГц в даний час готується для використання органами суспільній і національній безпеці.

2.1.13 Аналіз стандарту IEEE 802.11k

Стандарт IEEE 802.11k за допомогою використання керування радіоресурсами (RPM) покликаний поліпшити оцінку продуктивності вузлів доступу і клієнтських пристроїв, а також стану середовища в цілому, щоб підвищити продуктивність і керованість мереж.

Перевантаження вузлів доступу і динамічна природа бездротової середовища ставлять перед користувачами завдання підтримки і підвищення продуктивності бездротової мережі. Для вирішення цього завдання працюють в галузі компанії сформували в рамках IEEE робочу групу 802.11k, яка займається розробкою розширень існуючих стандартів 802.11 в галузі управління радіоресурсами (RRM). Технологія RRM покликана поліпшити оцінку продуктивності вузлів доступу і клієнтських пристроїв, а також стану середовища в цілому, щоб підвищити продуктивність і керованість мереж.

Дані вимірювань, отримані в рамках специфікації 802.11k, передаються для подальшого аналізу драйверам вищерозміщених рівнів. Аналізуючи ці дані, бездротовий пристрій, що підключається до бездротової мережі або переходить з однієї мережі в іншу, може оцінювати якість сигналу, завантаження каналів та інші фактори.

Крім вимірювання потужності сигналу, передбаченого стандартом 802.11h, нинішня версія специфікації 802.11k рекомендує визначати і такі параметри, як Channel Load (завантаження каналів), Noise (рівень шуму), Beacon Frame (кадри-маяки), Hidden Node (приховані вузли), Medium Sensing (вимірювання

характеристик середовища передачі), Time Histogram (тимчасова гістограма) і STA Statistics (статистика станції або пристрою).

2.1.14 Аналіз стандарту IEEE 802.11n

Стандарт IEEE 802.11n призначений для досягнення швидкостей обміну даними аж до 600 Мбіт/с. Цей стандарт був затверджений 11 вересня 2009.

Новий стандарт зрівняв дротові і бездротові системи, що дозволив корпоративним клієнтам використовувати бездротові мережі там, де це було неможливо через обмежену швидкості. Визначення швидкісних характеристик для стандарту "n" більш строгий, ніж у "g" або "b". Воно ґрунтується на фактичній швидкості передачі файлів і потоків, а не на розмірі низькорівневого трафіку, забезпеченого безліччю службових заголовків. Швидкодія забезпечується завдяки більш ефективному стисненню даних і використанню антен, що передають відразу кілька сигналів (ця технологія називається MIMO, Multiple In, Multiple Out - "багато на вході, багато на виході").

Ще одним важливим інструментом, здатним підвищити фізичну швидкість передачі, є частотні канали з більш широкою смугою пропускання. Використання каналів з більш широкою смугою пропускання, а також технології OFDM забезпечує значні переваги, дозволяючи одночасно домагатися максимальної продуктивності. Канали з більш широкою смугою пропускання більш економічні і легше доповнюються невеликим поліпшенням цифрової обробки сигналів (DSP). При правильній реалізації подвоєння старої смуги пропускання каналів 802.11 з 20 до 40 МГц дозволяє домогтися більш ніж дворазового зростання пропускної здатності використовуваних в даний час каналів. Спільне використання архітектури MIMO з ширшими частотними каналами пропонує можливість дуже потужних, але все ще економічних підходів до підвищення фізичної швидкості передачі даних.

Підходи MIMO, в яких використані тільки канали з шириною смугою пропускання 20 МГц, зажадають більш високих витрат для задоволення вимог дослідницької групи «n» до пропускної здатності не менше 100 Мб/с в MAC SAP. Задоволення вимог дослідницької групи «n» IEEE обмеження тільки 20 МГц каналами зажадає використання як мінімум трьох аналогових високочастотних трактів як для передавача, так і для приймача. У той же час 20 МГц підхід покликаний забезпечити надійну роботу додатків, яким необхідна більш висока пропускна здатність при роботі з реальними користувацькими конфігураціями.

MIMO (Multiple Input Multiple Output, технологія множинного вводу/виводу).

Усунути проблеми продуктивності і радіус дії радіопередавачів покликана нова схема кодування - MIMO (Multiple Input Multiple Output, технологія множинного вводу/виводу). Треба сказати, що саме до неї «придивляється» робоча група IEEE 802.11n, що вивчає пропозиції для WLAN наступного покоління зі швидкістю передачі, яка перевищує 100 Мбіт/с. Її ж активно підтримує Intel.

Аж до кінця 2004 року тільки компанія Airgo Networks поставляли виробникам пристроїв мікросхеми з підтримкою MIMO. Один з провідних телекомунікаційних вендорів, що побажав залишитися невідомим, тестував чіпсети Airgo протягом шести місяців. З'ясувалося, що при використанні алгоритму MIMO радіус дії передавачів збільшується на 150-300%. Так, чіпсет, що поставляється Airgo, працює на частотах 2,4 ГГц (сумісність зі стандартами 802.11b/g) і 5 ГГц (802.11a). В даний час з клієнтськими пристроями 802.11a/b/g чіпсет буде працювати як звичайна точка доступу, що має декілька більший радіус дії [13].

Оригінальність схеми кодування MIMO в тому, що для отримання бажаного ефекту в ній використані техніки, що отримують користь з деяких недоліків, зокрема з ефекту множинного відображення і інтерференції радіохвиль. Як відомо, радіосигнали відбиваються від об'єктів, створюючи безліч шляхів, що зазвичай призводить до інтерференції і загасання. Але в даному випадку множинні шляхи використовуються для передачі більшого обсягу інформації, яка збирається воедино приймаючими пристроями, що підтримують MIMO. При цьому передбачається застосування комплексних антенних систем, робота яких базується на механізмі просторово-часової обробки сигналів (SDM). Даний термін має на увазі адаптивну обробку сигналів системою, що складається з декількох антенних елементів, з використанням особливостей як просторової, так і тимчасової областей радіоканалу.

До недавнього часу майже всі розробки в області просторово-часової обробки сигналів ставилися до базових станцій або точки доступу, але не до мобільних пристроїв. Це відбувалося внаслідок недостатньої обчислювальної потужності для реалізації алгоритмів і малої ємності батарей у останніх. Однак прогрес не стоїть на місці, і сьогодні такі технології вже доступні і для них.

Сама по собі техніка просторово-часової обробки сигналів може застосовуватися як на передавальному, так і на приймальному обладнанні. В обох

випадках говорять про технології інтелектуальних або фазованих антенних решіток. Більшість традиційних систем на базі таких антен використовують концепцію, відому як формування діаграми спрямованості. Вузька діаграма спрямованості дозволяє сфокусувати енергію сигналу в певному напрямку (зазвичай назустріч приймального пристрою), що збільшує відношення сигнал/шум. При використанні вузького антенного променя зменшуються перешкоди, покращується відношення сигнал/перешкода, а, отже, підвищується ефективність використання спектра.

Інші схеми, які застосовують інтелектуальні антени, покращують якість каналу за рахунок коефіцієнта посилення при прийомі на рознесені антени. При багатопроменовому поширенні сигналу рівень прийнятої потужності є випадковою функцією, залежною від місця розташування користувача, часу і поточного завмирання сигналу. У тому випадку якщо використовується антенний масив, ймовірність втрати сигналу усіма антенами зменшується експоненціально, зі збільшенням числа некореляційних сигналів (або антен). Схема рознесення до сучасних бездротових мережах з системами приймаючих і передавальних систем використовує просту комутацію, щоб вибрати (з двох) антену з найвищим співвідношенням сигнал/шум. Саме тому в системах на базі інтелектуальних антен швидкість передачі даних не збільшується. Поліпшується тільки якість каналу. Для того щоб підвищити пропускну здатність каналу, необхідно застосовувати антенні масиви як на передавальному, так і на приймальному його кінцях. Такі системи і називаються MIMO.

У середовищі з багатопроменовою передачею сигналу пакет даних, перш ніж досягне приймача, розсіюється на різних довільних об'єктах: стінах, поверхнях і т. Настільки, здавалося б, негативний ефект і застосовується в системах MIMO для збільшення ємності каналу. Це досягається за рахунок того, що передавач розбиває потік даних на незалежні послідовності бітів і пересилає їх одночасно, використовуючи масив антен. Сигнали, природно, змішуються в каналі, оскільки генеруються в одному діапазоні частот. Тому антени передавача і приймача повинні бути досить далеко рознесені в просторі і випромінювати поляризовану хвилю для того, щоб утворити незалежні шляхи поширення.

Далі включається зворотна техніка, і приймач, володіючи службовою інформацією про кожний підканал, відновлює з окремих потоків первісний вигляд даних. Так, компанії Toshiba вдалося досягнути не тільки збільшення продуктивності свого рішення в порівнянні з одноантенними системами, але й

значно спростити використовуване обладнання. Зокрема, була застосована технологія так званого псевдонадлишкового пошуку простору стану (pseudo-exhaustive state space searching), за допомогою якої вдалося знизити складність роботи по декодуванню вхідного сигналу, і, як результат, зменшити енергоспоживання.

2.2 Аналіз методів шифрування у безпроводних мережах стандарту 802.11

Визначимо доступні нам заходи і засоби, що дозволяють зробити безпроводну мережу якомога безпечнішою на виході стандарту 802.11. Отже, необхідно [15]:

- зменшити зону радіопокриття (зрозуміло, до мінімально прийнятною), в ідеальному випадку, зона радіопокриття мережі не повинна виходити за межі контрольованої території;
- змінити пароль адміністратора, встановлений за замовчуванням;
- активізувати фільтрацію по MAC-адресам;
- заборонити широкомовну розсилку ідентифікатора мережі (SSID);
- змінити ідентифікатор мережі (SSID), що встановлений за замовчуванням;
- періодично змінювати ідентифікатор мережі (SSID);
- активізувати функції WEP, а краще WPA;
- періодично змінювати WEP-ключі, або динамічна зміна ключів в WPA;
- встановити і налаштувати персональні ME і антивірусні програми у абонентів бездротової мережі;
- виконати відповідні налаштування фільтрації трафіку на телекомунікаційному обладнанні і міжмережєвих екранах;
- забезпечити резервування обладнання, що входить до складу бездротової мережі;
- забезпечити резервне копіювання ПО і конфігурацій обладнання;
- здійснювати періодичний моніторинг стану захищеності безпроводної мережі за допомогою спеціалізованих засобів аналізу захищеності.

У липні 2001 року хакери виявили вразливе місце в WEP, і вже протягом лічених тижнів в Інтернеті з'явилося кілька інструментів злому, в яких було використано це відкриття. І насправді 64-бітний алгоритм зламується за лічені хвилини, 128-бітний, хоча і буде складніше, також не представляє особливої

проблеми при належному старанні. Це жодною мірою не свідчить про легкість злому 64- і 128-бітних ключів, адже якщо використовувати, наприклад, класичний метод перебору, то про злом можна забути. Проте в даному випадку має місце криптографічний недолік WEP - слабкість схеми генерації ключів, для якої використовується дуже мале підмножина символів, тому злом таких паролів ґрунтується на методі аналізу. Крім того, WEP використовує статичні ключі, тому варто частіше міняти їх вручну. Для бездротової мережі, що складається з точки доступу і трьох клієнтів, це не представляє особливої проблеми, то для корпоративних мереж з сотнями бездротових користувачів дане рішення явно не підходить.

Алгоритм аналізу зашифрованих даних. Ще, однак, і при 64-, і при 128-бітному ключі має місце деяка умовність. Справа в тому, що ефективна довжина ключа в першому випадку становить 40 біт, а в другому - 104 біт. Відсутні, до заявлених, службові 24 біт використовуються для дешифрування інформації на приймаючій стороні. Таким чином, числа "64" і "128" хороші лише для прес-релізів, а не для реальної безпеки. Більше того, для забезпечення достатнього рівня безпеки при використанні WEP-шифрування потрібна зміна 64-бітного ключа раз на півгодини, а 128-бітного - раз на годину (в реальності часто ключі прописують раз і назавжди).

Існує поширена помилка, що застосування унікального Service Set ID (SSID) дозволяє уникнути несанкціонованих підключень. На жаль, SSID придатний лише для логічного розбиття мережевих пристроїв на групи. Єдине, що ви можете зробити за допомогою SSID – це збентежити зломщиків використанням "недрукованих" символів.

Однак це труднощі, що лежать на поверхні. Які ж методи сьогодні використовуються при зломі WEP? Перш за все, аналіз "підслуханого" трафіку утилітами AirSnort і WEPCrack (пошук в Інтернеті за допомогою www.google.com видає домашні сторінки обох проектів в першій же сходинці). Для того щоб читач реально уявляв собі ступінь захисту (або беззахисності) бездротової мережі, наведемо такі цифри: при аналізі бездротового трафіку на розшифровку 128-бітного ключа (насправді він 104-бітний, як вже було описано) за допомогою AirSnort йде всього 2-4 години.

Недостатність довжини ключа (рекомендується не менше 22 символів), відсутність його ротацій і сам принцип шифрації RC4 - все це дозволяє зловмисникові організувати вельми ефективну пасивну атаку. Причому для цього

йому не доведеться здійснювати ніякі дії, які допомогли б його виявити, - він буде просто слухати канал. Не потрібно при цьому і спеціального устаткування - досить звичайної WLAN-картки, купленої доларів за 20-25, а також програми, яка буде накопичувати пакети на жорсткому диску до збігу значень вектора IV. Коли кількість пакетів стане достатнім (найчастіше від 1 до 4 млн. Пакетів), WEP-ключ легко обчислюється.

Непоганих результатів може досягти хакер, що вдається до активних способів атаки. Наприклад, посилаючи в локальну мережу відомі дані (скажімо, з Інтернету) і одночасно аналізуючи, як їх зашифрувала точка доступу. Такий метод дозволяє обчислити ключ і маніпулювати даними.

Ще один метод активної атаки – Bit-Flip attack. Алгоритм дії тут наступний. У перехопленій фреймі, зашифрованому WEP, довільно змінюється кілька бітів в полі "Дані", перераховується контрольна сума CRC-32 і посилається назад на точку доступу. Точка доступу приймає фрейм на каналному рівні, оскільки контрольна сума вірна, намагається дешифрувати дані і відповідає заздалегідь відомим текстом, наприклад: "Ваш ключ шифрування невірний". Наступне порівняння тексту в зашифрованому і незашифрованому вигляді може дозволити обчислити ключ.

Атакам DOS, що використовують спосіб широкосмугової модуляції DSSS, можуть бути схильні пристрої стандарту 802.11b і 802.11g, що працюють на низьких швидкостях.

Все вищесказане дозволяє говорити про ненадійність старих методів забезпечення безпеки в бездротових мережах, тому в тих випадках, коли наявне обладнання не дозволяє реалізувати сучасні рішення по захисту інформації, необхідно або використовувати найсуворішу адміністративну політику, або застосовувати технологію IPSec-ESP, яка дасть можливість надійно захистити дані, проте помітно знизить продуктивність ліній зв'язку.

Для вирішення проблеми WEP був прийнятий стандарт IEEE 802.11i (з алгоритмом шифрування WPA2 розглянутий вище), спрямований на усунення слабких місць в сучасних протоколах ідентифікації та шифрування, який об'єднує протоколи 802.1X, TKIP і AES, що підтримують ключі довжиною 128, 192 і 256 біт.

Для аутентифікації користувачів використовуються сертифікати RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Service - сервер RADIUS повинен підтвердити

право доступу). Такий метод має на увазі, головним чином, корпоративне використання.

Сервер RADIUS – свого роду "прохідна", вахтер на якій самостійно вирішує, пустити користувача в мережу чи ні. До честі деяких виробників бездротового доступу (наприклад, D-Link і US Robotics), можливість авторизації і аутентифікації користувача на сервері RADIUS за допомогою 802.1x передбачена навіть у досить старих пристроях стандарту 802.11b.

В даний час є кілька популярних реалізацій RADIUS-серверів: FreeRadius, GNU Radius, Cistron Radius, Radiator Radius, Microsoft IAS, Advanced Radius. Деякі з них – комерційні продукти, деякі – доступні для безкоштовного використання з дотриманням відповідних ліцензійних вимог.

У загальному випадку алгоритм прив'язки RADIUS-сервера до бездротової мережі може бути такий [14]:

- мережевий адміністратор дає команду RADIUS-серверу завести нову облікову картку користувача із занесенням в неї імені користувача, під яким він буде проходити аутентифікацію, і його пароля;

- внесений в базу RADIUS-сервера користувач за допомогою бездротового зв'язку підключається до точки доступу, щоб перевірити електронну пошту;

- точка доступу запитує у користувача його ім'я та пароль;

- точка доступу зв'язується з RADIUS-сервером і дає запит на аутентифікацію користувача;

- RADIUS-сервер знаходить валідні ім'я користувача та пароль, дає добро на нову сесію і заводить в журналі відповідний запис про початок нової сесії;

- точка доступу надає користувачеві можливість працювати з тими сервісами, які йому запропоновані (це і є авторизація);

- по закінченні сесії, яка може бути перервана або самим користувачем, або RADIUS-сервером (наприклад, минув "нарізаний" за регламентом проміжок часу роботи), RADIUS-сервер робить в журналі запис про закінчення сеансу.

Як бачимо, процедура досить сувора, але в теж час логічно вірна, хоча і відноситься лише до управління доступом.

Другий спрощений варіант аутентифікації вимагає попередньої установки розділених паролів на мережеві пристрої режим аутентифікації PSK (Pre-Shared Keys). Цей метод найкраще застосовувати в домашніх умовах або там, де не відбувається обмін важливою інформацією.

Користувачам бездротових мереж треба враховувати те, що безпека бездротових мереж Wi-Fi можна порівняти з безпекою Інтернету, тому всю конфіденційну інформацію варто додатково захищати. Крім того, сам факт прослуховування бездротової мережі дуже важко встановити: зломщиків досить сидіти на сусідньому даху зі спеціальною спрямованою антеною. Більше того, є відомості, що англійські "народні умільці" використовували для збору інформації звичайні бляшані консервні банки.

Всі ці методи захисту сьогодні можна реалізувати на обладнанні практично будь-якого виробника, представленого на ринку бездротових мереж стандарту 802.11 і має логотип Wi-Fi.

Назвемо комплекс вищеперелічених заходів захисту "початковим" рівнем, нижче якого опускатися категорично не можна при проектуванні корпоративної бездротової мережі.

2.3 Порівняльна характеристика основних стандартів 802.11

Поява Wi-Fi стала можливою завдяки прийнятому в 1985 році Федеральною комісією зв'язку США (FCC – Federal Communications Commission) рішення відкрити для використання без державного ліцензування кілька смуг радіочастотного діапазону. Ці так звані «непридатні частоти» вже були виділені для роботи такого обладнання, як мікрохвильові печі, в яких радіохвилі використовуються для нагрівання їжі. Тим не менш, для роботи в цих смугах пристрої мають підтримувати технологію «spread spectrum» (розширеного спектру). Ця технологія «розкидає» радіосигнал по широкому діапазону частот, роблячи його менш сприйнятливим до інтерференції і ускладнюючи перехоплення інформації.

У 1999 році була створена незалежна міжнародна організація Wi-Fi Alliance. Назва «Wi-Fi» – винахід організації Wi-Fi Alliance (колишня назва WFA - Wireless Ethernet Compatibility Alliance – альянс із забезпечення сумісності бездротових рішень Ethernet). WFA прийшла до висновку, що термін «IEEE 802.11b-compliant» («відповідний стандарту IEEE 802.11b») занадто довгий і складний для запам'ятовування споживачем, якому потрібна сертифікована продукція. У той час «Wi-Fi» не значило нічого, але було співзвучно з відомим для споживачів назвою «hi-fi». Згодом термін «Wi-Fi» стали розшифровувати як «Wireless Fidelity» (точність безпроводної передачі інформації). Ця організація об'єднує практично

всіх провідних виробників Intel, IBM, Cisco, HP, Dell та інших. На даний момент до неї входять понад 200 компаній.

Торгова марка Wi-Fi гарантує сумісність обладнання від різних виробників. Спочатку в ноутбуках використовувалися адаптери стандарту 802.11b, тому логотип Wi-Fi часто асоціювався саме з цим стандартом. В даний час під Wi-Fi розуміється будь-який з стандартів 802.11.

На сьогоднішній день значна частина сучасних ноутбуків спочатку комплектується вбудованими модулями WLAN. Для бізнес-моделей це стало практично стандартом, а для бюджетних ноутбуків досить часто практикується менш дорогий варіант "Wireless Ready". Це означає, що в ноутбуці вже є роз'єм для підключення модуля Wi-Fi і при необхідності його встановити. Також можна просто придбати Wi-Fi-адаптер для установки його в роз'єм PC-Card.

Визначальним моментом для масового оснащення ноутбуків Wi-Fi стало впровадження платформи Intel Centrino, що поєднує собі нове покоління мобільних процесорів Pentium M, сімейство адаптерів бездротового зв'язку Intel PRO/Wireless 2100 і чіпсетів сімейства Intel 855. Новий бренд Centrino був анонсований 8 січня 2003, а вже 12 березня платформа була представлена офіційно. Тоді ж з'явилися перші ноутбуки з логотипом Centrino, які на даний момент займають переважну частину всього ринку ноутбуків.

