

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ,  
ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ  
КАФЕДРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТА РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР**

**Тема:** «Методи покращення передачі мультимедійного трафіку в сучасних телекомунікаційних системах»

**Виконавець:** \_\_\_\_\_ Віталій СВТУШЕНКО  
(підпис)

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Ірина ТЕРЕНТЬЄВА  
(підпис)

**Консультанти з окремих розділів пояснювальної записки:**

**Консультант розділу «Охорона праці»** \_\_\_\_\_ Батир ХАЛМУРАДОВ  
(підпис)

**Консультант розділу «Охорона навколишнього середовища»**  
\_\_\_\_\_ Євгеній БОВСУНОВСЬКИЙ  
(підпис)

**Нормоконтролер:** \_\_\_\_\_ Денис БАХТІЯРОВ  
(підпис)

**Київ 2022**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра телекомунікаційних та радіоелектронних систем

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.

## ЗАВДАННЯ

### на виконання кваліфікаційної роботи

Євтушенка Віталія Анатолійовича

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема дипломної роботи (проекту): «Методи покращення передачі мультимедійного трафіку в сучасних телекомунікаційних системах»

затверджена наказом ректора від «12» жовтня 2021 р. №2227/ст

2. Термін виконання роботи: з 11.10.2021 р. по 02.01.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: знаходження ефективних методів кодування мультимедійного трафіку

4. Зміст пояснювальної записки: покращення передачі мультимедійного трафіку в безпроводних мережах

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: слайди презентації в програмному пакеті Microsoft Office

## 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Розробити деталізований зміст розділів дипломної роботи	05.09.2021- 06.09.2021	Виконано
2	Вступ	07.09.2021- 10.09.2021	Виконано
3	Аналіз основних понять мультимедійного трафіку	12.09.2021- 05.10.2021	Виконано
4	Аналіз основних методів кодування мультимедійного трафіку	06.10.2021- 15.10.2021	Виконано
5	Дослідження передачі мультимедійного трафіку з використанням безпроводних технологій	17.10.2021- 05.11.2021	Виконано
6	Охорона праці	07.11.2021- 12.11.2021	Виконано
7	Охорона навколишнього середовища	14.11.2021- 19.11.2021	Виконано
8	Усунення недоліків та захист дипломної роботи	21.11.2021- 30.11.2022	Виконано

## 7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	к.м.н., проф. Батир ХАЛМУРАДОВ		
Охорона навколишнього середовища	к.т.н., доц. Євгеній БОВСУНОВСЬКИЙ		

8. Дата видачі завдання: “08” жовтня 2021 р.

Керівник дипломної роботи \_\_\_\_\_ Ірина ТЕРЕНТЬЄВА  
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Віталій ЄВТУШЕНКО  
(підпис випускника) (П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота «Методи покращення передачі мультимедійного трафіку в сучасних телекомунікаційних системах» містить \_\_\_ сторінок, \_\_\_ рисунків, \_\_\_ таблиці, \_\_\_ використаних джерел.

МУЛЬТИМЕДІЙНИЙ ТРАФІК, ТЕЛЕКОМУНІКАЙНІ МЕРЕЖІ, КОДУВАННЯ ДАНИХ, БЕПРОВІДНІ КАНАЛИ ПЕРЕДАЧІ.

Об'єкт дослідження – мультимедійний трафік.

Предмет дослідження – ефективні методи кодування мультимедійного трафіку.

Мета дипломної роботи – проведення аналізу та дослідження ефективного методу передачі мультимедійного трафіку в телекомунікаційних системах.

Метод дослідження – базуються на використанні теорії передачі інформації по безпроводних каналів, теорії кодування інформації, статистичні методи обробки інформації, методи математичного аналізу.