Найбільшого поширення набули бездротові мережі стандарту IEEE 802.11b, IEEE 802.11g і IEEE 802.11a, IEEE 802.11n. Їх порівняння представлено в таблиці 2.4 [14].

Таблиця 2.4 – Порівняння основних стандартів

Характеристики	Стандарт			
	802.11b	802.11g	802.11a	802.11n
1	2	3	4	5
Кількість каналів	3 що не перекриваються	3 що не перекриваються	12 що не перекриваються	52 частотних підканалів
Робоча частота	2,4 ГГц	2,4 ГГц	5 ГГц	2,4 або 5,0 ГГц

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Швидкість передачі даних	11 Мбіт/с	До 54 Мбіт/с	До 54 Мбіт/с	До 600 Мбіт/с
Обов'язковим є підтримка швидкостей	1; 2; 5,5; 11 Мбіт/с	1; 2; 5,5; 6; 11; 12 і 24 Мбіт/с (опціональні швидкості 33, 36, 48 і 54 Мбіт/с)	6; 12; 24 Мбіт/с (опціональні швидкості 9; 18; 36; 48; 54 Мбіт/с)	Сумісність з усіма попередніми стандартами, при зв'язку з стандартом "n" швидкість до 600Мбіт/с
Схема модуляції	Широкої смуги з прямим розширенням спектру (DSSS)	Мультиплексування з поділом по ортогональних частотах (OFDM)	Мультиплексування з поділом по ортогональних частотах (OFDM)	Ортогональне частотне мультиплексування (OFDM)
Відстань і швидкість передачі даних	У закритих приміщеннях: 30 м (11 Мбіт/с), 91 м (1 Мбіт/с) У межах прямої видимості: 120м (11 Мбіт/с), 460м (1 Мбіт/с)	У закритих приміщеннях: 30 м (54 Мбіт/с), 91 м (1 Мбіт/с) У межах прямої видимості: 120м (54 Мбіт/с), 460м (1 Мбіт/с)	У закритих приміщеннях: 12 м (54 Мбіт/с), 91 м (6 Мбіт/с) У межах прямої видимості: 30м (54 Мбіт/с), 305м (6 Мбіт/с)	У закритих приміщеннях: 10 м (75 Мбіт/с), 46 м (1 Мбіт/с) У межах прямої видимості: 22м (75 Мбіт/с), 250 (1 Мбіт/с)

2.4 Висновки до розділу 2

Отже, при використанні сучасного обладнання та програмного забезпечення в даний час можливо на базі стандартів серії 802.11 побудувати захищену і стійку до атак бездротову мережу, для чого необхідно реалізувати декілька методик.

Необхідно поєднувати як протокольні і програмні способи захисту, так і адміністративні. Також варто подумати і про впровадження технології «системи виявлення вторгнення - Intrusion Detection Systems (IDS)» або спеціальних програмних пакетів для виявлення можливого вторгнення.

Підчас планування захищеної бездротової мережі потрібно пам'ятати, що будь-яке шифрування або інші маніпуляції з даними неминуче призводять до додаткових затримок, збільшують об'єм службового трафіку і навантаження на процесори мережевих пристроїв. Безпека – безумовно, важливий фактор у сучасних мережах, але він втрачає всякий сенс, якщо трафік користувача не отримує належної смуги пропускання. Мережі створюються в кінцевому рахунку не для адміністраторів, а для користувачів.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ БЕЗПРОВІДНИХ КАНАЛІВ СТАНДАРТУ 802.11

3.1 Основні параметри визначення ефективності роботи безпроводних мереж

Для досягнення поставлених в роботі завдань необхідно визначити основні параметри ефективної роботи безпроводних мереж. Існує безліч різноманітних відомих характеристик технічної ефективності мереж, серед яких особливої уваги заслуговують енергетична b ((Вт/Гц)/Дж), частотна g ((біт/с)/Гц) та інформаційна h (безрозмірна величина) ефективність, що залежать від застосованого різновиду модуляції сигналу. Енергетичну ефективність визначають, користуючись формулою 3.1.

$$b = \frac{N_0}{E_b} \quad (3.1)$$

де N_0 – спектральна густина потужності (СГП) (Вт/Гц) білого шуму в каналі електрозв'язку; E_b – енергія одного біта інформації, Дж;

Для обчислення енергетичної ефективності використовують залежності ймовірності помилки для певного різновиду модуляції від відношення середньої енергії одного біта інформації до енергетичної спектральної густини білого шуму у каналі зв'язку.

Частотна ефективність визначається виразом:

$$g = \frac{v_b}{\Delta F_c} \quad (3.2)$$

де v_b – швидкість передавання інформації, біт/с;

ΔF_c – ширина спектра сигналу, с (прийнято, що смуга пропускання каналу $\Delta F_c = DF$);

Інформаційна ефективність буде визначатись за співвідношенням:

$$h = \frac{v_b}{C_k} \quad (3.3)$$

де C_k – пропускна здатність каналу електрозв'язку (системи), біт/с;

Комплексна формула визначення інформаційної ефективності, яка об'єднує всі основні показники, буде мати вигляд:

$$h = \frac{g}{\log_2 \left(\left(\frac{g}{b} \right) + 1 \right)} \quad (3.4)$$

Інформаційна ефективність показує, наскільки швидкість передавання інформації менша від пропускної здатності каналу.

Отже, для обчислення інформаційної ефективності необхідно визначити енергетичну та частотну ефективності телекомунікаційної системи чи мережі під час використання певного виду модуляції сигналу. Очевидно, що вид модуляції впливає на досягнення певного значення інформаційної ефективності. Вибір оптимального за цих умов використання телекомунікаційної системи виду модуляції сигналу дає змогу забезпечити найвищу можливу інформаційну ефективність системи.

Загальна ефективність роботи будь якої телекомунікаційної мережі визначається такими параметрами, як пропускна здатність, точність передачі, неспотвореність, час затримки, час реакції, технічна надійність, завадостійкість та загальна безпека інформації.

Загальне рівняння ефективності каналу передачі і системи в цілому можна представити так:

$$\begin{aligned}
F_{TKC} = & a_1 \frac{V_{np\delta}(t)}{F1_{\max} \cdot T_{np}} + a_2 \left[1 - \frac{1}{F2_{\max} \cdot N_n} \sum_n^N t_{nn} + t_{non} + t_{on} + t_{nen} + t_{oen} \right] + a_3 \left[1 - \frac{(t_{eux} - t_{ex}) + \square t_{np\delta}}{F3_{\max}} \right] + \\
& + a_4 \left[1 - \frac{\sum P_{zn}(t) \cdot (1 - P_z(t))}{F4_{\max}} \right] + a_5 \left[1 - \frac{(n+V)!}{F5_{\max} \cdot IV!} \cdot \left(\frac{l_{\delta idl}}{l \mu_{\delta idl}} \right)^{n+1} \right] + a_6 \frac{1}{F6_{\max} \cdot C_{nn}(t)} \sum_r^R (P_{zn}(t)) \cdot \\
& \cdot \sum_r^R C_{mnc}(t-1) + a_7 \frac{a_r \cdot N_r(t)}{F7_{\max}} + a_8 \left[\frac{V_{np\delta}(t)}{F8_{\max} \cdot V_{n\delta}(t)} \right] + a_9 \left[1 - \frac{P_{\delta eu}}{F9_{\max}} \right] + a_{10} \left[1 - \frac{D_{зк}}{F10_{\max} \cdot (D_{нзк} + D_{зк})} \right].
\end{aligned} \tag{3.5}$$

де $\alpha_1 - \alpha_{10}$ – вагові коефіцієнти кожного з параметрів

F1-10 – максимальне значення і-го показника, яке використовується для нормування;

Основним параметром що впливає на швидкість передачі кадрів, а також на наявність у них помилок є рівень потужності прийнятого сигналу на вході приймача P_{RX} . Ця потужність залежить від потужності випромінювання передавача P_{TX} та параметрів середовища передачі [10]. Тому тут можна застосувати рівняння взаємозв'язку цих потужностей які знаходяться на відстані один від одного, так зване рівняння бюджету каналу:

$$P_{rx} = P_{tx} + G1 + G2 - L_{rx} - L_{tx} - L \tag{3.6}$$

де G1, G2 – коефіцієнти підсилення антен передавача та приймача,

L – втрати потужності сигналу в середовищі передачі.

Втрати потужності сигналу в середовищі передачі можна визначити за наступною формулою:

$$L = \frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2 G_1 G_2 \eta_1 \eta_2} \tag{3.7}$$

де η_1, η_2 – коефіцієнти корисної дії фідерів передавача та приймача;

λ – довжина хвилі,

d – відстань між антенами.

Враховуючи дослідження моделі Хата у для стандарту 802.11 втрати потужності в умовах складних забудов можна записати так:

$$L = -27,6 + 20 \log(1000d) + 20 \log(f) + \text{fix} \left(\frac{1000d}{d_k} \right) L_0 + k_f L \quad (3.8)$$

де d_k – довжина кімнати;

L_c – втрати за рахунок внутрішніх стін;

L_n – втрати за рахунок підлоги;

b – емпіричний коефіцієнт;

f – частота сигналу.

Враховуючи мобільність абонентів можна отримати залежність частоти сигналу від швидкості руху, так званий ефект Доплера. В мережах Wi-Fi як правило з'єднання може бути між двома абонентами безпосередньо, із використанням точки доступу, а також у мережі із багатьма точками доступу та ретрансляторами. В таких ситуаціях абоненти можуть бути як стаціонарними так і рухомими, і під час руху швидкість передачі може зменшуватись. Таким чином, залежність частоти сигналу від швидкості абонента можна записати так:

$$f_v = f \left(\frac{1 + \frac{v_{пр}}{c}}{1 - \frac{v_{пд}}{c}} \right) \quad (3.9)$$

Також, одним із основних параметрів, що впливають на пропускну здатність безпроводного каналу передачі є рівень чутливості приймача. Вона визначає мінімально допустимий рівень сигналу при якому приймач може декодувати інформацію із заданою точністю або заданим рівнем сигнал/шум. В цифрових системах передачі сигнал/шум – відношення енергії сигналу E на 1 біт інформації до густини потужності шумів P [10]. Тоді, враховуючи побудову каналу нарис. 1 та формулу (1), відношення сигнал/шум можна записати наступним чином:

$$E/N = \frac{P_{RX}}{(P_{ш} + P_i)R}, \quad (3.10)$$

де R – швидкість передачі інформації;

P_i – потужність інтерференційних завад.

Величина $P_{ш}$ містить в собі як внутрішні шуми приймального тракту так і зовнішні шуми, які надходять із каналу передачі на приймальну антену. До шумів у каналі можна віднести шуми, джерелами яких є інші випромінювання на цих

самих частотних каналах (побутові пристрої, безпроводні телефони, керуючі пристрої та системи контролю параметрів та інші), атакою випромінювання навколишнього середовища (наприклад: температурний атмосферний шум, промисловий шум, космічний шум та інші).

Враховуючи, рівень шумів можна визначити за наступним виразом:

$$P_{\text{ш}} = kT \left[\left(\frac{k_{\text{ш}}}{k_{\text{ф}}} - 1 \right) + \left(\frac{1}{P_0} \sum_{i=1}^m P_i - 1 \right) \right], \quad (3.11)$$

де k – стала Больцмана;

T – температура роботи приймача;

$k_{\text{ш}}$ – коефіцієнт шуму приймального тракту;

$k_{\text{ф}}$ – коефіцієнт передачі потужності фідера;

P_i – потужність шумів середовища передачі;

m – кількість завад у середовищі передачі;

Інтерференція у безпроводних каналах передачі стандарту 802.11 – це сигнали від інших передавачів цього ж стандарту, які використовують однаковий частотний канал або частково перекривають його. При наявності великої кількості безпроводних мереж основним джерелом шуму є інтерференція. На практиці вплив інтерференції виникає при збільшенні навантаження на мережі при передачі великих об'ємів інформації, які використовують один той самий частотний канал.

Враховуючи те що інтерференційних джерел може бути 1 n S (t)..S (t), то загальну потужність цих завад визначимо за наступним виразом:

$$P_{\text{ін}} = \frac{G_2}{L_{RX}} \sum_{i=1}^n \frac{P_{c.c.i} G_{c.c.i}}{G_{\text{ф}.i} L_{i.i} L_3}, \quad (3.12)$$

де i L – послаблення в інтерференційному каналі;

L_3 – згасання в антенно-фідерному пристрої інтерференційного передавача;

$G_{\text{ф}}$ – послаблення при мінімальній кутовій відстані між антенами;

$G_{c.c.}$ – коефіцієнт підсилення антени суміжної станції;

$P_{c.c.}$ – потужність сигналу суміжної станції.

Таким чином, враховуючи формули (2.2)–(2.7), потужність на вході приймача прийме вигляд:

$$P_{RX} = \left(\frac{E}{N} \right) \left(kT \left[\left(\frac{k_{ш}}{k_{\phi}} - 1 \right) + \left(\frac{1}{P_0} \sum_{i=1}^m P_i - 1 \right) \right] + \frac{G_2}{L_{RX}} \sum_{i=1}^n \frac{P_{c.c.i} G_{c.c.i}}{G_{\phi,i} L_{i,i} L_3} \right) R.$$

Наведений вище вираз показує, яку необхідно забезпечити потужність сигналу на вході приймача для забезпечення необхідної швидкості передачі.

Отже бачимо, що ефективність залежить від багатьох параметрів. Тому, для покращення ефективної оцінки та роботи, необхідно враховувати кожен з них.

3.2 Метод технічного аналізу сигналів бездротового зв'язку

Система технічного аналізу (СТА) є складовою частиною програмного пакету спеціального математичного забезпечення автоматизованих комплексів радіомоніторингу і призначена для технічного аналізу радіосигналів – визначення типу модуляції і вимірювання їх параметрів [1].

Дана програма забезпечує аналіз сигналів по радіочастоті, детектованих сигналів і сигналів, що передаються на відносній частоті. Аналіз може здійснюватися як в реальному часі, так і в відкладеному режимі за записаними даними.

У програмі реалізовані наступні функції:

- управління апаратним комплексом;
- відображення сигналів з масштабуванням за часом і амплітудою;
- відображення спектрів сигналів з різним дозволом масштабування по частоті;
- відображення сигналів на фазовій площині;
- смугова фільтрація сигналів;
- зрушення сигналів по частоті;
- амплітудне, частотне і фазове
- амплітудне, частотне і фазове детектування сигналів;
- визначення частотних і тимчасових параметрів радіосигналів;
- визначення смуги радіосигналів;
- зведення сигналів в квадрат і четверту міру для розпізнавання виду модуляції;
-

відображення тимчасових і амплітудних гістограм радіосигналів для розпізнавання цифрових видів модуляції;

- відображення графіків максимальної і мінімальної девіації для визначення структури сигналів;

- збереження параметрів аналізу і демодуляції сигналів;

- автоматичне налаштування параметрів демодуляції і збереження файлів конфігурації (для швидкого вибору демодуляторів відповідно до стандартних протоколів передачі даних).

Функціональна схема системи технічного аналізу сигналів представлена на рисунку 3.1.

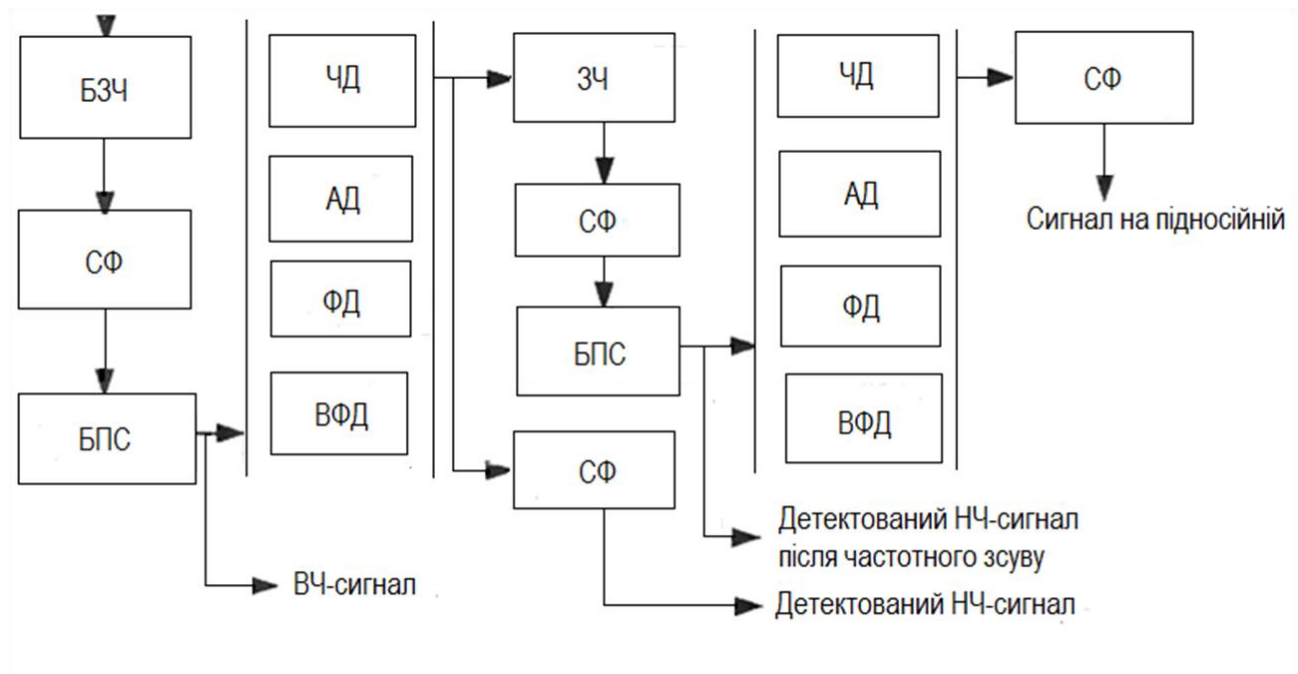


Рисунок 3.1– Функціональна схема СТА

Комплексні відліки вхідного високочастотного сигналу поступають на вхід модуля зрушення частоти.

Для детектування сигналу зрушення здійснюється аналіз у нульову частоту. Далі сигнал проходить через нульовий фільтр, застосування якого у ряді випадків дозволяє збільшити відношення сигнал/шум.

Фільтр реалізований у вигляді цифрового не рекурсивного фільтра 127-го порядку з кінцевою імпульсною характеристикою. Фільтр має амплітудно-частотну характеристику, близьку до прямокутної, і лінійну фазо-частотну характеристику. Після нульового фільтра сигнал може бути зведений в 1-у, 2-у або 4-у

ступінь для розпізнавання фазоманіпульованих сигналів. Далі сигнал його спектр відображається на графіках в режимі аналізу радіосигналу.

Для аналізу виду модуляції вибирається один з детекторів: частотний, амплітудний, фазовий або відносний фазовий, Сигнал після детектування можна додатково обробити з допомогою другого смугового фільтра.

Для аналізу сигналу на тій, що піднесе детектований сигнал перетворюється в комплексний вид, зрушується на нульову частоту і проходить через смуговий фільтр. Додатково сигнал може бути возведений в міру для розпізнавання фазової маніпуляції. Після такої обробки сигнал відображається на графіках (в режимі при нажатій кнопці «Зрушення».

Для де модулювання сигналу на підносійній може бути вибраний частотний, амплітудний, фазовий або відносний фазовий детектор з другого набору. Детектований сигнал на підносійній також може бути відфільтрований за допомогою третього смугового фільтра, після чого він відображається на графіку.

Ще один метод моніторингу бездротових мереж модуль автоматичного аналізу радіосигналів. У наш час можливість автоматичного визначення виду модуляції звимірюванням її параметрів передбачена в багатьох апаратно-програмних комплексах [11]. В найзагальнішому вигляді така експертна система може бути представлена таким чином (рисунок 3.2).

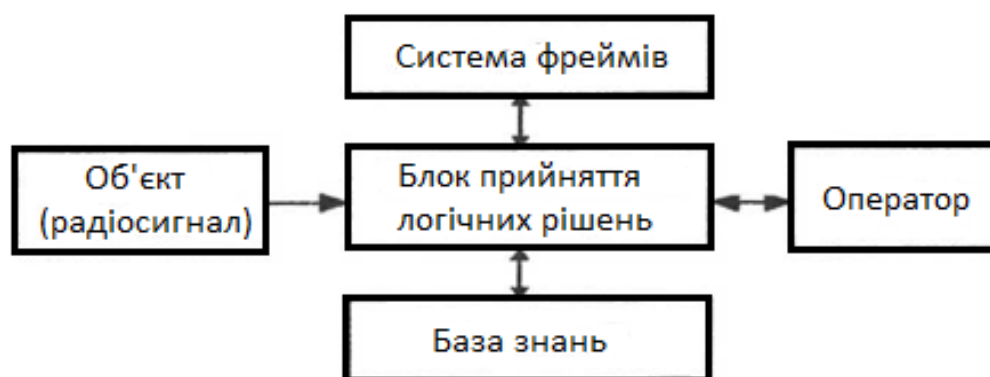


Рисунок 3.2 – Структура методу

Система фреймів є в порядкуюю структурою модулів-описів розпізнаваних сигналів зокремими полями (слотами),

в яких зберігаються конкретні значення істотних характеристик цих сигналів. Розпізнавання зводиться до зіставлення значень полів фреймів з характеристиками спостережуваного об'єкту радіосигналу і подальшого логічного аналізу.

Для прискорення процедури фреймів порядковані у вигляді дерева. При цьому розпізнавання йде від загальних ознак класу сигналів до специфічних. Процес вважається завершеним – при успішному зіставленні характеристик сигналу із записами в полях останнього фрейма (листа) на конкретній гілці дерева, або за відсутності такого збігу на нижчому ієрархічному рівні.

Істотно збільшити швидкість і правильність визначення типу сигналу можна за рахунок звуження набору діапазону значень ключових параметрів, які можуть зберігатись у базисах та в конкретних радіоджерелах. На даний момент експертна система дозволяє розпізнавати широкую номенклатуру каналових, так і цифрових сигналів.

На носійній частоті, система розпізнає наступні види модуляцій:

- сигнал з амплітудною модуляцією (АМ);
- телевізійний сигнал (канал яксвисті);
- амплітудну (АМ) і балансну (БМ) модуляції;
- кутову і частотну модуляції;
- частотну і бінарну фазову маніпуляцію;
- квадратурну модуляцію, квадратурну фазову маніпуляцію (QPSK);
- диференціальну квадратурну фазову маніпуляцію зі зрушенням;
- маніпуляцію з мінімальним зрушенням (MSK).

На підносійній частоті система розпізнає:

- тон;
- стандарти стереорадіоповіщення;
- швидку частотну маніпуляцію;
- квадратурну фазову маніпуляцію із зрушенням.

Структура методу на основі BPSK показана на рисунку 3.3.

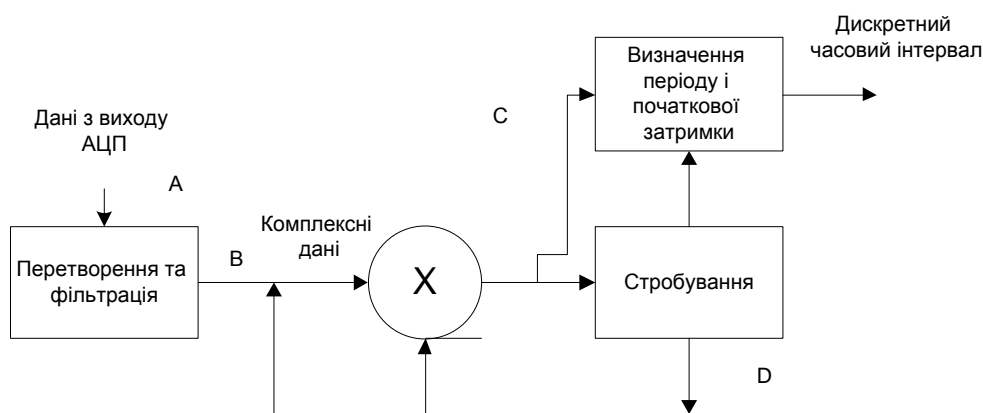


Рисунок 3.3 – Структура методу на основі BPSK

Окрім розпізнавання вимірюється ряд параметрів сигналів: носійна частота, частота підносійної, ширина смуги, параметри модуляції (коефіцієнт амплітудної модуляції, девіація частоти, індекс кутової модуляції, швидкість передачі інформації для цифрових сигналів). Особливо важливим є те, що реалізована експертна система є відкритою, вона дозволяє досить просто додавати нові фрейми описи нових сигналів без зміни своєї загальної структури, зберігаючи свої якості при розширенні можливостей Функціонування системи розглянемо на прикладі бінарної фазової маніпуляції.

Досліджуваний сигнал виходу приймача поступає на аналого-цифровий перетворювач. Отримані речові цифрові дані перетворюються в комплексну форму з одночасною фільтрацією в смузі, визначеній оператором, з подальшим перенесенням на нульову частоту. Оцінка носійної частоти і початкової фази сигналу виконується по методу аналізу спектральних ліній. Отримані значення необхідні для синхронізації по частоті і фазі. Далі виконується тактова синхронізація для подальшого строкування і визначення наявності дискретних посилок в сигналі вимірювання швидкості передачі інформації. Для того, щоб строб-імпульс розташовувався в середині окремого інформаційного символу, вимірюється період тактової частоти і початкова затримка послідовності імпульсів. Після строкування аналізується векторна сигнальна діаграма. Перевага такої системи в тому, що вона не має жорстко визначеного способу обробки для кожного виду модуляції послідовність операцій може бути своєю.

3.3 Програмні продукти для оцінки параметрів безпроводних каналів

InSSIDer є однією з програм для моніторингу доступних Wi-Fi мереж. Знаходить всі доступні Wi-Fi мережі, визначає їх і перераховує всю детальну інформацію, таку як MAC адреси, SSID, канал, RSSI і час останнього перегляду. Додаток забезпечує графічне представлення мережі.

InSSIDer детально сканує всі доступні місця з Wi-Fi мережами. На додаток до класичного виявлення кольором може вказати, де найбільша концентрація сильних мереж. Знайденим Wi-Fi сигналами завжди призначається докладний перелік інформації про силу сигналу, MAC-адресу, канал, SSID, RSSI, часу. Кожен сигнал мережі, графічно виявляється безпосередньо у вікні, де вони можуть бути зіставлені один з одним. Додаток запам'ятовує положення в мережі за допомогою GPS даних. Експортовані WiFi і GPS дані можуть бути вставлені в KML папку в Google Планета Земля.

InSSIDer пропонує моніторинг всіх доступних Wi-Fi мереж, інформацію про MAC-адреси, SSID, RSSI, канал, сигнал і дисплей, подивитися GPS місце розташування точок мережі і можливість експорту в Google Earth, графічний і барвистий сигнал на екрані. Додаток англійською мовою, але зрозумілий і простий в обігу. Він може працювати тільки на Windows XP і вище. Особливо його оцінять користувачі, які на місцях з низькою концентрацією сигналів з WiFi мереж. Це і є основним недоліком програми. Робоче вікно програми показано на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Робоче вікно програми InSSIDer

WifiChannelMonitor - досить потужна системна програма, яка перехоплює Wi-Fi трафік на обраному каналі, а потім проводить його детальний аналіз. Відображається детальна інформація про підключених і непідключених клієнтів, про доступні точки доступу.

У своїй роботі програма використовує драйвер MicrosoftNetworkMonitor, тому ніяких додаткових додатків або «дров» встановлювати не потрібно. Все, що потрібно від комп'ютерного користувача - це завантажити WifiChannelMonitor і запустити її інсталяційний файл.

The screenshot shows the WifiChannelMonitor application window. It features a menu bar (File, Edit, View, Options, Help) and a toolbar with various icons. The main area contains two tables. The top table lists detected networks with columns for SSID, MAC Address, Company, PHY Type, Frequency, Channel, RSSI, Security, Cipher, Beacons, Probe Re..., Data Bytes, and Re... The bottom table lists connected clients with columns for MAC Address, Company, RSSI, SSID List, Sent Data Bytes, Received..., Retransmitted..., Client Type, and Device Name. The status bar at the bottom indicates '40 Aps, 5 Clients' and provides the NirSoft Freeware website URL.

SSID	MAC Address	Company	PHY Type	Frequency	Channel	RSSI	Security	Cipher	Beacons	Probe Re...	Data Bytes	Re...
M...	BC-F6-85-0...	D-Link International	802.11n	2437	6	-86	WPA2-PSK	CCMP	2,966	3,063	448	0
il...	9C-D6-43-...	D-Link International	802.11n	2437	6	-86	WPA2-PSK	CCMP	6,093	2,435	530	0
s...	BC-F6-85-0...	D-Link International	802.11n	2437	6	-88	WPA2-PSK	CCMP	5,167	1,053	19,335	0
n...	9C-D6-43-...	D-Link International	802.11n	2437	6	-79	WEP	WEP	5,745	995	3,005	0
m...	C8-BE-19-1...	D-Link International	802.11n	2437	6	-87	WPA2-PSK	CCMP	4,795	867	52,001	1,
S...	84-C9-B2-B...	D-Link International	802.11n	2437	6	-84	WEP	WEP	5,901	589	64,785	0
D...	2E-D0-5A-...		802.11n	2437	6	-76	WPA2-PSK	CCMP	208	232	0	0
B...	34-08-04-0...	D-Link Corporation	802.11n	2437	6	-87	None	None	697	208	93,105	67
M...	C4-3D-C7-...	NETGEAR	802.11n	2437	6	-92	WPA2-PSK	CCMP	4,196	202	8,673	1,
R...	00-1F-1F-0...	Edimax Technology C...	802.11g	2437	6	-84	WEP	WEP	1,229	164	26,642	2,
B...	30-46-9A-2...	NETGEAR	802.11g	2437	6	-54	None	None	5,110	163	2,216	0
B...	62-BE-19-1...		802.11n	2437	6	-86	None	None	4,116	142	0	0
t...	54-E6-FC-...	TP-LINK TECHNOLOG...	802.11n	2437	4	-78	WPA-PSK ...	TKIP+CCMP	1,623	125	0	0

MAC Address	Company	RSSI	SSID List	Sent Data Bytes	Received ...	Retransmitted ...	Retransmitted ...	Client Type	Device Name
60-6B-BD-5...	Samsung Electronics Co...	-93		4,104	1,492	76	1,160	Wifi Client	
90-B2-1F-4...	Apple	-85		496	1,253	0	251	Wifi Client	
C4-3D-C7-...	NETGEAR	-92		3,467	1,102	1,527	0	Router	
00-1C-85-0...	Eunicorn	-83		606	664	0	58	Wifi Client	
8C-29-37-1...	Apple			0	58	0	58	Unknown	

40 Aps, 5 Clients NirSoft Freeware. <http://www.nirsoft.net>

Рисунок 3.5 – Робоче вікно програми WifiChannelMonitor

Для кожної точки доступу користувач може дізнатися SSID і MAC-адресу, виробника роутера, RSSI і деякі інші дані. Отриману інформацію в подальшому можна буде використовувати в різних цілях. Наприклад, ви зможете особисто подивитися список всіх ідентифікаторів SSID, які за останню добу, тиждень або місяць намагалися підключитися до вашого Wi-Fi.

Ще однією ефективною програмою є AcrylicWiFiHome. За допомогою AcrylicWiFiHome ви можете переглядати і сканувати доступні бездротові мережі, отримати інформацію про рівень захисту тієї чи іншої мережі, а також список Wi-Fi паролів за замовчуванням завдяки вбудованій системі плагінів, в тому числі і для мереж стандарту 802.11ac.

Точки доступу: Інформація про мережі Wi-Fi (SSID і BSSID) і про бездротові пристрої, підключені до мережі в даний момент.

Рівень сигналу: Відображення графіків рівня сигналу для точок доступу.

Список підключень: Перейменування відомих бездротових пристроїв.

Паролі: Стандартні паролі до Wi-Fi і ключі WPS, встановлені виробниками.

Канали: Розподіл каналів Wi-Fi і сканер Wi-Fi каналів на частотах 2,4 і 5 ГГц.

Безпека Wi-Fi: Інформація про рівень захисту WEP, WPA або WPA2.

Устаткування: Для роботи програми додаткове устаткування не потрібне. Для досягнення оптимального результату ми рекомендуємо кілька моделей Wi-Fi адаптерів.

Режим моніторингу: Перегляд підключених пристроїв для кожної бездротової мережі з підтримкою режиму моніторингу (при використанні сумісних Wi-Fi адаптерів).

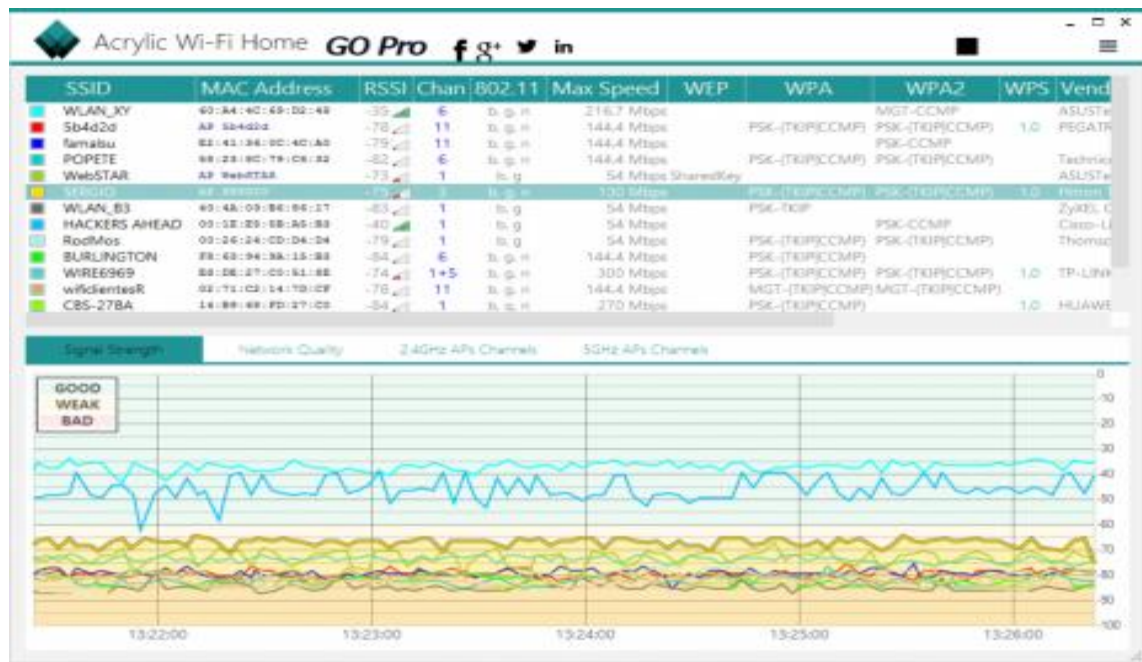


Рисунок 3.6 – Результат роботи програми AcrylicWiFiHome

Програма Acrylic WiFi має свої унікальні можливості, які не можна пропустити і які ви не знайдете ні в якій іншій програмі для аналізу бездротових мереж.

Приховані мережі: Унікальний Wi-Fi сканер, що відображає детальну інформацію про приховані Wi-Fi мережах.

Перегляд пакетів: Робота в режимі Wi-Fi сніффер для перегляду пакетів, перехоплених з доступних бездротових мереж.

Інтеграція: Інноваційний драйвер від Acrylic автоматично інтегрується з Wireshark, дозволяючи перехоплювати Wi-Fi трафік в Windows.

CommView для WiFi є потужним аналізатором бездротової мережі, зокрема для 802.11a,b,g,n та мереж змінного струму. Програма з багатьма зручними функціями, CommView для WiFi поєднує в собі продуктивність і гнучкість з простотою використання, в порівнянні з аналогічними програмами.

CommView для WiFi захоплює кожен пакет, який передається в каналі для відображення важливої інформації, такої як список точок доступу, вузли. Також для кожного каналу статистику рівня сигналу, список пакетів і мережевих підключень, діаграми розподілу протоколів і т.д. По даній інформації CommView для WiFi може допомогти переглянути і вивчити пакети, визначити проблеми мережі та усунення неполадок програмного забезпечення та апаратних засобів.

Робоче вікно програми показано на рисунку 3.7.

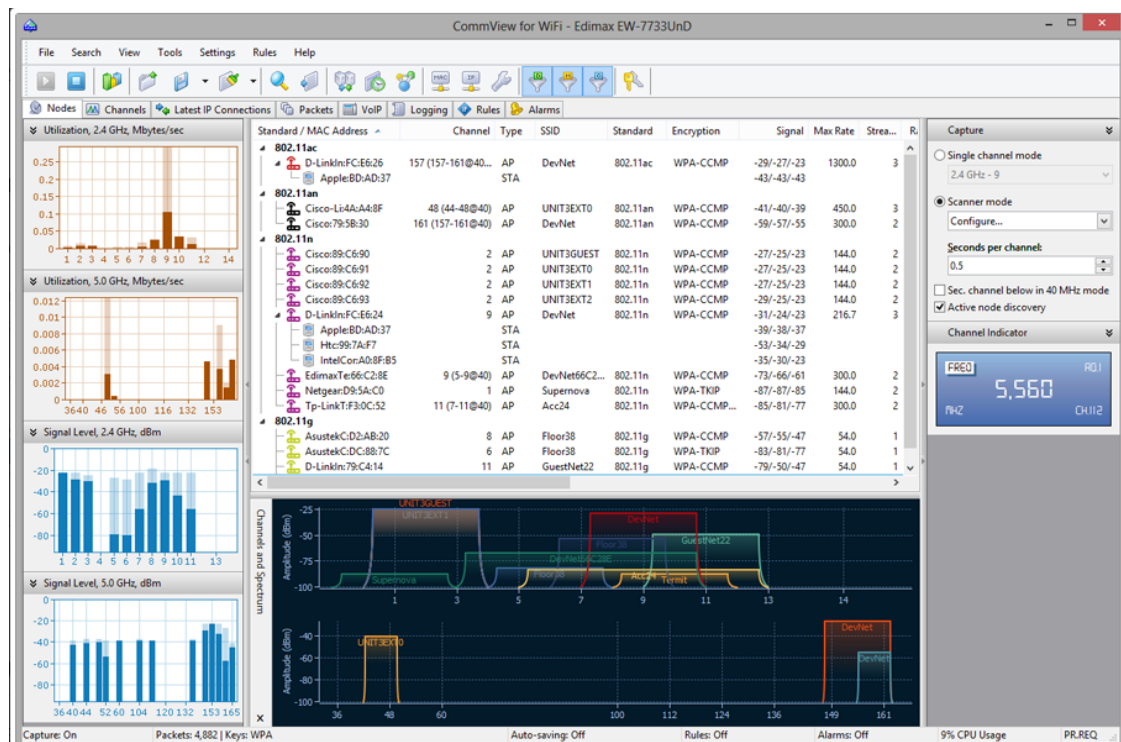


Рисунок 3.7 – Приклад роботи програми CommView для WiFi

CommView для WiFi включає в себе модуль VoIP для поглибленого аналізу, запису та відтворення протоколів SIP і H.323 для голосового зв'язку.

Пакети можна дешифрувати з використанням користувацьких WEP або ключів WPA2-PSK, WPA і декодувати аж до найнижчого рівня. З більш ніж 100 доступних протоколів, даний мережевий аналізатор дозволяє побачити кожен деталь захоплених пакетів, використовуючи зручну деревоподібну структуру для відображення протокольних рівнів і заголовків пакетів. Крім того, продукт надає відкритий інтерфейс для підключення користувацьких модулів для декодування.

Ряд тематичних досліджень, опис реальної програми CommView для WiFi мають місце в секторах бізнесу, уряду та освіти.

3.4 Метод для оцінки параметрів частотних каналів стандарту 802.11

Запропонований пристрій відноситься до області радіомоніторингових пристроїв для аналізу частотних каналів мереж стандарту 802.11 Wi-Fi і дозволяє отримати дані про рівень сигналу для кожного частотного каналу діапазону 2,4 ГГц.

Використання запропонованого пристрою для оцінки параметрів сигналу Wi-Fi дозволяє отримати інформацію про якість та параметри сигналу та оцінити придатність точки доступу забезпечити необхідну якість. Структурна схема показана на рисунку 3.8.