Матеріали дипломної роботи рекомендується використовувати при навчальному процесі і підготовці студентів в напрямку телекомунікацій.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	8
ВСТУП .....	10
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПОНЯТЬ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ТРАФІКУ	12
1.1. Основні поняття мультимедійного трафіку .....	12
1.2. Аналіз основних компонентів мультимедійного трафіку .....	13
1.3. Аналіз характеристик мультимедійного трафіку .....	15
1.4. Поняття самоподібності трафіку .....	17
1.5. Якість обслуговування мультимедійного трафіку в телекомунікаційних мережах .....	19
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1 .....	22
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОДУВАННЯ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ТРАФІКУ .....	24
2.1. Аналіз існуючих методів кодування зображення.....	24
2.1.1. Аналіз алгоритму кодування H263 .....	24
2.1.2. Аналіз алгоритму кодування H264 .....	24
2.1.4. Палітровий метод ефективного кодування цифрових відеозображень ....	27
2.1.5. Адаптивний метод кодування даних .....	29
2.1.6. Гібридний метод стиснення.....	31
2.2. Перспективи використання сплайн-функцій в технологіях стиснення цифрового відео .....	33
2.3. Аналіз ефективних методів кодування звуку .....	35
2.4. Аналіз існуючих систем підвищення ефективності кодування мультимедійного трафіку .....	36
2.4.1. Дослідження систем передачі при використанні методів стиску.....	36
2.4.2. Система передачі високоякісних звукових сигналів без втрат.....	39
2.4.3. Метод кодування мультимедійного трафіку.....	44
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2 .....	46

РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕДАЧІ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ТРАФІКУ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПРОВІДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ .....	47
3.1. Вибір каналу для передачі мультимедійного трафіку.....	47
3.2. Розрахунок основних параметрів каналу стандарту 802.11n.....	50
3.3. Розрахунок мультимедійного трафіку .....	55
3.3.1. Розрахунок компонентів мультимедійного трафіку.....	55
3.3.2. Розрахунок параметрів мультимедійного трафіку .....	62
3.3.3. Розрахунок параметрів мультимедійного трафіку в безпроводній мережі .....	65
3.4. Дослідження передачі мультимедійного трафіку по безпроводному каналу стандарту 802.11n.....	67
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3 .....	72
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	73
4.1. Опис робочого місця та умов праці суб'єкта.....	73
4.2. Організаційні та конструктивно-технологічні заходи для зниження впливу шкідливих виробничих факторів .....	76
4.2.1. Розрахунок електромагнітних хвиль в виробничих умовах .....	79
4.3. Інструкція з охорони праці під час виконання паяльних робіт .....	81
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4 .....	84
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....	85
5.1. Виникнення поняття електромагнітного забруднення .....	85
5.2. Електромагнітне випромінювання .....	85
5.3. Вплив ком'ютерної техніки на екологію .....	90
ВИСНОВКИ .....	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	96

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ATM – Asynchronous Transfer Mode (асинхронний режим передачі даних);

AVC – Advanced Video Codec (покращений відеокодек);

AVI – Audio Video Interleave ("чергування аудіо та відео");

CD – Compact Disc (компакт-диск);

DSP – Digital Signal Processing (цифрова обробка сигналів);

FLAC – Free Lossless Audio Codec — вільний аудіокодек без втрат;

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);

JPEG – Joint Photographic Experts Group (об'єднана група експертів по фотографії); MIMO – Multiple Input – Multiple Output (технологія багатоантенної передачі);

MPEG – Moving Picture Experts Group (експертна група з питань рухомого зображення);

MPLS – Multiprotocol Label Switching (мультипротокольна комутація по мітках); NGN – Next Generation Networks (мережа нового покоління);

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

OGG – Ogg Media (мультимедіаконтейнер); RLE – Run Length Encoding QoS – Quality of Service (якість обслуговування);

SDH – Synchronous Digital Hierarch (синхронна цифрова ієрархія);



SDM – Spatial Division Multiplexing (просторове розділення каналів);  
SDTV – Standart-Definition Television (цифрове телебачення стандартної чіткості); TCP – Transmission Control Protocol (протокол контролю передачі);  
6 UHDV – Ultra High-Definition Video (цифрове телебачення надвисокої чіткості); VoIP – Voice over IP (передача голосу через протокол IP);  
WAV – Waveform Audio Format (формат аудіо-файла);  
Wi-Fi – Wireless Fidelity (стандарт безпроводної передачі IEEE 802.11);  
WLAN – Wireless Local Area Network (бездротова локальна обчислювальна мережа) АВ – абонентський вузол;  
АКВ – автоматичний комутатор входів;  
БВБШ – блок визначення бітової швидкості;  
БК – безпроводний канал;  
БВКС – блок визначення коефіцієнта стиснення;  
БПР – блок прийняття рішень;  
БВРС – блок визначення різниці сигналів;  
БВСВБ – блок відновлення стисненого відеосигналу;  
БЕСВ – блок еталонного стисненого відеосигналу;  
БВСКВ – блок визначення середнього квадратичного відхилення;  
БЕЦВ – блок еталонного цифрового відеосигналу;  
ВБ – вхідний блок;  
ЛКП лічильник кількості помилок;  
М – маршрутизатор;  
ПВІ пристрій відтворення інформації;  
ПК – проводований канал;  
РЦФ - рекурсивний цифровий фільтр.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Стрімкий розвиток телекомунікаційних технологій відкриває нові можливості використання ресурсів мереж передачі даних. Збільшення пропускної здатності, підвищення якості обслуговування всі ці фактори стали передумовою появи якісних мультимедійних послуг. З іншого боку, розширення кількості користувачів, підвищення їх вимог до якості обслуговування, збільшення обсягів трафіку висувають високі вимоги до параметрів телекомунікаційних мереж.