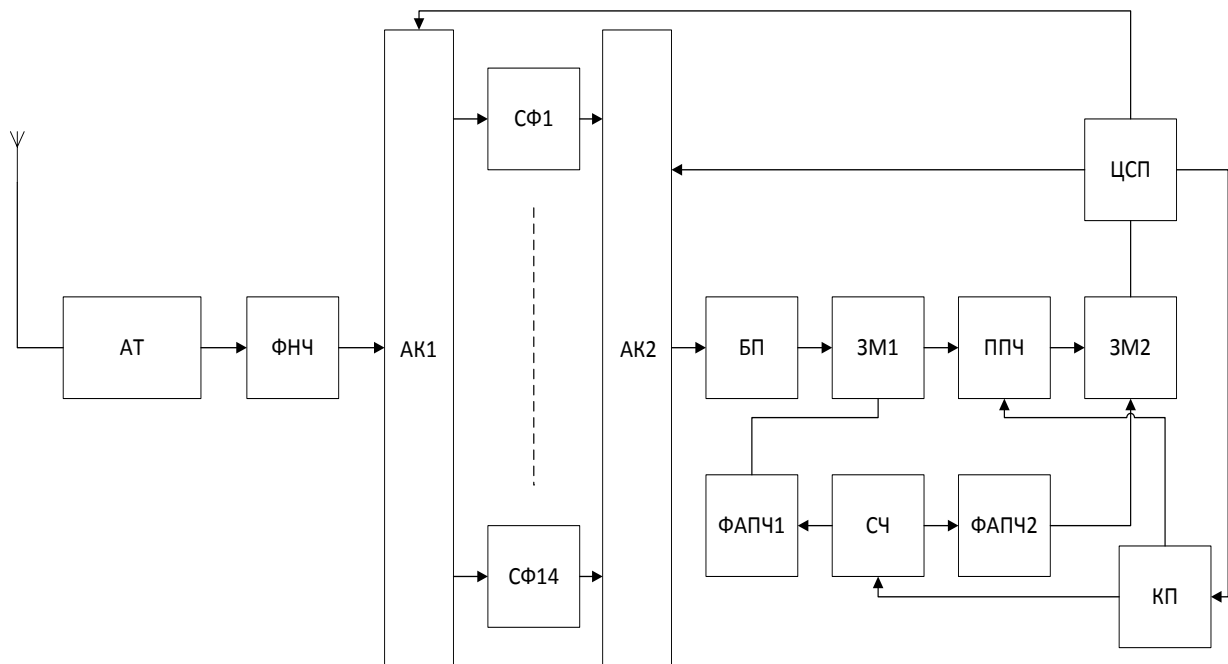


Рисунок 3.8 – Структурна схема пристрою для аналізу частотних каналів мереж стандарту 802.11 Wi-Fi

Робота пристрою може бути організована наступним чином: Wi-Fi – сигнал, що надійшов, потрапляє з прийомної антени на атенюатор (АТ), де сигнал обмежується та при необхідності послаблюється. Далі з атенюатора сигнал надходить на фільтр нижніх частот (ФНЧ), який виділяє необхідну смугу для обробки сигналу. Далі відфільтрований сигнал надходить на вхідний аналоговий

комутатор (АК1), який розподіляє сигнал на каналні смугові фільтри відповідно до частотного діапазону певного Wi-Fi каналу. На каналних смугових фільтрах (СФ1-14) сигнали знову відфільтровуються та надходять на вихідний аналоговий комутатор (АК2) та надходять на буферний підсилювач(БП), для підсилення рівня сигналів для кращого оцінення. Далі підсилені сигнали надходять на первинний змішувач (ЗМ1), де з сигнального процесора через керуючий пристрій сигнал надходить або на підсилювач проміжної частоти (ППЧ) або на синтезатор частот (СЧ) для порівняння, через первинний фазовий автопідстроювач частоти (ФАПЧ1) сигнали надходять на первинний змішувач. Далі сигнал надходить на підсилювач проміжної частоти, де необхідні частоти підсилюються. З виходу підсилений сигнал надходить на вторинний змішувач (ЗМ2), з якого комбінований сигнал потрапляє на сигнальний процесор який при успішному аналізі видає результат або ж направляє сигнал на повторний аналіз на один з аналогових комутаторів або ж на керуючий пристрій (КП), далі за вже описаною системою.

Висновки до розділу 3

У розділі було проведено аналіз методів оцінки та підвищення ефективності передачі в безпроводних мережах. Було розглянуто основні показники ефективності, їх властивості, співвідношення та безпосередній вплив на мережі. Також проаналізовано методи оцінки безпроводних каналів, їх характеристики, принцип дії. На основі такого аналізу представлено реалізацію нового методу моніторингу безпроводних каналів, який буде найбільш ефективним саме для каналів заявленого стандарту.

РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ БЕЗПРОВІДНОГО КАНАЛУ СТАНДАРТУ WI-FI

4.1 Розрахунок довжини каналу та його пропускної здатності

На різних відстанях від БС відношення сигнал/шум має різне значення. В залежності від значення відношення сигнал/шум для забезпечення необхідної якості зв'язку обирається відповідний тип модуляції. Мінімальне значення відношення сигнал/шум при якому забезпечується необхідна якість зв'язку для кожного виду модуляції наведено у таблиці 4.1 [25].

Таблиця 4.1 – Мінімальне відношення сигнал/шум для різних типів модуляцій

Тип модуляції	Min S/N (дБ)
QAM-64	22
QAM-16	16
QPSK	9
BPSK	6

Кожен тип модуляції має різну пропускну здатність каналу, тому визначемо її згідно виразу Шенона для неперервного каналу:

$$C = \Delta F \cdot \log_2(1 + S/N), \quad (4.1)$$

де S/N – відношення сигнал/шум.

Проведемо розрахунки пропускної здатності каналу для кожного з видів модуляції [26]:

$$C_{QAM-64} = 20 \cdot 10^7 \cdot \log_2(1 + 22) = 90 \text{ (Мбіт/с)},$$

$$C_{QAM-16} = 10^7 \cdot \log_2(1 + 16) = 81,6 \text{ (Мбіт/с)},$$

$$C_{QPSK} = 10^7 \cdot \log_2(1 + 9) = 66,4 \text{ (Мбіт/с)},$$

$$C_{BPSK} = 10^7 \cdot \log_2(1 + 6) = 56 \text{ (Мбіт/с)}.$$

Для розрахунку дальності зв'язку для кожного з видів модуляції перш за все потрібно визначити чутливість приймача за виразом [26]:

$$R = N_0 + S/N + 10 \log(BW_{\text{еф}}) + N + I, \quad (4.9)$$

де $N_0 = -64$ (дБ) – спектральна щільність потужності теплового шуму приймача;

N – значення власного шуму приймача. Згідно стандарту IEEE 802.11 $N = -8$ дБ;

$I = 5$ дБ – неточність реалізації приймача;

$BW_{\text{еф}}$ – ефективна ширина спектра сигналу. Для каналу шириною 20 МГц, що використовує усі підносійні $BW_{\text{еф}} = 22,5$ МГц.

Визначимо чутливість приймача при використанні різних видів модуляції за виразом (5.6):

$$R_{QAM-64} = -64 + 22 + 10 \log(22,5) - 8 + 5 = -31,5 \text{ (дБ)},$$

$$R_{QAM-16} = -64 + 16 + 10 \log(22,5) - 8 + 5 = -25,5 \text{ (дБ)},$$

$$R_{QPSK} = -64 + 9 + 10 \log(22,5) - 8 + 5 = -18,5 \text{ (дБ)},$$

$$R_{BPSK} = -64 + 6 + 10 \log(22,5) - 8 + 5 = -15,5 \text{ (дБ)}.$$

Для розрахунку дальності зв'язку використовують рівняння бюджету каналу зв'язку. Дане рівняння дає змогу розрахувати рівень сигналу на вході приймача [27]:

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L_{TX} - L_{RX} - L_D, \quad (4.10)$$

де P_{RX} – рівень сигналу на вході приймача;

G_{TX} – коефіцієнт підсилення антени передавача;

G_{RX} – коефіцієнт підсилення антени приймача;

L_{TX} – втрати в кабелі, роз'ємах у передавачі;

L_{RX} – втрати в кабелі, роз'ємах у приймачі;

L_D – втрати в дБ на шляху поширення радіохвиль на відстань D .

Для підтримки зв'язку необхідної якості повинна виконуватись наступна рівність:

$$P_{RX} - FM \geq R, \quad (4.11)$$

де FM – запас по завмиранню, та в системах Wi-Fi обирається $FM = 3$ дБ.
Згідно виразу (5.8) рівень на вході приймача повинен становити :

$$P_{RX} = R + FM. \quad (4.12)$$

Тоді, рівень сигналу на вході приймача для кожного виду модуляції становитиме:

$$\begin{aligned} P_{RX_{QAM-64}} &= -31,5 + 3 = -28,5 \text{ (дБ)}, \\ P_{RX_{QAM-16}} &= -25,5 + 3 = -22,5 \text{ (дБ)}, \\ P_{RX_{QPSK}} &= -18,5 + 3 = -15,5 \text{ (дБ)}, \\ P_{RX_{BPSK}} &= -15,5 + 3 = -12,5 \text{ (дБ)}. \end{aligned}$$

Визначимо втрати на поширення радіохвиль з виразу (5.7):

$$L_D = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L_{TX} - L_{RX} - P_{RX}, \quad (4.13)$$

Підставимо дані у вираз (5.10) враховуючи, що коефіцієнт підсилення антени приймача і передавача становить 3 дБ, а втрати в кабелі, роз'ємах у передавачі та приймачі становлять 1 дБ:

$$\begin{aligned} L_{D_{QAM-64}} &= 80 + 3 + 3 - 1 - 1 - 28,5 = 55,5 \text{ (дБ)}, \\ L_{D_{QAM-16}} &= 80 + 3 + 3 - 1 - 1 - 22,5 = 61,5 \text{ (дБ)}, \\ L_{D_{QPSK}} &= 80 + 3 + 3 - 1 - 1 - 15,5 = 68,5 \text{ (дБ)}, \\ L_{D_{BPSK}} &= 80 + 3 + 3 - 1 - 1 - 12,5 = 71,5 \text{ (дБ)}. \end{aligned}$$

Для визначення відстанні на яку може поширюватись радіохвиля скористаємось виразом [17]:

$$L_D = 20 \log(4\pi D/\lambda), \quad (4.14)$$

де D – відстань між передавачем і приймачем;
 λ – довжина хвилі, що знаходиться за виразом:

$$\lambda = \frac{c}{F}, \quad (4.15)$$

де c – швидкість світла.

Перетворивши вираз (4.15), отримаємо:

$$D = \frac{10^{0,05 \cdot L_D} \cdot \lambda}{4 \cdot \pi}. \quad (4.16)$$

Підставивши дані у вирази (4.15) та (4.16) знайдемо максимальні відстані зв'язку для кожного виду модуляції:

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{3 \cdot 10^8}{2,5 \cdot 10^9} = 0,12 \text{ (м)}. \\ D_{QAM-64} &= \frac{10^{0,05 \cdot 55,5} \cdot 0,12}{4 \cdot \pi} = 5,7 \text{ (м)}, \\ D_{QAM-16} &= \frac{10^{0,05 \cdot 61,5} \cdot 0,12}{4 \cdot \pi} = 11,3 \text{ (м)}, \\ D_{QPSK} &= \frac{10^{0,05 \cdot 68,5} \cdot 0,12}{4 \cdot \pi} = 25,4 \text{ (м)}, \\ D_{BPSK} &= \frac{10^{0,05 \cdot 71,5} \cdot 0,12}{4 \cdot \pi} = 50,7 \text{ (м)}. \end{aligned}$$

Занесемо розраховані дані до таблиці, та побудуємо карту покриття, та графік залежності пропускної здатності від відстані.

Таблиця 4.2 – Пропускні здатності та максимальні відстані для різних типів модуляцій

Тип модуляції	Пропускна здатність каналу, Мбіт/с	Максимальна відстань, м
QAM-64	90	5,7

QAM-16	81,6	11,3
QPSK	66,4	25,4
BPSK	56	50,7

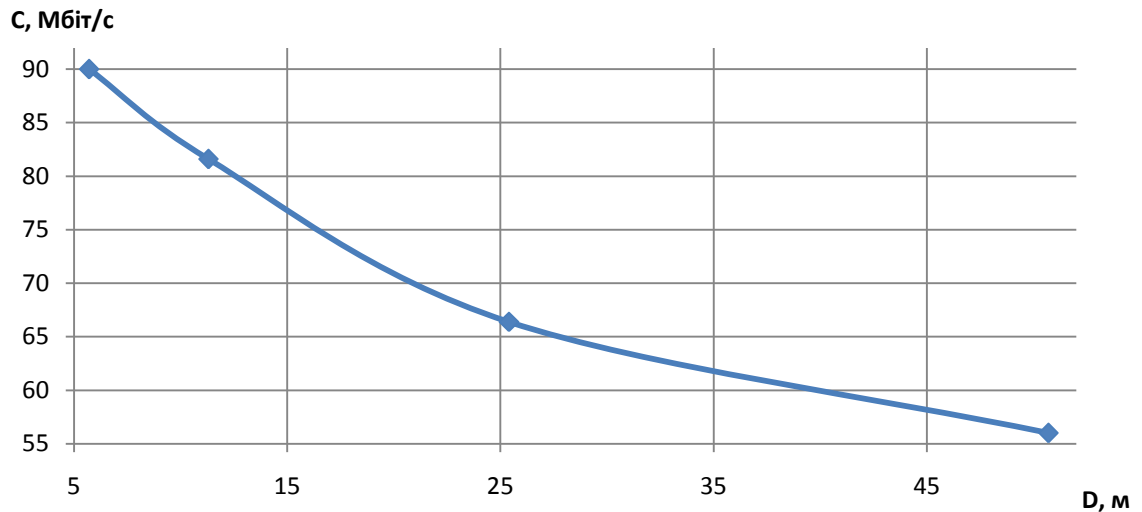


Рисунок 4.1 – Залежність пропускної здатності від відстані

4.3 Розрахунок втрат при передачі інформації по безпроводному каналу

Знайдемо максимальні втрати на шляху розповсюдження радіосигналу, за виразом:

$$L_{pmax} = P_{UE} - S_{UL} - B_{PC} - B_{LNF} - B_{IUL} - L_{BL} - L_{CPL} - L_{BPL} + G_a - L_j, \quad (4.17)$$

де L_{pmax} – максимальні втрати на шляху розповсюдження радіосигналу;

P_{UE} – максимальна вихідна потужність абонентського обладнання;

S_{UL} – висхідна системна чутливість;

B_{PC} – запас по потужності;

B_{LNF} – логарифмічно нормований федінговий запас;

B_{IUL} – підвищення шуму, або висхідний ітераційний запас;

L_{BL} – втрати абонента;

L_{CPL} – втрати на проникнення сигналу в автомобіль;

L_{BPL} – втрати на проникнення сигналу в будівлі;

G_a – сума коефіцієнтів підсилення антени базової станції та антени абонентського обладнання;

L_j – втрати на перемикування.

Підставимо значення у вираз (3.16)

$$L_{pmax} = 24 - (-120,5) - 0,7 - 4,1 - 3 - 0 - 0 - 18 + 18,5 - 0,2 = 137 \text{ (дБ)}.$$

Розрахуємо максимальні втрати залежно від радіохвильового розповсюдження:

$$L_{pmax p} = CPCH - S_{UE} - V_{IDL} - V_{LNF} - L_{BL} - L_{CPL} - L_{BPL} + G_a - L_j, \quad (4.18)$$

де $L_{pmax p}$ – максимальні втрати залежно від радіохвильового розповсюдження;

$CPCH$ – спільний пілотний канал;

S_{UE} – чутливість абонентського обладнання;

V_{IDL} – підвищення завад, яке вираховується з сигналу згасання низхідного завантаження та параметрів границь покриття;

V_{LNF} – логарифмічно нормований федінговий запас;

L_{BL} – втрати абонента;

L_{CPL} – втрати на проникнення сигналу в автомобіль;

L_{BPL} – втрати на проникнення сигналу в будівлі;

G_a – сума коефіцієнтів підсилення антени базової станції та антени абонентського обладнання;

L_j – втрати на перемикування.

Підставимо значення у вираз (3.17)

$$L_{pmax p} = 29,4 - (-117,2) - 5 - 4,9 - 0 - 0 - 18 + 18,5 - 0,2 = 137 \text{ (дБ)}.$$

4.4 Результати експериментальних досліджень передачі по безпроводних каналах стандарту 802.11.

Було проведено дослідження потужності сигналу Wi-Fi від точок доступу, розташованих на різних відстанях. Графік потужностей прийнятих каналних сигналів у проміжку часу показано на рисунку 4.2.

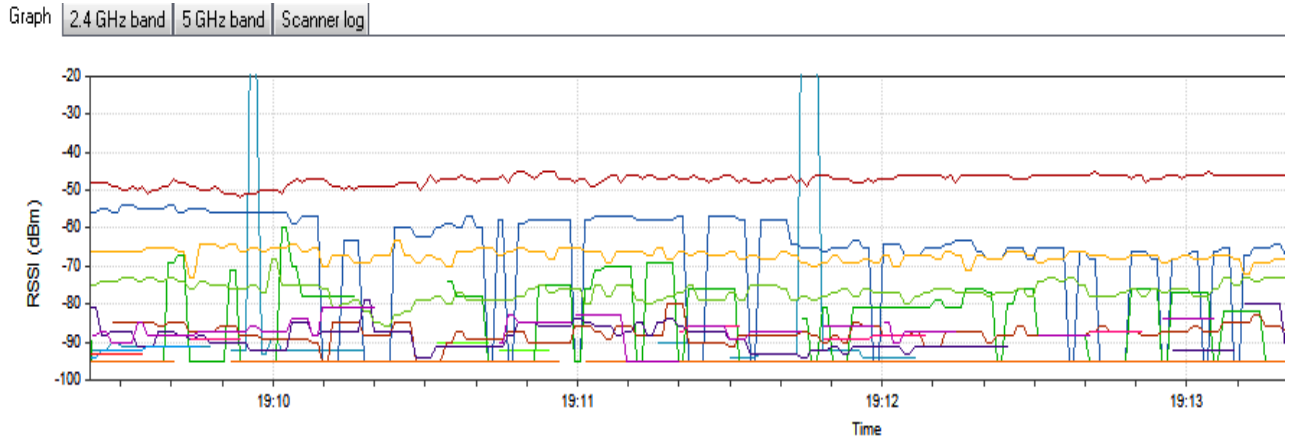


Рисунок 4.2 – Потужність прийнятих каналних сигналів протягом часового інтервалу

Було проведено дослідження кожного каналу в діапазоні 2,4 ГГц. Точки доступу, сигнал від яких був прийнятий займають діапазон всіх 14 каналів. Графік потужності сигналу з кожної точки доступу та розподілення каналів показано на рисунку 4.3.

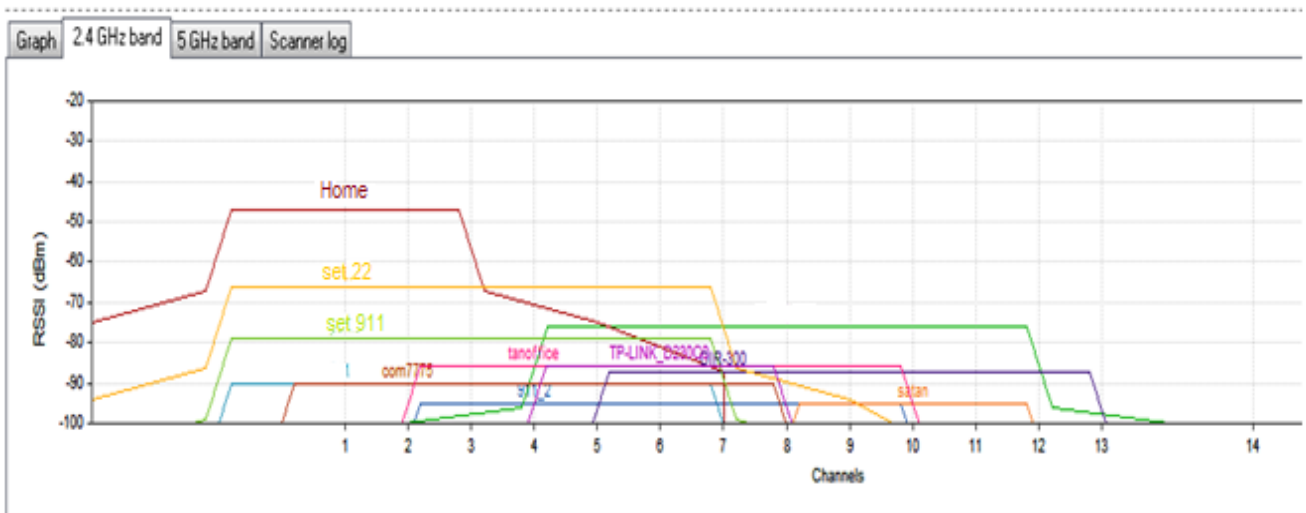


Рисунок 4.3 – Графік потужності кожного прийнятого каналу

Як бачимо з графіків вище, найкращу потужність мають точки доступу, розташовані на меншій відстані від приймача. Це підтверджує те, що потужність будь якого Wi-Fi сигналу в першу чергу залежить від відстані джерела до приймача сигналу. Тобто сигнал не поширюється на великі відстані і послаблюється перешкодами.

Також було досліджено ефективність використання безпроводного каналу при різних типах навантаження.