Якщо звичайний трафік передачі даних потребує лише необхідної йому пропускної здатності, то мультимедійний трафік потребує додатково мінімальної затримки, відсутності помилок та надання йому пріоритету у порівнянні з іншими типами трафіку. У зв'язку з цим актуальною задачею є розширення пропускної здатності мереж для передачі мультимедійного трафіку, аналіз впливу різних факторів на якість передавання трафіку та усунення цих факторів, дослідження технологій передачі мультимедійного трафіку та вибір найкращих серед них.

Основними **задачами** дослідження є: розробити технічне завдання; провести техніко-економічне обґрунтування доцільності дослідження; провести аналіз мультимедійного трафіку, обґрунтувати його основні параметри; провести аналіз ефективних методів кодування зображень і звуку, провести аналіз існуючих систем підвищення ефективності кодування мультимедійного трафіку; розробити методіку оцінки якості мультимедійного трафіку; провести дослідження передачі мультимедійного трафіку по бездротовому каналу стандарту Wi-Fi; оцінити якість передачі мультимедійного трафіку з використанням бездротових технологій; провести економічне обґрунтування проведених досліджень; провести аналіз питань безпеки життєдіяльності.

**Об'єкт дослідження** – мультимедійний трафік.

**Предмет дослідження** – ефективні методи кодування мультимедійного трафіку.

**Методи дослідження** базуються на використанні теорії передачі інформації по бездротових каналах, теорії кодування інформації, статистичних методів обробки інформації, методів математичного аналізу.

**Наукова новизна одержаних результатів:** - удосконалено метод оцінки якості мультимедійного трафіку, який, на відміну від існуючих, використовує ефективні методи кодування зображень - запропонована методика оцінки мультимедійного трафіку для бездротового каналу стандарту 802.11n.

**Практичне значення** роботи полягає в тому, що на основі теоретичних досліджень і отриманих наукових результатів були проведені експериментальні дослідження бездротового каналу стандарту 802.11N; розрахунок параметрів мультимедійного трафіку за новим підходом до параметризації трафіку; Отримано експериментальні дані з дослідження передачі мультимедійного трафіку по бездротовому каналу стандарту 802.11n.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПОНЯТЬ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ТРАФІКУ

#### 1.1. Основні поняття мультимедійного трафіку

IP-мережі були створені для передачі трафіку даних, особливістю якого є асиметрична передача і вимога до цілісності переданих даних. Наприклад, архівний файл повинен передаватися з максимальною швидкістю і без помилок. Дані про трафік нечутливі до тимчасових параметрів. При перегляді вмісту веб-сайту затримка відображення веб-сторінок на кілька секунд незначна. Мультимедійний трафік має інший характер. При передачі мультимедійного трафіку дані повинні передаватися рівномірним потоком. У той же час важливими параметрами є затримка пакета і дисперсія затримки (тремтіння), при яких допускається частка втрати даних.

Це пов'язано з тим, що передана інформація повинна бути відтворена негайно. Якщо під час передачі звуку було втрачено один пакет в секунду, Користувач, ймовірно, цього не помітить. Якщо пакети мають високу затримку або велике відхилення затримки, то звук на приймаючій стороні буде перерваний і якість буде незадовільним. Мультимедійний трафік відноситься до цифрового потоку даних, який містить різні типи повідомлень, що сприймаються людськими органами чуття (як правило, аудіо - та/або відеоінформація). Потоки мультимедійних даних передаються по телекомунікаційних мережах для надання віддалених інтерактивних послуг.

Найбільш поширеними мультимедійними послугами, що надаються користувачам мережі на сьогоднішній день, є: відеотелефонія, високошвидкісна передача мультимедійних даних, IP-телефонія, цифрове телевізійне мовлення, мобільний відеозв'язок і цифрове відео за запитом. Залежно від виду послуги, що надається, виділяють дві основні категорії мультимедійного трафіку: а) трафік в режимі реального часу, що надає мультимедійні послуги для передачі інформації між користувачами в режимі реального часу; б) трафік звичайних даних, який формується

традиційними розподіленими сервісами сучасної телекомунікаційної мережі, такими як електронна пошта, передача файлів, віртуальний термінал, віддалений доступ до баз даних і т.д.

## **1.2. Аналіз основних компонентів мультимедійного трафіку**

Приклади послуг, що генерують трафік в режимі реального часу, включають наступне: IP-телефонія, високоякісне аудіо, відеотелефонія, 18 відеоконференцзв'язок, віддалена (remote) медична допомога (діагностика, моніторинг, консультація), відеомоніторинг, широкомовне відео, цифрове телебачення, трансляція радіо - і телепрограм. IP-телефонія. Ця послуга передає голосовий трафік (мова) між двома абонентами мережі, яка, як мережа, використовує протокол IP (Internet Protocol). Для організації послуги IP-телефонії можна використовувати локальні, корпоративні, глобальні мережі, а також інтернет. За допомогою спеціальних шлюзів, що використовуються в телефонній мережі загального користування, забезпечується IP-Телефонний зв'язок між абонентами телефонних мереж і абонентами мереж передачі даних. Високоякісний звук.

"Високоякісний звук" відноситься до послуги, яка передає і транслює високоякісний звук, такий як музика, концертні виступи і т.д. відеотелефонія. Ця послуга передає людську мову разом з її зображенням низької якості між двома абонентами. Клієнти цієї послуги, завдяки відповідному комутаційному обладнанню, можуть слухати і бачити один одного в режимі реального часу. Відеоконференція. Ця послуга передає Голосовий і відеотрафік між групою абонентів, причому аудіо - і відеосигнали передаються по мережі незалежно один від одного (через різні транспортні з'єднання), їх Синхронізація при прийомі забезпечується відповідним протоколом транспортного рівня. Дистанційне медичне обслуговування. Ця послуга забезпечує дистанційне медичне обстеження, діагностику та консультацію пацієнтів. Трафік цього сервісу включає в себе голосові і відеодані, результати опитування, що передаються в режимі реального часу, і так далі. Відеоспостереження. Дана послуга забезпечує відеоспостереження за приміщеннями, використовується для охорони

територій різного призначення, оперативної сигналізації про різні надзвичайні ситуації, постійного (в режимі реального часу) моніторингу в місцях масового скупчення людей. Трансляція радіо-і телевізійних програм. Ця послуга транслює регулярні радіо-та телевізійні канали через цифрову телекомунікаційну мережу. Цифрове телебачення. Дана послуга транслює високоякісне цифрове телебачення (художні фільми, музичні кліпи, спортивні трансляції) за запитом клієнтів даної послуги. Основною тенденцією в розвитку сучасних телекомунікаційних мереж є підтримка різних видів послуг, в тому числі мультимедійних.

Вимоги різних типів мультимедійного трафіку до мережевих ресурсів можуть досить істотно відрізнятися. Наприклад, звичайний трафік, як правило, не 19, накладає спеціальні обмеження на час його доставки одержувачу. Все, що потрібно такому трафіку, - це виділити йому мінімальну пропускну здатність. Іншим прикладом може служити трафік для відеоконференцій у режимі реального часу. Це вимагає не тільки значної пропускну здатності, але й мінімізації часу доставки відеокадрів одержувачу. Крім того, якість сеансу відеоконференції не буде задовільною, якщо затримки в інформаційних пакетах будуть занадто нерегулярними. У цьому випадку до мережевих ресурсів пред'являються суворі вимоги в багатьох відношеннях. Ці параметри будуть детально розглянуті нижче. Опис і аналіз мультимедійного трафіку в сучасних телекомунікаційних мережах-складне завдання. Основними причинами цих труднощів є: а) широкий діапазон швидкостей передачі - від декількох Кбіт / сек, як у випадку передачі телефонного трафіку, до сотень Мбіт/сек, при передачі відеопотоків; б) різні статистичні властивості переданих потоків мультимедійної інформації (трафік реального часу пред'являє жорсткі вимоги до мережевих ресурсів); в) велика різноманітність мережевих конфігурацій, безліч технологій і протоколів передачі (Gigabit Ethernet, ATM, MPLS і т.д.); г) багаторівнева обробка переданих повідомлень, а також в результаті чого якість обслуговування залежить від декількох рівнів обробки.