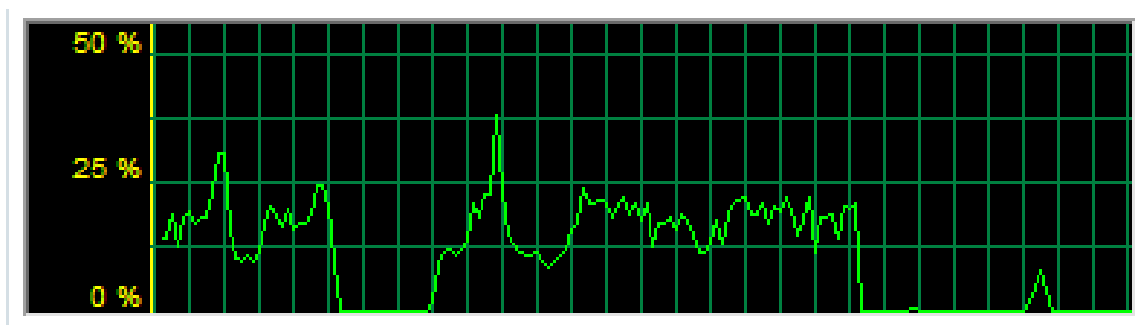


Рисунок 4.4 – Ефективність використання трафіку при завантаженні об'ємного файлу

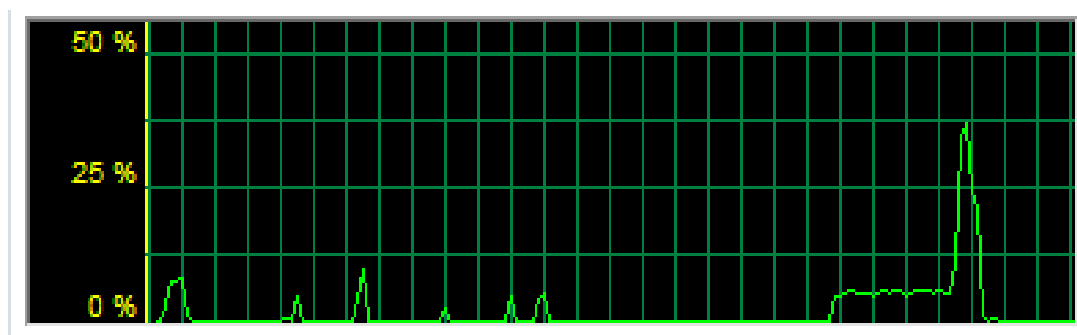


Рисунок 4.5 – Ефективність використання трафіку при вивантаженні файлу на сайт

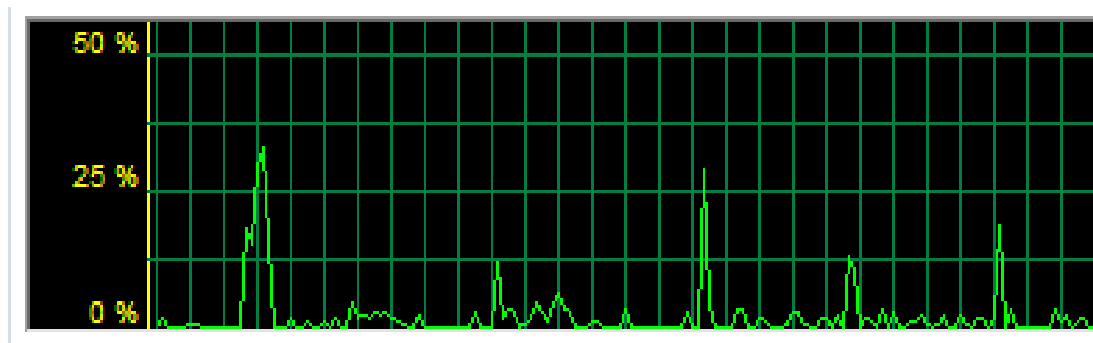


Рисунок 4.6 – Ефективність використання трафіку при онлайн-завантаженні відео файлу звичайної якості

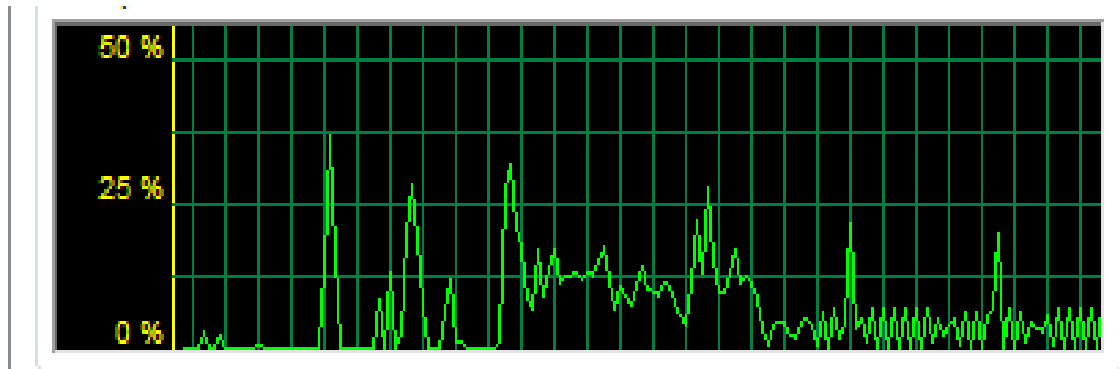


Рисунок 4.7 – Ефективність використання трафіку при онлайн-завантаженні відео файлу високої якості

За допомогою програми CommViewforWiFi було визначено ряд параметрів безпроводних каналів передачі в смугах 2,4 та 5 ГГц.

Швидкість на прийомі та передачі пакетів і самого трафіку показано на рисунку 4.8.

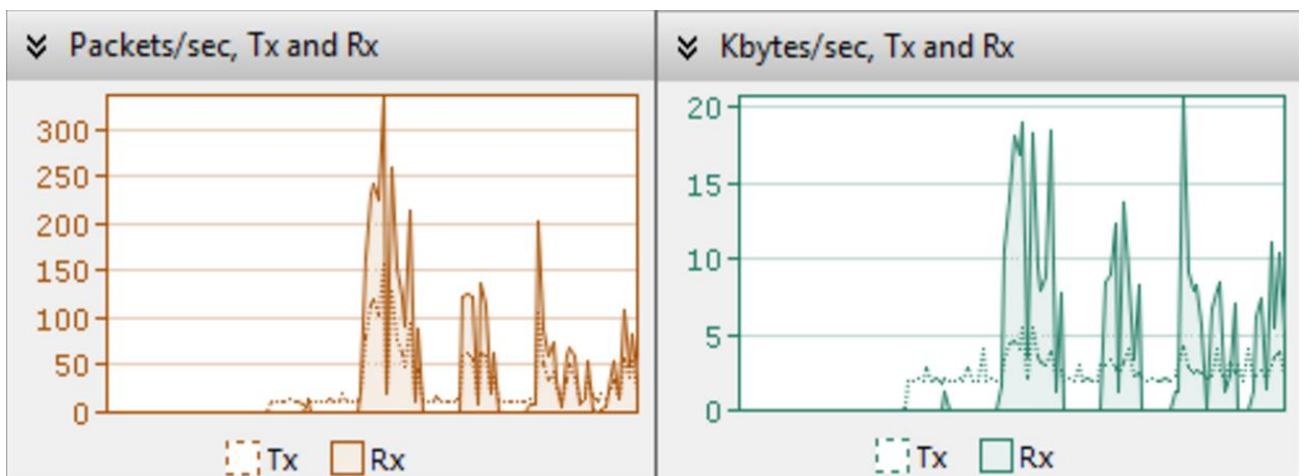


Рисунок 4.8 – Швидкість на передачі-прийомі

Як видно з рисунка, швидкість прийому значно вища ніж передачі, тому можна зробити висновок, що спостерігаються втрати.

Рівні сигналу в каналах в смугах 2,4 та 5 ГГц показано на рисунку 4.9.

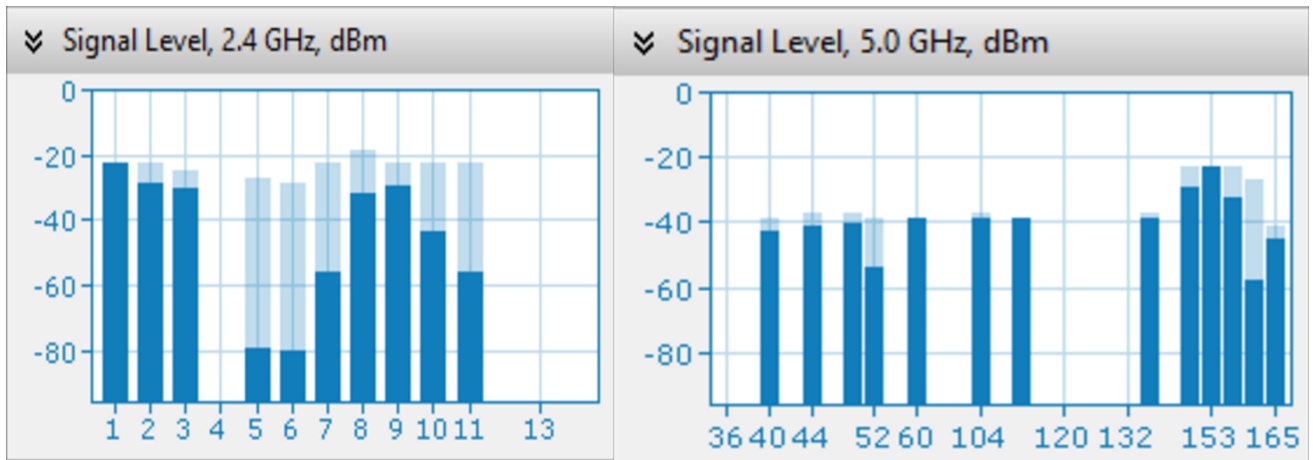


Рисунок 4.9 – Рівні сигналу на частотах 2,4 та 5 ГГц

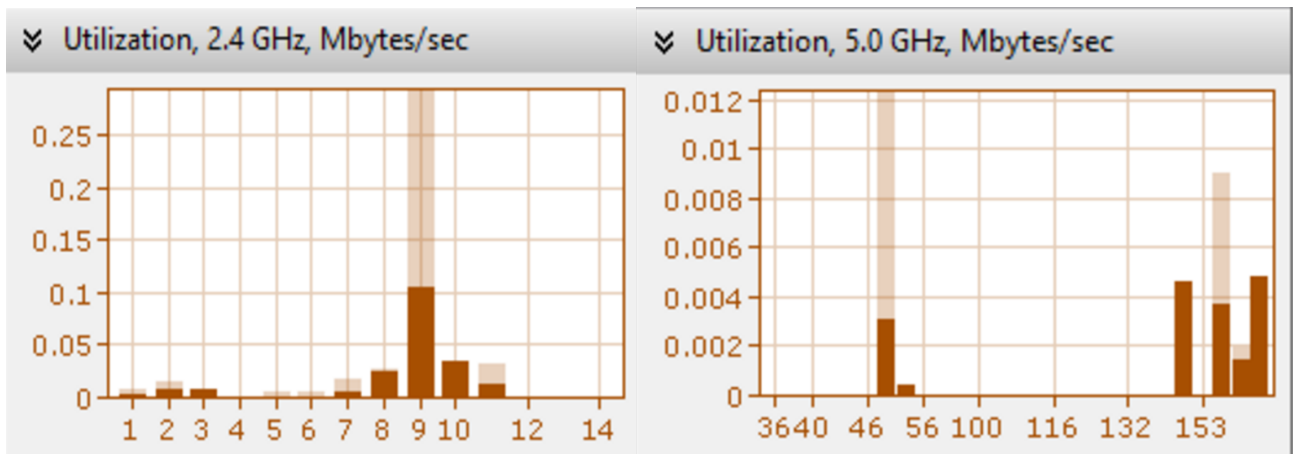


Рисунок 4.10 – Загальний показник використання сигналу на частотах 2,4 та 5 ГГц

Висновки до розділу 4

У розділі було розраховано потужність у безпроводних каналах передачі, дальність зв'язку та пропускну здатність безпроводного каналу, втрати в каналі зв'язку в результаті чого було встановлено, що на дальність зв'язку та пропускну здатність впливає ряд факторів, які необхідно змінювати з метою підвищення ефективності передачі.

Дослідження потужності безпроводних каналів показало, що в першу чергу на якість впливає відстань та наявні завади на шляху від передавача до приймача сигналу.

Аналіз швидкості передачі та навантаження в каналі показав, наскільки різні процеси в каналі передачі (завантаження та вивантаження файлів, перегляд об'ємних відео і т.д.) впливають на його продуктивність.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Такою методикою може бути бальне оцінювання науково-дослідних робіт. Суть цього оцінювання полягає в тому, що параметрам присвоюється певний бал в залежності від різних факторів. В якості узагальненої оцінки технічного і економічного рівня береться сума балів по всім показникам, які необхідні для якісної оцінки рівня науково-дослідної роботи.

В таблиці 5.1 представлено критерії для проведення оцінювання значимості науково-дослідної роботи.

Таблиця 5.1 — Критерії для проведення оцінювання значимості науково-дослідної роботи

Критерії	ПБ, посада експерта		
	Кичак В.М., Декан ФІРЕН	Барась С. Т. заст. декана, доцент каф. ТКСТБ	Михалевський Д.В., ктн, доцент каф. ТКСТБ
Достовірність технічної концепції	4	4	4
Наявність аналогів на ринку	3	3	3
Ціна розробки	3	3	4
Переваги в технічних властивостях продукту	4	4	4
Обсяг експлуатаційних витрат	2	3	3
Величина ринку та його динаміка	3	3	3
Наявність конкуренції на ринку	2	3	2
Потреба фахівців для	3	5	3

реалізації ідеї			
Потреба у фінансових ресурсах	2	2	3
Потреба у матеріалах	3	4	3
Термін реалізації та окупності інвестицій	3	4	4

Продовження табл 5.1

Потреба у розробці регламентованих документів та отримання дозвільних документів	2	2	2
Сума балів	34	40	38
Середньоарифметична сума балів СБ	37,3		

В таблиці 5.2 приведені індекси, по яких визначається доцільність проведення даної дослідної роботи.

Таблиця 5.2 — Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0-10	Низький
11-20	Нижче середнього
21-30	Середній
31-40	Вище середнього
41-48	Високий

Отже, розробка забезпечує вище середнього рівня комерційного потенціалу. Даний інноваційний товар відноситься до апаратури Wi-Fi мереж. Wi-Fi є сучасною технологією бездротового доступу до Інтернету, що найбільш динамічно розвивається і здійснюється за допомогою спеціальних радіоточок доступу. Пристрій є якісно новим рішенням, яке дозволить шляхом оцінки частотних каналів в бездротовій мережі покращити ефективність – підвищити швидкість та якість передачі.

Хоча виробник самостійно розроблює продукцію на основі літературних джерел та статистичних даних, з урахуванням потреб споживачів, такий товар на ринку вважатиметься як «поліпшений товар». Тут до потреб споживачів віднесемо: відповідність паспортних даних реальним показникам, застосування уніфікованих стандартизованих деталей та комплектуючих, простота у застосуванні.

Одними з основних конкурентів даного інноваційного рішення можуть бути виробники компанії «WirelessT». Основними споживачами продукції «WirelessT» є підприємства і фірми з виробництва апаратури зв'язку.

ПАТ «WirelessT» задовольняє потреби внутрішнього ринку України у створенні систем безпроводного зв'язку.

«ПАТ «WirelessT» - сучасна компанія, яка пропонує високотехнологічні послуги у сфері бездротового зв'язку. «Якість перш за все» - девіз і головна мета діяльності підприємства «WirelessT»

Згідно специфіки інноваційного товару, він призначений для надання послуг двом типам користувачів: фізичним та юридичним особам. Таким чином, усі ринки збуту в основному будуть направлені на цих споживачів.

5.2 Прогнозування попиту на інноваційне рішення

Одним з найважливіших кроків на етапі аналізу ринку є прогноз попиту на інноваційне рішення. На цьому етапі вирізняють декілька видів попиту.

Ринковий попит на товар – це та кількість товару, яка може бути куплена певною групою споживачів у вказаному регіоні, в заданий відрізок часу, в рамках конкретної маркетингової програми.

Попит на товар підприємства – це частина сукупного ринкового попиту, що припадає на товар даної компанії при різних рівнях маркетингових витрат[2].

На сучасному етапі розвитку телекомунікаційних мереж спостерігається значний ріст потреби користувачів у наданні послуг бездротової передачі даних. Тому необхідним завданням є розрахунок ємності ринку. Для цього необхідно спрогнозувати наступні дані: середня кількість споживачів, які використовують товари аналогічні розроблюваному (П). Припустимо на сьогоднішній день у Україні близько 186 фірм-розповсюджувачів і виробників продукції для Wi-Fi мають потребу в створенні систем високоякісної передачі по бездротових каналах зв'язку, при чому дана потреба щорічно зростає. У зв'язку із науково-технічним

прогресом, середній відсоток споживачів, які зацікавляться придбанням інноваційного продукту (P_n) становить 30%. Кількість споживачів, що зацікавлені в придбанні товару складатиме:

$$P_i = \frac{P \cdot P_n \%}{100\%}. \quad (5.1)$$

$$P_i = \frac{186 \cdot 30}{100} = 56(\text{сп.}).$$

Середній термін, протягом якого споживач буде використовувати дану послугу (T) складає 6 років (середнє значення). Тому оптимістичний прогноз визначатиметься як:

$$OP = \frac{P_i}{T}. \quad (5.2)$$

$$OP = \frac{56}{6} = 10(\text{аб.}).$$

Звідси слідує, що у найкращому випадку 10 споживачів на рік буде замовляти запропонований інноваційний товар. У зв'язку із різним матеріальним становищем та можливістю використання вже застарілого обладнання у найгіршому випадку лише 35% (C_n) споживачів замовлять запропонований пристрій.

$$PP = \frac{OP \cdot C_n \%}{100\%}. \quad (5.3)$$

Цей показник визначає песимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$PP = \frac{10 \cdot 35}{100} = 4(\text{сп.}).$$

Це вказує на те що реалістичний прогноз визначатиметься як середнє арифметичне ОП та ПО ринку які розраховувалися вище. Отже реалістичний прогноз складатиме:

$$РП = \frac{ОП + ПО}{2}. \quad (5.4).$$

$$РП = \frac{10 + 4}{2} = 7(\text{сп.}).$$

Так як підприємство запропонує новий пристрій на ринок, через унікальність його розробки, то сектор збуту охопить весь ринок, отже річний обсяг замовлень від підприємств складатиме до 7 споживачів.

5.3 Вибір каналів збуту та післяпродажного обслуговування

Канал збуту - це шлях, по якому товари рухаються від виробників до споживачів. Він включає в себе всіх фізичних та юридичних осіб, пов'язаних з просуванням товарів і їх обміном.

Відносини між учасниками каналів збуту можуть будуватися як у усній угоді між виробниками і продавцем, так і на детальному письмовому контракті між ними. Основними типами каналів збуту є: прямі та непрямі канали.

Прямі канали пов'язані з переміщенням товарів і послуг від виробників до споживачів без використання незалежних посередників (канали нульового рівня).

При продажі представленого програмного продукту можливий лише один канал збуту — канал нульового рівня, безпосередньо від виробника до споживача.

5.4 Виявлення основних конкурентів і опис їх товарів

Проведемо аналіз ринку з метою дослідження стану конкурентного середовища, його оцінки й визначення можливості (умов) щодо обмеження або ослаблення конкуренції на ньому.

Одним з основних конкурентів даного інноваційного рішення можуть бути виробники компанії «WirelessT». Основними споживачами продукції «WirelessT» є підприємства і фірми з виробництва апаратури зв'язку.

ПАТ «WirelessT» задовольняє потреби внутрішнього ринку України у створенні систем безпроводного зв'язку та оціночних програмних моделей.

ПАТ «WirelessT» - сучасна компанія, яка пропонує високотехнологічні послуги у сфері бездротового зв'язку.

Для порівняння приведемо в таблиці 5.3 характеристики пристроїв від «WirelessT»:

Таблиця 5.3 – Технічні характеристики продукції фірми «WirelessT»

Характеристика	Значення
Стандарт	802.11g
Кількість каналів, що можна дослідити	14
Діапазон частот	2,4 ГГц
Пропускна здатність	54 Мбіт/с
Чутливість прийому	-100 дБм

Якщо порівняти стандарти з якими працює продукт від фірми «WirelessT» з стандартами і характеристиками запропонованого рішення, можна побачити, що інноваційний продукт є принципово новим у порівнянні з конкурентом.

5.5 Обрання методу ціноутворення

На практиці можуть бути застосовані різні методи ціноутворення. При визначені ціни буде використовуватись витратний метод.

Ціна розраховується, виходячи із суми постійних і змінних витрат на одиницю продукції й запланованого прибутку з урахуванням нижнього порогу ціни. Згідно даного методу ціна визначається за залежністю[4]:

$$Ц = С + П, \quad (5.5)$$

де C – ціна одиниці товару, грн; S – собівартість одиниці товару, грн; P – величина прибутку, яку бажає отримати підприємство від реалізації одиниці товару, грн.

5.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

Якість запропонованої інноваційної продукції оцінюється в залежності від параметрів каналу і стандартів, з якими працює даний пристрій. Також необхідно порівняти його з продукцією можливого конкурента, щоб впевнитись в абсолютній доцільності і необхідності даної розробки. Підприємства, які формують стратегічну поведінку на основі інноваційного підходу мають можливість завоювати лідерські позиції на ринку, зберегти високі темпи розвитку, скоротити рівень витрат, добитися високих показників прибутку.