### 1.3. Аналіз характеристик мультимедійного трафіку

Існує багато моделей для опису трафіку в різних телекомунікаційних мережах. У загальному випадку мультимедійний трафік певного Сервісу представляється як випадковий процес. Нехай значення миттєвого трафіку дорівнює кількості блоків інформації, які генерує відповідний сервіс в одиницю часу. Тоді, у найзагальнішому випадку, випадковий процес описується сімейством функції розподілу, де [1, 1]:

$$F_{B_t, x} = \text{Вер } B_t \Phi x. \quad (1.1)$$

Практичне використання такого методу опису є складним (не створено математичний апарат, що забезпечує оцінку параметрів якості такого нестационарного навантаження загального вигляду, і важко адекватно оцінити сімейство функції розподілу  $F_{B_t}(x)$ ).

Для параметризації мультимедійного трафіку, як правило, використовується ряд характеристик, які визначаються рекомендаціями МСЕ-Т. До основних параметрів мультимедійного трафіку можна віднести [4, 8]: - значення трафіку (миттєвий, максимальний, піковий, середній і мінімальний), значення біт/с; - коефіцієнт пропускної здатності (пульсації(K)); - середня тривалість пікового трафіку(); - середня тривалість сеансу зв'язку( ); - формати елементів трафіку; - максимальний, середній, мінімальний розмір упаковки; - інтенсивність трафіку запитів ( $\lambda$ ). Всі ці характеристики описують інтегральні параметри випадкового процесу, приклад реалізації якого наведено на рис.1.1.

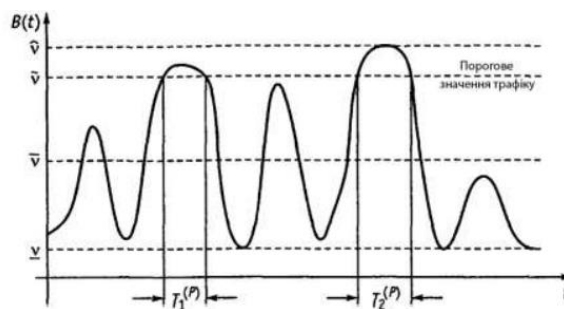


Рис.1.1. Основні параметри мультимедійного трафіку

Розглянемо докладніше ці характеристики. Максимальне значення трафіку. Максимальна кількість блоків інформації, які генерує відповідна служба за одиницю часу, визначається як:

$$v = \max_t B t . \quad (1.2)$$

Пікове значення трафіку. Трафік відповідної служби, який перевищує встановлений для неї піковий поріг.

$\bar{v}$ . Середнє значення трафіку.

$\bar{v}$ . Середнє число блоків інформації, яке відповідний сервіс генерує в одиницю часу, визначається як:

$$\bar{v} = \frac{1}{T^{(s)}} \int_0^{T^{(s)}} B t dt. \quad (1.3)$$

де  $T^{(s)}$  - тривалість сеансу зв'язку.

Мінімальне значення трафіку  $\underline{v}$ . Мінімальне число блоків інформації, яке відповідний сервіс генерує в одиницю часу, визначається як:

$$\underline{v} = \min_t B t . \quad (2.4)$$

Коефіцієнт пачковості трафіку  $K$ . Визначається як відношення між максимальним і середнім трафіком відповідного сервісу. Коефіцієнт пачковості обчислюється за формулою:

$$K = \frac{v}{\bar{v}}. \quad (2.5)$$

Середня тривалість піку  $T^{(p)}$ . Середня тривалість інтервалу часу, протягом якого, відповідний сервіс генерує піковий трафік, обчислюється за формулою:



$$T^{(p)} = \frac{1}{N^{(p)}} \sum_{i=1}^{N^{(p)}} T_i^{(p)}. \quad (2.6)$$

де  $N^{(p)}$  - число піків протягом сеансу зв'язку;  
 $T_i^{(p)}$  - тривалість  $i$ -го піку процесу В  $t$ ,  $i = \{1, N^{(p)}\}$ .  
Тривалість  $i$ -го піку визначається виразом:

$$T_i^{(p)} = t_i^{(e)} - t_i^s. \quad (2.7)$$

де  $t_i^s, t_i^{(e)}$  - моменти початку і закінчення  $i$ -го піку, які визначаються наступними виразами:

$$t_i^s = \min_{\substack{B t > v \\ t > t_{i-1}^s}} t, t_i^{(e)} = \min_{\substack{B t > v \\ t > t_i^s}} t. \quad (2.8)$$

При цьому  $t_0^s, t_0^{(e)} = 0$ .

Перераховані вище параметри використовуються для опису трафіку відповідного сервісу протягом одного сеансу зв'язку з абонентом сервісу. Інтенсивність запитів  $\lambda$  на отримання обслуговування абонентами мережі у відповідного сервісу визначається як середнє число запитів на обслуговування за одиницю часу. Середня тривалість сеансу зв'язку - середня тривалість інтервалу часу, протягом якого відповідний сервіс обслуговує запит, що надійшов. Максимальний розмір пакета - максимальний розмір елемента трафіку в бітах (елемент трафіку передається адресату як єдине ціле). Середній розмір пакету - середній розмір елемента трафіку в бітах. Мінімальний розмір пакета - мінімальний розмір елемента трафіку в бітах.

#### 1.4. Поняття самоподібності трафіку

Численні дослідження, проведені за останнє десятиліття вченими різних країн, дозволяють припустити, що трафік сучасних телекомунікаційних мереж з пакетною

комутацією має особливу структуру, яка не дозволяє використовувати звичні методи, засновані на марківських моделях і формулах Ерланга, які добре зарекомендували себе в якості апарату для проектування телефонних мереж з комутаційними каналами. Ігнорування цих особливостей мультимедійного трафіку призводить до недооцінки навантаження і до невиправдано оптимістичних рішень [9]. Розглянуті особливості викликані проявом ефекту самоподібності трафіку.

У самоподібному трафіку є присутньою деяка кількість досить сильних викидів на тлі відносно низького середнього рівня, що значно збільшує затримки і джитер при проходженні самоподібного трафіку через мережу, навіть у випадках, коли середня інтенсивність трафіку набагато нижче потенційно досяжній швидкості передачі в цьому каналі. Самоподібні процеси відносяться до процесів з довгою пам'яттю, що дозволяє передбачити їх майбутнє, знаючи відносно недавнє минуле.

Помітимо, що прогнозування трафіку надзвичайно важливо при розробці алгоритмів роботи мереж, що забезпечують підвищення якості обслуговування (QoS). Для провайдерів послуг прогнозування завантаження мереж дозволяє планувати їх своєчасний розвиток. До теперішнього часу показано, що самоподібну структуру має трафік в провідних мережах при використанні широко поширених протоколів Ethernet, OKS№7, VoIP, TCP та ін. Аналогічні ефекти виявлені в стільникових телефонних мережах з комутацією пакетів. Дослідження, результати яких представлені в, підтверджують наявність самоподібних властивостей і в трафіку сучасних телекомунікаційних мереж, що використовують технології безпроводного доступу IEEE 802.11. та IEEE 802.16. Процес  $X$  називається строго самоподібним в широкому сенсі (ССШС).

з параметром  $H = 1 - (\beta/2)$ ,  $0 < \beta < 1$ , якщо [9]:

$$r_m k = r k, \quad k \in Z_+, \quad m \in 2,3, \dots, \quad (2.9)$$

тобто, що ССШС процес не міняє свій коефіцієнт кореляції після усереднювання по блоках довжини  $m$ . Іншими словами,  $X$  - ССШС, якщо агрегований процес невідмітний

від початкового процесу  $X$ , як мінімум, відносно статистичних характеристик другого порядку. Процес  $X$  називається асимптотично самоподібним в широкому сенсі (АСШС) з параметром  $H = 1 - (\beta/2)$ ,  $0 < \beta < 1$ , якщо [15]:

$$\lim_{m \rightarrow \infty} r_m^k = g^k, \quad k \in \mathbb{N}. \quad (2.10)$$