Властивість продукції – це об'єктивна здатність, що виявляється під час створення, експлуатації або споживання виробу.

Якість — це сукупність характеристик об'єкта щодо його спроможності задовольняти встановлені і передбачувані потреби[5].

Рівень якості продукції – це кількісна характеристика міри придатності певного виду продукції для задоволення конкретного попиту на неї при порівнянні з відповідними базовими показниками за фіксованих умов споживання.

Визначимо абсолютні та відносні рівні оцінки якості продукції.

Абсолютний рівень якості інноваційного товару знаходять обчисленням вибраних для його вимірювання показників. Для цього визначаємо зміст основних функцій (параметрів), їх величину якості в балах та коефіцієнт вагомості. Усі дані по кожному параметру заносимо табл.5.5.

Таблиця 5.5 – Основні параметри інноваційного рішення

Параметр	Абсолютне значення параметру			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	

Пропускна здатність, мбіт/с	480			0,4
Чутливість, дБ	-60			0,3
Дальність дії, м			20	0,2
Кількість каналів		14		0,1

Примітка: параметри якості в табл. 2.1 проведено в десятибальній шкалі, де 1-5 – «гірше», 6-8 – «середнє», 9-10 – «краще»

Із врахуванням коефіцієнтів вагомості відповідних параметрів можна визначити абсолютний рівень якості інноваційного рішення за формулою:

$$K_{я.а} = \sum_{i=1}^n P_{Hi} \cdot \alpha_i, \quad (5.6)$$

де P_{Hi} – числове значення i -го параметру інноваційного рішення;

n – кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінки;

α_i – коефіцієнт вагомості відповідного параметра,

$$K_{я.а} = 10 \cdot 0,4 + 10 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,2 + 6 \cdot 0,1 = 8,6.$$

Далі визначимо відносний рівень якості окремих видів продукції, що проектується, порівнюючи її показники з абсолютними показниками якості найліпших вітчизняних та зарубіжних аналогів, основних товарів-конкурентів. В якості товару-конкуренту приймемо вироби з найкращими показниками, які представлені на ринку продукції. Як вже зазначалось у підрозділі, основним конкурентом є фірма «WirelessT».

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру за формулами та і занесемо їх у відповідну колонку табл.5.6.

де P_{Hi} , P_{Bi} – числові значення i -го параметру відповідно нового і базового виробів.

Формула (5.7) використовується при розрахунку відносних показників якості, коли збільшення величини параметра веде до покращення якості продукту (наприклад, продуктивність) і формула (5.8) – коли зі збільшенням величини параметра якість продукту погіршується (наприклад, маса, споживана потужність).

Таблиця 5.6 – Основні параметри інноваційного рішення та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
Пропускна здатність системи, мбіт/с	54	480	8,87	0,4
Чутливість, дБ	-100	-60	1,67	0,3
Дальність дії, м	50	20	0,4	0,2
Кількість каналів	14	14	1	0,1

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}}, \quad (5.7)$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}}, \quad (5.8)$$

де P_{Hi} , P_{Bi} – числові значення i -го параметру відповідно нового і базового виробів.

$$q_1 = \frac{480}{54} = 8,87. \quad q_3 = \frac{20}{50} = 0,4.$$

$$q_2 = \frac{100}{60} = 1,67. \quad q_4 = \frac{14}{14} = 1.$$

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{я.в} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i. \quad (5.9)$$

$$K_{я.в} = 8,87 \cdot 0,4 + 1,67 \cdot 0,3 + 0,4 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,1 = 4,23.$$

Відносний коефіцієнт показника якості більший одиниці, отже інноваційний продукт втричі кращий за базовий товар-конкурента.

5.7 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення

Дієвість чинників, які визначають позиції виробника, перевіряються в процесі конкурентного суперництва товарів в умовах розвинутого ринкового механізму, що дозволяє виявити відмінності даного товару від товару-конкурента як по ступені відповідності конкретної суспільної потреби, так і за витратами на її задоволення. Для цього товар повинен мати визначену конкурентоспроможність. Конкурентоспроможність товару є комплексною характеристикою товару, яка визначає його переваги на ринку порівняно з аналогічними товарами-конкурентами за ступенем задоволення потреби та витратами на це задоволення[6].

Для визначення рівня конкурентоспроможності товарів та послуг здійснюють маркетинговий аналіз, який повинен виявити параметри товарів для задоволення зацікавленості у придбанні. Ці параметри відображають якість і корисність товарів і послуг з урахуванням функціональних, естетичних, екологічних та інших споживчих властивостей. Основними параметрами конкурентоспроможності товару є технічні та економічні параметри.

Вартість споживання товару приймають рівною 10% від ціни товару. Припустимо, що ціна нового товару складає 20000 гривень (точну ціну буде розраховано в наступних розділах цієї роботи). Занесемо ці та інші показники (взяті з попереднього розділу) до табл.5.7.

Таблиця 5.7 – Нормативні, технічні та економічні параметри інноваційного рішення і товару-виробника

Показники	Варіанти	
	Базовий (товар-	Новий (інноваційне

	конкурент)	рішення)
1. Технічні показники		
Пропускна здатність, мбіт/с	54	480
Чутливість, дБ	-100	-60
Дальність дії досліджуваних каналів, м	50	20
Кількість досліджуваних каналів	14	14
2. Економічні показники		
Ціна, грн.	10000	20000

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (К) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{т.п}}{I_{е.п}}, \quad (5.10)$$

де $I_{т.п}$ – індекс технічних параметрів; $I_{е.п}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс технічних параметрів є відносним рівнем якості інноваційного рішення. Індекс економічних параметрів визначається за формулою (5.11)

$$I_{е.п} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Неі}}{\sum_{i=1}^n P_{Беі}}, \quad (5.11)$$

де $P_{Неі}, P_{Беі}$ – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

$$I_{е.п} = \frac{20000}{10000} = 2.$$

$$K = \frac{4,23}{2} = 2,12.$$

Зважаючи на розрахунки, можна зробити висновок, що інноваційний товар буде на 212% конкурентоспроможніший, ніж базовий товар .

5.8 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи складається з трьох етапів. На першому етапі здійснюється розрахунок витрат, які безпосередньо стосуються виконавців розробки.

Розраховуємо величину заробітної плати кожного із розробників, врахувавши, що вони працюють в наукових установах бюджетної сфери.

Основна заробітна плата розробників розраховується за формулою:

$$Z_0 = \frac{M}{T_p} \cdot t, \quad (5.12)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн.;

T_p – число робочих днів в місяці, 22 дні;

t – число днів роботи розробника (дослідника).

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 — Основна заробітна плата розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник проекту	8200	372,72	60	22363,2
Провідний інженер-проектувальник	6950	315,91	53	16743,23
Інженер проектувальник	5840	265,45	30	7167,15
Тестувальник	4980	226,36	27	6111,72
Наладчик системи	5240	238,19	30	7145,7
			Z_0	59531

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p), що здійснюють виготовлення дослідного електронного цифрового підпису, створення відповідного програмного забезпечення, складання та попереднє налагодження, розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання даної роботи, за формулою:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i, \quad (5.13)$$

де t_i — норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин;
 n — число робіт по видах та розрядах;
 K_c — коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час
 C_i — погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну роботу, грн./год.
 C_i визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_n \cdot K_i}{T_p \cdot T_{zm}}, \quad (5.14)$$

де M_n — мінімальна місячна оплата праці, грн., $M_n = 3200$ грн.;
 K_i — тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;
 T_p — число робочих днів в місяці, $T_p = 22$ дні;
 T_{zm} — тривалість зміни, $T_{zm} = 8$ годин.
Проведені розрахунки заносимо до таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Основна заробітна плата робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, нормо-годин	Кількість робітників	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
Проектування і синтез системи	8	3	6	26,36	632
Налаштування мережі	6	4	6	26,36	632
Тестування мережі	2	2	6	26,36	105
Всього, грн					1369

Додаткова заробітна плата розробників та робітників, які приймали участь в розробці та дослідженні зразка продукту розраховується як 12 % від основної заробітної плати розробників та робітників:

$$З_о = \frac{(З_о + З_р) \cdot 12\%}{100\%}. \quad (5.15)$$

Підставивши значення у формулу (7.15) отримаємо:

$$З_д = \frac{(59531 + 1369) \cdot 12\%}{100\%} = 7308(\text{грн}).$$

Розраховуємо нарахування на заробітну плату розробників та робітників, які брали участь в проекті.

Згідно діючого законодавства ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове страхування становить 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати.

Отже, розмір нарахування визначатиметься за формулою:

$$Н_з = \frac{(З_о + З_р) \cdot 22\%}{100\%}. \quad (5.16)$$

Підставивши значення у формулу (5.16) отримаємо:

$$Н_з = \frac{(59531 + 1369) \cdot 22\%}{100\%} = 13398(\text{грн}).$$

Розрахуємо амортизацію обладнання, яке використовувалось для проведення розробки програмного продукту. Відрахування по кожному виду обладнання та приміщень розраховуються за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц}{T_{кор.}} \cdot \frac{T_{фак.}}{12}, \quad (5.17)$$

де C – балансова вартість обладнання, приміщень тощо, які використовувались для розробки нового технічного рішення без врахування ПДВ, грн.;

$T_{фак.}$ – термін фактичного використання обладнання, приміщень під час розробки, місяців;

$T_{кор.}$ – термін використання обладнання, приміщень згідно діючого ПКУ, років.

Проведені розрахунки заносимо до таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Величина амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	$T_{кор.}$, роки	$T_{фак.}$, місяці	Величина амортизаційних відрахувань, грн
Програмно-апаратний комплекс	200000	3	3	11111,1
Програмне забезпечення для налаштування	33000	2	3	2750
Тестери	7000	2	3	583,33
Апаратура зв'язку	6500	3	3	361,1
Приміщення	46000	3	3	2555,55
Меблі	17000	3	3	944,44
			Разом	18305,52

Розрахуємо величину матеріалів, що були використані для розробки програми. Для зручності дані представимо у таблицю 5.11.

Таблиця 5.11 – Матеріали та прилади, що використовуються при розробці даного інноваційного продукту

Найменування матеріалу	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено (кг., шт., м. тощо)	Величина відходів (кг, м)	Ціна відходів, грн./кг(шт., м.	Коефіцієнт транспортних витрат	Вартість витраченого матеріалу,
------------------------	-----------------------	-------------------------------	---------------------------	--------------------------------	--------------------------------	---------------------------------

				тощо)		грн.
TN-designing program	1600	1	0	0	1,1	1760
CommView Remote Agent for WiFi	350	1	0	0		385
Тестер	300	1	0	0		330
M						2475

Витрати на матеріали (M), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою []:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_e, \quad (5.18)$$

де H_i – витрати матеріалу i -го найменування, кг (шт., м. тощо);

C_i – ціна одиниці матеріалу i -го найменування, грн.;

K_i – коефіцієнт транспортних витрат (1,1...1,15);

B_i – величина відходів i -го найменування, кг (шт., м. тощо);

C_e – ціна відходів i -го найменування, грн.

Підставивши значення у формулу (7.17) отримаємо:

$$M = 1,1 \cdot (1600 \cdot 1 + 350 \cdot 1 + 300 \cdot 1) = 2475(\text{грн}).$$

Витрати на силову електроенергію на розробку та виготовлення дослідного зразка ЕЦП, розраховуються за формулою:

$$B_e = B \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_n, \quad (5.19)$$

де B — вартість 1 кВт-години електроенергії для підприємств I категорії, $B = 1,74$ грн./кВт/година;

Π — встановлена потужність обладнання, кВт.;

Φ — фактична кількість годин роботи обладнання, годин. ;

K_n — коефіцієнт використання потужності.

Всі проведені розрахунки занесемо до таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 — Розрахунки витрат на електроенергію

Найменування обладнання	Кількість обладнання	Кількість годин роботи обладнання, год.	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання потужності	Величина оплати
НР DN355	2	720	0,15	0,9	338,26
Тестувальне обладнання W-759d	2	720	0,3	0,8	601,34
Настільні лампи	3	250	0,10	0,8	104,4
Загальне освітлення	4	250	0,2	0,8	278,4
Всього					1322,4

Інші витрати охоплюють: загальнопромислові витрати, адміністративні витрати, витрати на збут тощо. Інші витрати доцільно приймати як 200...300% від суми основної заробітної плати розробників та робітників:

$$B_{\text{інш}} = 2 \cdot (Z_0 + Z_p). \quad (5.20)$$

Величина інших витрат складе:

$$B_{\text{інш}} = 2 \cdot (59531 + 1369) = 121800(\text{грн}).$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає загальні витрати на проведення розробки пристрою. Обчислимо:

$$\begin{aligned} B_{\text{сум}} &= 59531 + 1369 + 7308 + 13398 + 18305,52 + 2475 + 1322,4 + 121800 \\ &= 225508,92(\text{грн}). \end{aligned}$$

На другому етапі розрахуємо величину загальних витрат на виконання розробки пристрою. Загальна вартість розробки пристрою розраховується за формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B_{\text{ини}}}{\alpha}, \quad (5.21)$$

де α — частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець розробки. Підставивши значення у формулу (7.21) отримаємо:

$$B_{\text{заг}} = \frac{225508,92}{0,7} = 322155,2(\text{грн}).$$

На третьому етапі здійснюється прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів розробки. Прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів виконаної дослідної роботи здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{B_{\text{заг}}}{\beta}, \quad (5.22)$$

де β — коефіцієнт, який характеризує етап виконання дослідної роботи. В нашому випадку 0,7 . Підставивши значення у формулу (7.22) отримаємо:

$$ЗВ = \frac{322155,2}{0,7} = 460222,29(\text{грн}).$$

5.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Здійснимо кількісний прогноз вигоди, який можна отримати в майбутньому від впровадження результатів виконаної наукової роботи.

Для розробки пристрою та впровадження результатів розробки необхідно близько року. Позитивний ефект прогнозується одразу після впровадження

розробки у виробництво, і за рахунок значних якісних змін характеристик у порівнянні з аналогами, що існують на ринку, актуальність нової розробки буде мати впродовж мінімум трьох років. Впровадження нової розробки дозволить у порівнянні з аналогом збільшити кількість замовників, що користуватиметься даним пристроєм щонайменше на 40 %, за рахунок покращення характеристик вимірювань.

Оскільки, в умовах ринку узагальнюючим позитивним результатом, що його отримає підприємство від впровадження результатів розробки пристрою, є збільшення чистого прибутку підприємства розрахуємо величину чистого прибутку. Адже саме зростання чистого прибутку забезпечить підприємству надходження додаткових коштів, які дозволять покращити фінансові результати діяльності та виплатити кредити, якщо вони були потрібні для впровадження результатів розробки. Зростання чистого прибутку оцінимо у теперішні вартості грошей.

Розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства $\Delta\Pi_i$ для кожного з трьох років, впродовж яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки. Для цього скористаємося формулою:

$$\Delta\Pi_i = \sum (\Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 + \frac{\gamma}{100}\right), \quad (5.23)$$

де ΔC_0 — покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. У нашому випадку це ціна одиниці нової розробки;

N — основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

C_0 — основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

ΔN — покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів наукової розробки;

λ — коефіцієнт, що враховує сплату податку на додану вартість. Згідно чинного законодавства – 0,8333;

ρ — коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Приймемо – 0,25;

γ — ставка податку на прибуток. Згідно чинного законодавства – 18%.

Вартість подібного пристрою у конкурента становить 25000грн. Витрати на ліцензію на виробництво і розповсюдження програми становитимуть 10000 грн. Завдяки здійсненим модифікаціям вартість одного зразка, що вироблятиметься становитиме 63000 грн. В середньому, на ринку в рік реалізовується 7 зразків пристрою. Внаслідок покращення якості продукту очікується, що кількість реалізованих одиниць продукту за перший рік збільшиться на 11, за другий рік на 9, та на третій рік на 8. Підставивши значення у формулу (5.23) розрахуємо чистий прибуток за перший рік після впровадження розробки:

$$\Delta\Pi_1 = (53000 \cdot 7 + 63000 \cdot 11) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18\%}{100\%}\right) = 255360(\text{грн})$$

Підставивши значення у формулу (5.23) розрахуємо чистий прибуток за другий рік після впровадження розробки:

$$\Delta\Pi_2 = (53000 \cdot 7 + 63000 \cdot (11 + 9)) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18\%}{100\%}\right) = 391440(\text{грн})$$

Підставивши значення у формулу (5.23) розрахуємо чистий прибуток за третій рік після впровадження розробки:

$$\begin{aligned} \Delta\Pi_3 &= (53000 \cdot 7 + 63000 \cdot (11 + 9 + 8)) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18\%}{100\%}\right) \\ &= 512400(\text{грн}) \end{aligned}$$

5.10 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності.

Розрахунок ефективності вкладених інвестицій передбачає проведення низки робіт.

Розраховуємо теперішню вартість інвестицій PV , що вкладаються в наукову розробку. Такою вартістю ми можемо вважати прогнозовану величину загальних витрат $ЗВ$ на виконання та впровадження результатів дослідження. Тобто, $PV=ЗВ=460222,29$ грн.

Розраховуємо очікуване збільшення прибутку $\Delta\Pi_i$, що його отримає підприємство від впровадження результатів наукової розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження згідно формули (7.23) становить 255360 грн. , 391440 грн. та 512400 грн. відповідно.

Для спрощення подальших розрахунків побудуємо вісь часу, на яку нанесемо всі платежі (інвестиції та прибутки), що мають місце під час виконання науково-дослідної роботи та впровадження її результатів. Платежі показуємо у ті терміни, коли вони здійснюються.

Результати вкладених у наукову розробку інвестицій почнуть виявлятися через шість місяці і впродовж трьох років після впровадження.

Тоді рисунок, що характеризує рух платежів (інвестицій та додаткових прибутків) буде мати вигляд, що наведений на рисунку 5.2.

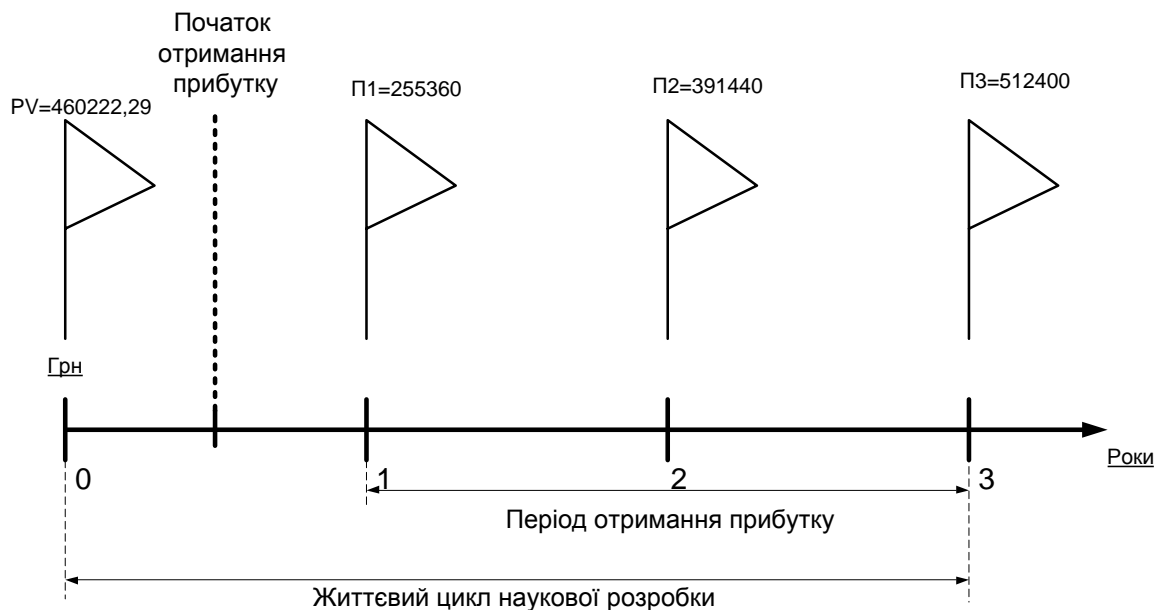


Рисунок 5.2 — Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

Розраховуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{абс}$.

Для цього користуються формулою:

$$E_{абс} = (ПП - PV), \quad (5.24)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство від реалізації результатів наукової розробки, грн;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = ZB$, грн.

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (5.25)$$

де $\Delta\Pi_i$ — збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДДКР, грн;

t — період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

τ — ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України у 2016 році цей показник склав 0,147, на 2017 рік прогнозований рівень інфляції становить 0,081 та на 2018 рік 0,04;

t — період часу (в роках) від моменту отримання чистого прибутку до точки „0”.

Якщо $E_{abc} \leq 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження буде збитковим і вкладати кошти в проведення цих досліджень ніхто не буде.

Якщо $E_{abc} > 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуток, але це також ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даного проекту (роботи).

Розрахуємо абсолютну ефективність інвестицій, вкладених у реалізацію проекту.

Підставивши значення у формулу (7.25) отримаємо:

$$ПП = \frac{255360}{(1 + 0,11)^1} + \frac{391440}{(1 + 0,11)^2} + \frac{512400}{(1 + 0,11)^3} = 925062,6 \text{ (грн)}$$

Підставивши отримане значення у формулу (7.24) отримаємо:

$$E_{abc} = 925062,6 - 460222,29 = 464840,31 \text{ (грн)}$$

Оскільки $E_{abc} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР може бути доцільним.

Розраховуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_e . Для цього користуються формулою:

$$E_e = T_{ж} \sqrt[3]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1 \quad (5.26)$$

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн;

PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 3B$, грн;

$T_{ж}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Підставивши значення у формулу (7.26) отримаємо:

$$E_B = \sqrt[3]{1 + \frac{464840,31}{460222,29}} - 1 = 0,25$$

Далі, розраховану величина E_B порівнюємо з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування τ_{\min} , яка визначає ту мінімальну дохідність, нижче за яку інвестиції вкладатися не будуть. У загальному вигляді мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування τ_{\min} визначається за формулою:

$$\tau_{\min} = d + f, \quad (5.27)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2016 році в Україні $d = (0,17...0,25)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05...0,1)$, але може бути і значно більше.

Враховуючи нестабільність ринку прийmemo $f=0,05$. Підставивши значення у формулу (7.27) отримаємо:

$$\tau_{\min} = 0,17 + 0,05 = 0,22.$$

Оскільки величина $E_B > \tau_{\min}$, то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Розраховуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій. Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій $T_{ок}$ можна розрахувати за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_6}. \quad (5.28)$$

Підставивши значення у формулу (7.28) отримаємо:

$$T_{ок} = \frac{1}{0,25} = 4.$$

Оскільки, період окупності є достатньо невеликим для такого продукту, то фінансування даної наукової розробки є доцільним.

5. 11 Висновки до розділу

Економічна частина МКР містить обґрунтування економічної доцільності розробки пристрою для оцінки методів кодування мультимедійного відеотрафіку. Розробка забезпечує вище середнього рівень комерційного потенціалу. Продукт має достатній рівень новизни, відбулась принципова технологічна модифікація товару, а це свідчить про те, що товар наділений ознаками інноваційності. Обрано канал збуту — канал нульового рівня, безпосередньо від виробника до споживача.

Було розраховано потребу та величину попиту на інноваційний товар, які склали відповідно 56 та 7 споживачів. Також було вибрано та обґрунтовано канали збуту та метод ціноутворення. Також було визначено основного конкурента, яким є фірма «WirelessT», яка пропонує продукцію для роботи і тестування в безпроводних мережах.

При визначенні ціни буде використовуватись витратний метод. Розрахунки встановили, що розроблюваний продукт має відносний коефіцієнт показника якості більший одиниці, а інноваційний продукт кращий за базовий товар-конкурента.

В наступному розділі було оцінено конкурентоспроможність товару. Відповідно до проведеного розрахунку, інноваційний продукт в 2 рази більш конкурентоспроможний, ніж базовий товар.

Розраховано загальні витрати на розробку, що становлять 460222,29 грн.

Проведено розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності. Так, $E_{abc} > 0$, що свідчить про доцільність вкладення коштів у розробку. Період окупності ϵ не досить великим для такої розробки, отже, фінансування даної наукової розробки є доцільним.

З отриманих результатів очевидно, що дана розробка вважається економічно вигідною.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Головна задача охорони праці – мінімізація імовірності виникнення захворювань та виробничого травматизму під час забезпечення нормованих показників умов праці.

Незадовільний рівень охорони праці може стати причиною соціально-економічних проблем працівників та членів їх сімей. Саме тому соціально-економічне значення охорони праці полягає у: підвищенні продуктивності праці, зростанні сукупного національного продукту, скороченні виплат за лікарняними та виплат компенсацій за важкі умови праці та інше.

У цьому розділі проводиться розгляд небезпечних та шкідливих для працівника і оточуючого середовища факторів, що утворюються під час проведення для підвищення ефективності методів оцінки безпровідних каналів стандарту 802.11. В ньому розглядаються, в тому числі, технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, розрахунок загального рівномірного штучного робочого освітлення методом питомої потужності, технічні рішення з безпеки при проведенні розробки, безпека в надзвичайних ситуаціях.

В процесі розробки даного пристрою на працюючих діють ті чи інші небезпечні та шкідливі виробничі фактори (НШВФ) фізичної та психофізіологічної груп відповідно до [9].

Фізичні НШВФ: підвищена або понижена температура повітря робочої зони, підвищений рівень шуму на робочому місці, підвищений рівень статичної електрики, недостатність або відсутність природного освітлення, недостатня освітленість робочої зони, підвищена яскравість світла, пряма або відбита блискучість.

Психофізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори: нервово-психічні перевантаження: розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці.

6.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці

6.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони

Під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища цих приміщень, що визначається діючими на організм людини

поєднаннями температури, вологості та швидкості руху повітря, а також інтенсивності теплового випромінювання.

Колиз технічних чи економічних міркувань оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини параметрів мікроклімату.

Визначаємо для приміщення, де проводяться роботи з підвищення ефективності методів оцінки параметрів безпровідних каналів стандарту 802.11, категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іб.

Відповідно до [4] допустимі параметри мікроклімату у робочій зоні для холодного та теплого періодів року приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Нормовані допустимі показники мікроклімату [4]

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С для робочих місць		Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		постійних	непостійних		
Холодний	Іб	20-24	17-25	75	≤0,2
Теплий		21-28	19-30	60 при 27°С	0,1-0,3

Перепад температури повітря за висотою робочої зони допускається до 3°С. При опроміненні менше 25% поверхні тіла працівника, нормована інтенсивність теплового опромінення складає 100 Вт/м².

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК), які використовуються при проектуванні виробничих приміщень (будівель), обладнання, технологічних процесів, вентиляцій, для контролю за якістю виробничого середовища. ГДК шкідливих речовин, що утворюються у даному виробничому приміщенні наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва речовини	Параметр	Значення	Клас небезпеки
Іони n ⁺ , n ⁻	число іонів в 1 см ³ повітря	50000	–
Пил нетоксичний	ГДК, мг/м ³	0,15	4

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату та чистоти повітря робочої зони передбачено:

- 1) у приміщенні має бути встановлена система опалення для холодного і кондиціонування для теплого періодів року;
- 2) для підвищення вологості повітря слід розташовувати місткості з водою за типом акваріумів поблизу опалювальних приладів або використовувати зволожувачі;
- 3) припливно-витяжна система вентиляції, а при несприятливих погодних умовах кондиціонування.

6.1.2 Виробниче освітлення

Для забезпечення раціональних гігієнічних умов на робочих місцях великі вимоги висуваються щодо кількісних та якісних параметрів освітлення.

З точки зору задач зорової роботи в приміщенні, де проводяться роботи з підвищення ефективності методів оцінки параметрів безпровідних каналів стандарту 802.11, відповідно до [2] знаходимо, що вони відносяться до III розряду зорових робіт. Приймаємо контраст об'єкта з фоном – великий та характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд 2.

Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) та мінімальні значення освітленості при штучному освітленні приведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення та мінімальні освітленості при штучному освітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розр.	Розряд з.р.	Підрозряд з.р.	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Освітленість при штучному освітленні, лк			КПО, %	
						комбіноване		загальне	Природне освітлення	Суміщене освітлення
						всього	у т. ч. від загального			
Високої точності	0,3-0,5	II		великий	середній	200	200	200	2	1,2

Оскільки приміщення знаходиться у м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а світлові проєкти розташовані за азимутом 135° , то для таких умов КЕО визначатиметься за формулою [2]:

$$e_N = e_H m_N [\%], \quad (6.1)$$

де e_H – табличне значення КЕО для бокового освітлення;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – номер групи забезпеченості природним світлом.

Підставляючи відомі значення одержимо

$$e_N = 2 \cdot 0,85 = 1,7 (\%).$$

З метою забезпечення нормативних значень показників освітлення передбачено такі заходи:

1) у світлу пору доби за недостатнього природного освітлення, воно доповнюється штучним завдяки використанню газорозрядних ламп, утворюючи систему суміщеного освітлення;

2) в темну пору доби передбачене використання штучного освітлення.

6.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

Визначено, що приміщення, де проводиться робота з розробки може містити робочі місця із шумом, що виходить від сусідніх виробничих приміщень.

Головним документом з питань виробничого шуму, що діє в нашій країні, є [1], згідно з яким нормовані рівні звукового тиску, рівні звуку та еквівалентні рівні шуму на робочих місцях у виробничих приміщеннях не повинні перевищувати значень, що приведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Нормовані рівні шуму та еквівалентні рівні звуку

Рівні звукового тиску в дБ в октавних полосах з середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
1,5	3	25	50	00	000	000	000	000	
6	1	1	4	9	5	2	0	8	50

З метою забезпечення нормованих показників шуму в приміщенні передбачено такі заходи:

- 1) періодичне змащування підшипників вентиляторів системи вентиляції;
- 2) використання в конструкціях обладнання акустичних екранів та звукоізоляційних кожухів.

6.1.4 Виробничі випромінювання

Аналіз умов праці показав, що приміщення, де проводиться робота з розробки може містити електромагнітні випромінювання.

Гранично допустимі рівні електромагнітних полів наведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Гранично допустимі рівні електромагнітних полів (безперервне випромінювання, амплітудна або кутова модуляція)

Номер діапазону	Метричний розподіл діапазонів	Частоти	Довжина хвиль, λ	ГДР, В/м
5	Кілометрові хвилі (низькі частоти, НЧ)	30-300 кГц	10-1 км	25
6	Декаметрові хвилі (високі частоти, ВЧ)	3-30 МГц	100-10 м	$3 \cdot \lg \lambda$
7	Метрові хвилі (дуже високі частоти, ДВЧ)	30-300 МГц	10-1 м	3

З метою забезпечення захисту і досягнення нормованих рівнів випромінювань необхідно застосовувати екранні фільтри та інші засоби захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат.

6.1.5 Розрахунок загального рівномірного штучного робочого освітлення методом питомої потужності

Вихідні дані: приміщення має розміри (м): $11 \times 7 \times 3,3$. Кількість світильників $N = 20$ шт.

Розрахунок загального рівномірного освітлення проведемо за допомогою методу питомої потужності.

Знайдемо потужність лампи за формулою [3]:

$$P_{л} = \frac{pS}{N} \text{ [шт]}, \quad (6.2)$$

де p – питома потужність лампи, Вт/м²;

S – площа приміщення, що освітлюється, м²;

N – кількість світильників, шт.

З конструктивних міркувань, враховуючи габарити робочого приміщення, попередньо вибираємо світильник ЛПР з лампами ЛБ-40.

Питома потужність лампи при освітленості 100 лк визначається в залежності від висоти світильника над робочою поверхнею h та площі приміщення S .

Питома потужність лампи (при довільному значенні освітленості) знаходиться за формулою:

$$p = \frac{Ep_{100}}{100} \text{ [Вт/м}^2\text{]}, \quad (6.3)$$

де E – освітленість для штучного освітлення у приміщенні, лк;

p_{100} – питома потужність лампи при освітленості 100 лк, Вт/м².

Площа приміщення, що освітлюється знаходиться за формулою

$$S = LB \text{ [м}^2\text{]}, \quad (6.4)$$

де L, B – довжина та ширина приміщення відповідно, м.

Висоту світильника над робочою поверхнею знайдемо за формулою:

$$h = H - h_з - h_p \text{ [м]}, \quad (6.5)$$

де $h_з$ – висота звісу світильника ($h_з = 0,15$ м);

h_p – висота умовної робочої поверхні ($h_p = 0,8$ м).

Після підстановки відомих значень у формули (5.4, 5.5) отримаємо:

$$S = 11 \cdot 7 = 77 \text{ (м}^2\text{)};$$

$$h = 3,3 - 0,15 - 0,8 = 2,35 \text{ (м)}.$$

Для $h = 2,35$ м і $S = 77$ м² вибираємо питому потужність лампи ЛБ-40в світильника ЛПР при освітленості 100 лк $p_{100} = 4,4$ Вт/м².

Після підстановки відомих значень у формули (5.3, 5.2) отримаємо:

$$p = \frac{200 \cdot 4,4}{100} = 8,8 \text{ (Вт/м}^2\text{)};$$

$$P_{л} = \frac{8,8 \cdot 77}{20} = 33,88 \text{ (Вт)}.$$

За отриманим результатом остаточно вибираємо найближчу за значеннями стандартну лампу ЛБ-40.

6.2 Технічні рішення з безпеки під час проведення розробки

6.2.1 Безпека щодо організації робочих місць

Площа, на якій розташовується одне робоче місце для обслуговуючого персоналу, повинна становити не менше 6,0 м², об'єм приміщення – не менше ніж 20 м³, висота – не менше 3,2 м.

Кольорове оздоблення інтер'єру приміщення повинно відповідати вказівкам з проектування кольорової обробки інтер'єрів приміщень будівель промислових підприємств. Поверхня підлоги повинна бути рівною, без вибоїн, не слизькою, зручною для вологого прибирання, мати антистатичні властивості. Не дозволяється застосовувати для оснащення інтер'єру полімерні матеріали, які забруднюють повітря шкідливими хімічними речовинами та сполуками.

6.2.2 Електробезпека

У середині приміщення, депроводиться робота з розробки, значну увагу потрібно надати уникненню загрози ураження електричним струмом. Згідно [10] це приміщення відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом в наслідок наявності значної (понад 75 %) вологості. Через це безпека експлуатації електрообладнання повинна гарантуватись комплексом заходів, що включають застосування ізоляції струмоведучих частин, захисних блокувань, захисного заземлення тощо.

6.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи безпроводного каналу зв'язку стандарту 802.11 в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Як відомо великий вплив на безпроводні канали складають різного роду випромінювання, зокрема такі як електромагнітні хвилі та іонізуючі випромінювання. Джерелом іонізуючого випромінювання є об'єкт, що містить радіоактивний матеріал, або технічний пристрій, що випускає або здатний (за певних умов) випускати іонізуюче випромінювання.

Сучасні ядерно-технічні установки зазвичай є складними джерелами випромінювань. Наприклад, джерелами випромінювань того, що діючого ядерного реактора, окрім активної зони, є система охолодження конструкційні матеріали, устаткування і ін. Поле випромінювання таких реальних складних джерел зазвичай представляється як суперпозиція полів випромінювання окремих, більш елементарних джерел.

Джерелами іонізуючих випромінювань є радіоактивних елементи і їх ізотопи, ядерні реактори, прискорювачі заряджених частинок та ін. Рентгенівські установки і високовольтні джерела постійного струму відносяться до джерел рентгенівського випромінювання.

В елементній базі електричних та електронних систем під дією іонізуючих випромінювань можлива зміна майже всіх електричних і експлуатаційних характеристик, що залежить від протікання процесів іонізації і порушення структури матеріалів. Практика експлуатації таких систем в умовах радіоактивних випромінювань дозволяє зробити висновки про те, що системи миттєво втрачають працездатність при критичних рівнях радіації, або ж в їх елементах можуть початися відновлювані (невідновлювані) зміни через деякий час після радіоактивного зараження при рівнях значно нижчих від критичних.

Стосовно електромагнітних випромінювань варто сказати, що навіть короткочасне електромагнітне випромінювання великої потужності, здатне вивести з ладу радіоелектронні пристрої, складові основу будь-якої інформаційної системи. Елементна база радіоелектронних пристроїв вельми чутлива до енергетичних перевантажень, потік електромагнітної енергії достатньо високої щільності здатний випалити напівпровідникові переходи, повністю або частково порушивши їх нормальне функціонування. Як відомо, напруга пробою переходів невисока і складають від одиниць до десятків вольт залежно від типу приладу.

Так, навіть у кремнієвих прецизійних біполярних транзисторів, що володіють підвищеною міцністю до перегрівів, напруга пробою знаходиться в межах від 15 до 65 В, а у арсенід-галієвих приладів цей поріг рівний 10 В [47].

6.3.1 Дослідження стійкості роботи безпровідного каналу зв'язку стандарту 802.11 в умовах дії іонізуючих випромінювань

За критерій стійкості роботи мережі приймається таке максимальне значення дози випромінювання ($D_{гр}, P$) або рівня радіації ($p_{гр}, P/\text{год}$), при яких вузлові елементи мережі ще будуть працювати з потрібною якістю.

До числа вузлових елементів мережі можна віднести сервери та маршрутизатори. Перелік основних елементів вузлових точок мережі наведено в таблиці 6.6 [48].

Таблиця 6.6 – Визначення граничної дози іонізуючих випромінювань для вузлових точок мережі

Елементи і матеріали	$D_{в}, P$	$D_{гр}, P$
Мікросхеми	10^4	10^4
Пасивні елементи	10^5	
Діелектричні матеріали	10^4	
Індуктивні елементи	10^{10}	

За мінімальним значенням $D_{гр}(p_{гр})$ границя стійкості системи в цілому складає $D_{гр} = 10^4(P)$.

Можлива доза опромінення протягом експлуатації в заданих умовах становитиме:

$$D_m = 2p_1 \cdot \frac{\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n}}{K_{пос}} = \frac{2 \cdot 5,23 \cdot (\sqrt{7570} - \sqrt{1})}{1} = 910,02 (P), \quad (6.19)$$

де $p_1 = 5,23 P/\text{год}$ – рівень радіації в умовах експлуатації;

$t_k = 7570$ – термін експлуатації;

$K_{пос} = 1$ – коефіцієнт послаблення радіації.

Допустимий рівень радіації в умовах експлуатації:

$$p_{\text{гр}} = \frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{пос}}}{2 \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} = \frac{10^4 \cdot 1}{2 \cdot (\sqrt{7570} - \sqrt{1})} = 58,14 \text{ (P/год)}. \quad (6.20)$$

Оскільки $p_{\text{гр}} > p_{1\text{max}}$ ($58,14 \frac{\text{P}}{\text{год}} > 5,23 \text{ P/год}$) і $D_{\text{гр}} > D_{\text{м}}$ ($10^4 \text{ P} > 910,02 \text{ P}$), то вузлові точки мережі працюватимуть стійко в заданих умовах і нема потреби вживати заходи щодо підвищення стійкості їх роботи.

6.3.2 Дослідження стійкості роботи безпроводного каналу стандарту 802.11 в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерій стійкості роботи каналу приймається коефіцієнт безпеки [49]:

$$K_6 = 20 \lg \left(\frac{U_{\text{д}}}{U_{\text{в(г)}}} \right) [\text{дБ}], \quad (6.21)$$

де $U_{\text{д}}$ – допустимі коливання напруги живлення, В;

$U_{\text{в(г)}}$ – напруга наведена у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Оцінка стійкості поводитьсь за дією електричного поля, яке є складовою електромагнітного.

Горизонтальна складова напруженості електричного поля

$$E_{\text{г}} = 10^{-3} \cdot E_{\text{в}} = 10^{-3} \cdot 11,41 \text{ (кВ/м)}, \\ E_{\text{г}} = 11,41 \text{ (В/м)}.$$

Максимальну напругу живлення має сервер. Допустиме коливання напруги живлення:

$$U_{\text{д}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot 5 = 220 + \frac{220}{100} \cdot 5 = 231 \text{ (В)}.$$

Максимальні довжині вертикальних і горизонтальних струмопровідних частин складають: $l_2=0,35 \text{ м}$ і $l_6=0,25 \text{ м}$.

Максимальні напруги наведення у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах 3:

$$U_B = U_\Gamma \cdot l_B = 11,41 \cdot 0,25 = 2,85 \text{ (В)},$$

$$U_\Gamma = U_B \cdot l_\Gamma = 11410 \cdot 0,35 = 3993,5 \text{ (В)}.$$

Коефіцієнти безпеки за кожною з напруг

$$K_6^B = 20 \lg \frac{U_D}{U_B} \text{ [дБ]}, \quad K_6^\Gamma = 20 \lg \frac{U_D}{U_\Gamma} \text{ [дБ]}.$$

$$K_6^B = 20 \lg \frac{231}{2,85} = 38,18 \text{ (дБ)}, \quad K_6^\Gamma = 20 \lg \frac{231}{3993,5} = -24,75 \text{ (дБ)}.$$

Оскільки K_6^B і $K_6^\Gamma < 40$ дБ, то для забезпечення стійкої роботи серверів і мережі в цілому необхідно здійснити його екранування.

6.3.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи безпроводного каналу в умовах загрозливих чинників надзвичайної ситуації

Умови безпеки при використанні радіоактивних ізотопів у промисловості передбачають розробку комплексу захисних заходів та засобів не лише стосовно осіб, які безпосередньо працюють з радіоактивними речовинами, але й тих, хто знаходиться у суміжних приміщеннях, а також населення, що проживає поруч з небезпечним підприємством (об'єктом). Засоби та заходи захисту від іонізуючого випромінювання поділяються на: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні.

Організаційні заходи від іонізуючого випромінювання передбачають забезпечення виконання вимог норм радіаційної безпеки. Приміщення, які призначені для роботи з радіоактивними ізотопами повинні бути ізольовані від інших і мати спеціально оброблені стіни, стелі, підлоги. Відкриті джерела випромінювання і всі предмети, які опромінюються повинні знаходитись в обмеженій зоні, перебування в якій дозволяється персоналу у виняткових випадках, та й то короткочасно. На контейнери, устаткування, двері приміщень та інші об'єкти наноситься попереджувальний знак радіаційної небезпеки (на жовтому фоні - чорний схематичний трилисник).

До технічних заходів та засобів захисту від іонізуючого випромінювання належать: застосування автоматизованого устаткування з дистанційним керуванням; використання витяжних шаф, камер, боксів, що оснащені спеціальними маніпуляторами, які копіюють рухи рук людини; встановлення захисних екранів.

Санітарно-гігієнічні заходи передбачають: забезпечення чистоти приміщень, включаючи щоденне вологе прибирання; улаштування припливно-витяжної вентиляції з щонайменше п'ятиразовим повітрообміном; дотримання норм особистої гігієни, застосування засобів індивідуального захисту.

До лікувально-профілактичних заходів належать: попередній та періодичні медогляди осіб, які працюють з радіоактивними речовинами; встановлення раціональних режимів праці та відпочинку; використання радіопротекторів - хімічних речовин, що підвищують стійкість організму до іонізуючого опромінення.

Для підвищення стійкості роботи безпровідного каналу в умовах дії електромагнітного імпульсу потрібно застосовувати екранування сталевим екраном. Необхідне перехідне гасіння енергії електричного поля ($A_{\text{мін}}$, дБ).

$$A_{\text{мін}} = 40 - K_{\text{бмін}} = 40 - (-24,75) = 64,75 \text{ (дБ)}.$$

Необхідна товщина стінки сталевих екрана, см за визначається за формулою:

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f}} = \frac{64,75}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,1 \text{ (см)}, \quad (6.22)$$

де A – перехідне гасіння, дБ;

t – товщина стінки екрана, см;

f – 15000 Гц.

Окрім чинників надзвичайних ситуацій розглянутих в попередніх підрозділах особливої уваги заслуговують надзвичайні ситуації, що виникають внаслідок повеней спричинених як атмосферними катаклізмами, так і наслідками надзвичайних ситуацій техногенного походження такими як, наприклад, аварії на гідротехнічних спорудах, магістральних водогонах, тощо.

Забезпечити повний захист техніки від впливу води дуже важко тому, що повна герметизація обладнання конструктивно передбачає значну складність технологічних процесів виготовлення і високу вартість сировини. Крім того така техніка передбачає автономність її використання. Це ускладнює її залучення як до комп'ютерних мереж, так і до мереж електропостачання. Рівень герметизації блоків персональних комп'ютерів є досить низьким, оскільки герметизованими, лише частково, є тільки жорсткі диски, що використовуються для зберігання інформації. В силу перерахованих вище причин для захисту персональних комп'ютерів та інших електронних пристроїв використовуються такі заходи:

1) розміщення пристроїв та комп'ютерів здійснюється в сухих і добре провітрюваних приміщеннях;

2) в разі неможливості забезпечення природної вентиляції приміщення приєднують до загальних фільтровентиляційних систем;

3) в приміщеннях встановлюються пристрої кліматконтролю, що дозволяють регулювати температуру та вологість повітря;

4) для розміщення обладнання використовуються приміщення не нижче першого (при можливості другого) поверху;

5) при необхідності розміщення комп'ютерів та оргтехніки в підвальних чи підземних приміщеннях здійснюється їх повна гідроізоляція;

6) на випадок ситуацій з різкою зміною вологості повітря та потрапляння води в приміщення їх обладнують системами аварійного вимкнення електропостачання;

7) при використанні техніки в районах підвищеної небезпеки використовуються комп'ютерні системи з бездротовою передачею даних та автономним енергозабезпеченням;

В разі виникнення надзвичайної ситуації забезпечується швидке переміщення зовнішніх носіїв інформації та системних блоків стаціонарних комп'ютерів в безпечні приміщення чи транспортні засоби для подальшого вивезення в безпечні райони.

6.4 Висновки до розділу 6

В результаті виконання цього розділу було розглянуто такі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, розрахунок комбінованого штучного освітлення

методомліній, що світяться, технічні рішення з безпеки при проведенні дослідження, безпека в надзвичайних ситуаціях.

Згідно наведених у підпункті 6.3 розрахунків робота мережі в умовах дії іонізуючих випромінювань заданої інтенсивності буде стійкою, оскільки умови $p_{гр} > p_{1max}$ ($58,14 \text{ Р/год} > 5,23 \text{ Р/год}$) і $D_{гр} > D_m$ ($10^4 \text{ Р} > 910,02 \text{ Р}$) виконуються. Для забезпечення стійкої роботи мережів умовах дії електромагнітного імпульсу заданої інтенсивності необхідно застосувати екранування її вузлових точок сталевим екраном товщиною більше 0,1 мм.

В разі виникнення інших надзвичайних ситуацій, зокрема пов'язаних з природними катаклізмами, що стали актуальними останнім часом, для захисту обладнання можна вжити заходи перелік яких наведено в попередньому підрозділі. Більшість з перерахованих заходів є універсальними, тому можуть бути використані і для захисту від наслідків інших надзвичайних ситуацій.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було досліджено підвищення ефективності методів оцінки параметрів безпроводних каналів стандарту 802.11. Було проведено аналіз характеристик сімейства стандартів 802.11x, проаналізовано методи оцінки параметрів безпроводних мереж, проведено аналіз методик підвищення їх ефективності та виконано експериментальні дослідження параметрів безпроводного каналу стандарту 802.11.

За умови використання сучасного обладнання та програмного забезпечення в даний час цілком можливо побудувати на базі стандартів серії 802.11 надійну, ефективну, захищену і стійку до атак бездротову мережу. Така мережа буде більш гнучкою та відносно дешевою у порівнянні з дротовими мережами.

Проаналізувавши архітектуру та основні функції mesh-мережі встановлено, що mesh-мережі – це мережа, яка володіє високою ефективністю, оскільки вона легко масштабується та є досить гнучкою. Для використання mesh-мережі в рамках широкого кола додатків доцільно застосовувати гібридний протокол маршрутизації, характеристики якого можуть бути змінені в залежності від запитів і вимок конкретної групи користувачів, зокрема для великої кількості мобільних користувачів, яким необхідні великі об'єми трафіку в реальному часі.

У роботі було проведено розрахунок трафіку інфракомунікаційних послуг.

Порівнюючи отримані результати з характеристиками стандартів Wi-Fi, було встановлено, що безпроводний канал Wi-Fi придатний для передачі відеопотоків HD якості та де яких відеопотоків FHD.

Також було розраховано дальність зв'язку та пропускну здатність безпроводного каналу в результаті чого було проведено експериментальне дослідження, яке підтвердило, що канал є досить вразливим до зовнішніх завад, внаслідок чого буде погіршуватись якість та дальність зв'язку та зменшуватись швидкість передачі даних.

Проте дослідження залежності швидкості передачі від потужності сигналу, показали, що канал зі смугою 40МГц є більш стабільнішим до зменшення потужності сигналу на приймальній частині (менша крутість спаду кривих), як до перешкоди так і після перешкоди.

Під час дослідження впливу довжини пакету на ефективну швидкість передачі було встановлено, що для стандарту 802.11n Wi-Fi, для досягнення максимальної ефективної швидкості передачі, можливе використання кадрів

верхнього рівня не більше ніж 4096 байт, як для каналу зі смугою каналу 20 МГц, так і зі смугою 40 МГц.

При дії в середовищі передачі інтерференційних завад, для каналу зі смугою 40 МГц, падіння швидкості передачі для кадрів довжиною більшою за 4096 байт, становить не більше двох раз, на відміну від смуги 20 МГц, де падіння в деяких випадках сягало більше ніж у чотири рази.

На основі результатів експериментальних дослідження залежності впливу руху абонентів на ефективну швидкість проведених було встановлено:

- при використанні технології MIMO, сумарна потужність випромінювання передавальних антен становить не більше 100 мВт, крім того, чим більша кількість використовуваних антен, тим вища стабільність параметрів каналу при передачі інформації;

- будь-яке переміщення прийомо-передавального обладнання стандарту 802.11 у просторі вносить суттєвий вплив на ефективну швидкість передачі інформації у каналі;

- при швидкостях руху 1 м/с спостерігається значне зменшення критерію ефективності, а при двох і більше – падіння досягає у 1,5..2 рази.

У розділі «Економічна частина» був проведений попередній розрахунок економічної частини методів оцінки параметрів безпроводного каналу стандарту 802.11. Було проаналізовано ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності. Під час розрахунку було знайдено абсолютну ефективність вкладених інвестицій та порівняно її з мінімальною ставкою дисконтування, в результаті чого був зроблений висновок про доцільність інвестування в даний виріб. Наприкінці розділу було обчислено термін окупності інвестованих коштів, який вкладається в допустимі рамки.

У розділі «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» було розглянуто такі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, розрахунок перевірючий суміщеного освітлення методом питомої потужності, технічні рішення з безпеки при проведенні дослідження, безпека в надзвичайних ситуаціях.

В разі виникнення інших надзвичайних ситуацій, зокрема пов'язаних з природними катаклізмами, що стали актуальними останнім часом, для захисту обладнання можна вжити заходи перелік яких наведено в попередньому підрозділі. Більшість з перерахованих заходів є універсальними, тому можуть бути використані і для захисту від наслідків інших надзвичайних ситуацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Михалевський Д. В. Особливості передачі мультимедійного трафіку в безпроводних мережах / Д.В. Михалевський, Р.О. Красота, М.Д. Гузь // Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи: ММНТК, Київ, 2014р. – С. 169-170.
2. Михалевський Д.В. Аналіз мультимедійного трафіку для концепції цифрового будинку / Д. В. Михалевський, Р.О. Красота, М.Д. Гузь // Сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій«РТ – 2014»: 10-та ММНТК, Севастополь, 12-17 травня 2014 р. – С. 96.
3. Михалевський Д. В. Дослідження Wi-Fi каналу для передачі мультимедійного трафіку / Д.В. Михалевський, Р.О. Красота, В.Є. Мондляр //ВОТТП-13-2014: матеріали тринадцятої Міжнар. науково-технічної конф., Одеса, 3-8 червня 2014 р. – С. 175.
4. Михалевський Д. В. Дослідження впливу довжини пакетів верхніх рівнів на ефективну швидкість передачі для стандарту Wi-Fi / Д.В. Михалевський, Р.О. Красота, М.Д. Гузь // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах № 4' 2014 – С. 189-192.
5. Михалевський Д. В. Передача трафіку у мережах Wi-Fi при дії інтерференційних завад / Д.В. Михалевський, Р.О. Красота, М.Д. Гузь // Scientific researches and their practical application.modern state and ways of development. Технічні науки – Електротехніка, радіотехніка, телекомунікації, і електроніка. SWorld – 16-26 Грудня 2014р. – С. 12-17.
6. Михалевський Д. В. Дослідження впливу руху абонентів на ефективну швидкість передачі інформації у мережах стандарту Wi-Fi / Д.В. Михалевський, М.Д. Гузь // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах № 1' 2015 – С. 195-199.
7. Михалевський Д. В. Оцінка параметрів безпроводного каналу передачі інформації стандарту Wi-Fi / Д.В. Михалевський // ISSN 1729-3774 Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 6 Вересня 2014р. – С. 22-26.
8. Шахнович И. В. Современные технологии беспроводной связи. Издание второе, исправленное и дополненное. / Шахнович И. В. // М.: Техносфера, 2006.- 288с.
9. Вишнеvский В. М. Беспроводные сети широкополосного доступа к ресурсам Интернета / Вишнеvский В. М. // М.: Техносфера, 2003. – 108 с.

10. Вишнеvский В. М. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / Вишнеvский В. М. та ін. // М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
11. Вишнеvский В. М. Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G. / В. Вишнеvский, С. Портной, И. Шахнович. // М.: Техносфера., 2009. – 465 с.
12. Козловський Володимир Олександрович. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2003. - 75 с.
13. Росс Джон. Wi-Fi. Беспроводная сеть / Росс Джон // М.: ИТ Пресс, 2007. – 320 с.
14. Пролетарский А. В. Беспроводные сети Wi-Fi. / Пролетарский А. В., Баскаков И. В., Чирков Д. Н. // М.: Интуит, 2007. — 177 с.
15. Панасенко С. П. Алгоритмы шифрования. / Панасенко С. П. // СПб.:БХВ-Петербург, 2009. — 576 с.
16. Пустогаров И.А., Ляхов А.И., Шпилев С.А. Многоканальные mesh-сети: анализ подходов и оценка производительности [Электронный ресурс] // Информационные процессы (Information processes). – 2008. – Том 8 (3). – С. 173-192. – Режим доступа к журн.: <http://www.jip.ru/2008/173-192-2008.pdf>.
17. Евсеева О. Ю. Обзор технологических и теоретических решений в области маршрутизации на основе качества обслуживания [Электронный ресурс] / О. Ю. Евсеева, С. В. Гаркуша // Проблемы телекоммуникаций. – 2012. – № 3 (8). – С. 24–46. – Режим доступа до журн.: http://pt.journal.kh.ua/2012/3/1/123_evseeva_review.pdf.
18. Гаркуша С. В. Огляд та класифікація протоколів маршрутизації в mesh-мережах стандарту IEEE 802.11 / С. В. Гаркуша // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ”. – 2012. – № 1. – С. 14–23.
19. Гоголева М. А. Экспериментальное исследование математической модели распределения каналов в многоканальных MESH-сетях стандарта IEEE 802.11 / М. А. Гоголева, С. В. Гаркуша, Ахмед Х. Абед // Радиотехника: Всеукр. Межвед. научн.-техн. сб. – 2010. – Вып. 163. – С. 99-107.
20. Лемешко А. В. Классификация методов распределения частотных каналов в многоинтерфейсных многоканальных mesh-сетях стандарта IEEE 802.11 [Электронный ресурс] / А. В. Лемешко, С. В. Гаркуша // Проблемы телекоммуникаций. – 2011. – № 2 (4).
21. Гаркуша С. В. Разработка и анализ двухиндексной модели распределения частотных каналов в многоканальной mesh-сети стандарта IEEE 802.11

[Електронний ресурс] / С. В. Гаркуша // Проблеми телекомунікацій. – 2011. – № 3 (5). – С. 38–57.

22. Гаркуша С. В. Разработка и анализ модели распределения подканалов в сети стандарта IEEE 802.16 / С. В. Гаркуша // Вісник національного університету «Львівська політехніка»: Радіoeлектроніка та телекомунікації. – 2012. – № 738. – С. 177–185.

23. Гаркуша С. В. Разработка и анализ масштабируемой модели распределения подканалов в сети стандарта IEEE 802.16 / С. В. Гаркуша // Збірник наукових праць Харківського університету повітряних сил. – 2012. – Вип. 4 (33). – С. 68–74.

24. Студийные параметры кодирования цифрового телевидения для стандартного 4:3 и широкоэкранный 16:9 форматов. [Електронний ресурс] – Режим доступу: // http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.601-7-201103-I!!PDF-R.pdf

25. Пелішок, В. О. Вибір виду модуляції для забезпечення основних вимог в безпроводних системах [Текст] / В. О. Пелішок // Наукові записки УНДІЗ. – 2009. – № 2 (10). – С. 25–31.

26. Бортник Г.Г., Кичак В.М. Основи теорії передачі інформації: Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2002. – 128 с.

27. Сундучков, А. К. Межканальная интерференция и метод оценки ее влияния на прием сигнала [Текст] / А. К. Сундучков, Е. А. Остропуцкая, Е. А. Фадеева, К. С. Сундучков // Электроника и связь. – 2010. – № 4. – С. 202–206.

28. Жоюю П. Введение в широкополосные системы связи миллиметрового диапазона / П. Жоюю, К. Фарук // Электроника. – 2010. – #3. – С. 86-94.

29. Ланда Л. Теоретическая физика: Учебное пособие. Теория поля / Л. Ланда, Е. Лифшиц. – М: Наука, 1988г. – 512с.

30. Вершинин А.С. Модель физического уровня систем / А.С. Вершинин, Д.А. Коротков, Е. Р. Ворошилин // Доклад – 2011, - №2 – С.78-84.

31. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. В. О. Козловський - Вінниця: ВНТУ. 2012. - 22 с.

32. Економічне обґрунтування інноваційних рішень: практикум / В. В. Кавецький, І. В. Причепя, В. О. Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2013. 110 с.

33. Основи підприємництва. Практикум: Навчальний посібник. Видання 5-е, доповн. та перероб. – Тернопіль: ТзОВ «Терно-Граф», 2005. – 297 с.

34. В.М. Аніщук, А.В. Русецький, М.К. Толочко. Інноваційна діяльність і науково-технологічний розвиток. – Мн.: Вид. центр БДУ, 2005. – 151.
35. Ф33 Інвестознавство: Підручник. – 3-тє вид., допов. – К.: МАУП, 2004. – 480 с: іл. – Бібліогр.: с 470–472.
36. Гохберг Ю.О. Управління нововведеннями на підприємствах / Ю.О. Гохберг. – Донецьк : Донецький національний університет, 2004. – 231 с.
37. Гаврись О.М. Економіка і маркетинг виробничо-підприємницькій діяльності / О.М. Гаврись. – Харків. – 2004. – 640 с.
38. Бузько І.Р. Стратегічне управління інноваціями та інноваційна діяльність підприємства : монографія / І.Р. Бузько, О.В. Вартанова, Г.О. Голубченко. – Луганськ : Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2002. – 176 с.
39. Дука А. П. Теорія та практика інвестиційної діяльності. Інвестування / А. П. Дука. – К. : Каравелла, 2007. – 424 с.
40. Дорофієнко В. В. Ринок інновацій : навч. посіб. / В. В. Дорофієнко, С. В. Калинович, Я. І. Жеребйов. – Макеевка : ДоиПЛСЛ, 2006. – 360 с.
41. Ілляшенко С.М. Менеджмент та маркетинг інновацій / С. М. Ілляшенко. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2004. – 616 с.
42. Титов В.В. Стратегія інноваційної діяльності підприємства // Формування механізму управління підприємством в умовах ринку / В.В. Тиов, Л.В.Кірина, С.А.Кузнєцова. – 2008. – 491 с.
43. Козоріз М.Л. Управління інноваційними процесами в регіонах : монографія // Ін-т регіональних досліджень ІЛП України / М. Л. Козоріз. – Львів : ЛБІ ИБУ, 2006. – 263 с.
44. Наукова та інноваційна діяльність в Україні // Держкомстат України. – К., 2007. – 350 с. 2004. – 307 с.
45. Микитюк П. Інноваційний менеджмент : навч. носіб. / П. Микитюк. – К. : ЦУЛ, 2007. – 298 с.
46. Поршнєв А.Г. Управління інноваціями в умовах переходу до ринку / А.Г. Поршнєв. – М. : Аланс, 2008. – 406 с.
47. ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
48. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
49. Пособие по расчету и проектированию, естественного, искусственногои совмещенного освещения НИИСФ – М.: Стройиздат. 1985. – 384 с.
50. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

51. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.
52. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97), МОЗ України. – К., 1997.
53. ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
54. Методичні вказівки до опрацювання розділу “Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях” в дипломних проектах і роботах студентів спеціальностей, що пов’язані з функціональною електронікою, автоматизацією та управлінням / Уклад. О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 64 с.
55. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – К. : Держнаглядохоронпраці, 1998. – 382 с.
56. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ДОДАТКИ

Додаток А
(обов'язковий)
ВНТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав.кафедри ТКСТБ ВНТУ,
канд.техн.наук, доцент
Г.Г.Бортник
“ ___ ” _____ 2016 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на виконання магістерської кваліфікаційної роботи
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ
БЕЗПРОВІДНИХ КАНАЛІВ СТАНДАРТУ 802.11
08-34.МКР.005.00.000 ТЗ

Керівник роботи
к.т.н., доцент кафедри ТКСТБ ВНТУ
Михалевський Д. В.

Виконавець: ст. гр. ТСМ-15м
Тіщенко І. Б.

Вінниця-2017

Додаток Б
(обов'язковий)

Приклади вирішення задачі розподілу частотних каналів у mesh-мережі

Додаток В
(обов'язковий)

Схеми дослідження безпроводного каналу стандарту Wi-Fi

Додаток Г
(обов'язковий)

Результати дослідження пропускної здатності безпроводного каналу Wi-Fi
при смузі каналу 20 МГц

Додаток Д
(обов'язковий)

Результати дослідження пропускної здатності безпроводного каналу Wi-Fi
при смузі каналу 40 МГц

Додаток Е
(обов'язковий)

Результати дослідження впливу довжини пакетів верхніх рівнів при смузі
каналу 20 МГц

Додаток Ж
(обов'язковий)

Результати дослідження впливу довжини пакетів верхніх рівнів при смузі
каналу 40 МГц