Значення цього визначення полягає в тому, що  $X$  є процесом ASSS, якщо після усереднення за блоками довжини  $m$  та при  $m \rightarrow \infty$ , він збігається до процесу ASSS. Поряд з поняттям ССС існує поняття простого самоподібного процесу, який для більшої термінологічної розрізненості будемо називати самоподібним процесом у вузькому значенні. Процес  $X$  називається самоподібним у вузькому сенсі (СВС) з параметром  $H = 1 - (\beta/2)$ ,  $0 < \beta < 1$ , якщо справедливе вираження [9]:

$$m^{1-H} X^{(m)} = X, \quad m \in \mathbb{N}, \quad (2.11)$$

яке розуміється в сенсі рівності розподілів. Зв'язок між процесами СШС і СВС аналогічний зв'язку між процесами, стаціонарними в широкому і вузькому сенсах.

## **1.5. Якість обслуговування мультимедійного трафіку в телекомунікаційних мережах**

При передачі різних видів трафіку кожному користувачеві має бути надано телекомунікаційне (транспортне) з'єднання, яке забезпечує належну якість обслуговування цього трафіку відповідно до міжнародних рекомендацій і стандартів. Виділяють такі основні параметри якості з'єднання [8, 10]: а) час встановлення з'єднання; б) ймовірність встановлення зв'язку; в) ймовірність відключення; г) затримка; д) ймовірність втрати; е) тремтіння. Час встановлення з'єднання - визначається як проміжок часу з моменту оформлення абонентом запиту на надання відповідної мультимедійної послуги до моменту початку надання цієї послуги. Ймовірність встановлення з'єднання - це відношення кількості звернень, на які вже надано відповідну послугу, до загальної кількості звернень на надання цієї послуги. Ймовірність відключення - визначається як відношення кількості звернень, яким

відповідна послуга була надана не в повному обсязі, до загальної кількості обслужених звернень. Затримка - визначається як інтервал часу між початком передачі і-го блоку даних трафіку відповідної послуги відправникам і закінченням отримання цього ж блоку його одержувачем. Затримка складається з часу пакетування, передачі та розподілу переданих блоків даних по каналах зв'язку між вузлами телекомунікаційної мережі, а також часу очікування цих блоків у чергах проміжних комутаторів і мережевих маршрутизаторів. В асинхронній телекомунікаційній мережі затримка блоків даних може бути різною для кожного блоку і є випадковою величиною, яка виражається наступним чином [10]:

$$\tau_i = \tau_i^p + \sum_{k=1}^M \tau_{ik}^{pr} + \sum_{j=1}^N (\tau_{ij}^{sr} + \tau_{ij}^{wt}), \quad (2.12)$$

де  $\tau_i^p$  – випадкова величина часу пакетизації і-го блоку даних трафіку;  
 $M$  – загальне число каналів зв'язку між двома абонентами сервісу;  
 $N$  – загальне число комутаційних пристроїв, розташованих між двома абонентами сервісу;  
 $\tau_{ik}^{pr}$  – випадкова величина часу поширення і-го блоку даних трафіку по до к-го каналу зв'язку;  
 $\tau_{ij}^{sr}$  – випадкова величина часу обслуговування і-го блоку даних трафіку в j-му комутаційному пристрої;  
 $\tau_{ij}^{wt}$  – випадкова величина часу очікування в черзі і-го блоку даних трафіку в j-му комутаційному пристрої.

Середня затримка  $\bar{\tau}$  визначається як середнє значення усіх затримок передаваних блоків даних.

$$\bar{\tau} = \frac{1}{N^{(b)}} \sum_i \tau_i, \quad (2.13)$$

де  $N^{(b)}$  – загальне число доставлених блоків даних.

Вірогідність втрати  $P^{(rs)}$  визначається відношенням числа не доставлених адресатові блоків даних до загального числа переданих.

Джитер  $\sigma^{(\tau)}$  визначається як різниця між  $\tau^{(\max)}$  і  $\tau^{(\min)}$  затримкою передачі блоків даних трафіку відповідного сервісу:

$$\sigma^{(\tau)} = \tau^{(\max)} - \tau^{(\min)}, \quad (2.14)$$

де

$$\tau^{(\min)} = \bar{\tau} - \overline{D \tau}, \quad \tau^{(\max)} = \bar{\tau} + \overline{D \tau}. \quad (2.15)$$

Дисперсія рівна:

$$D \tau = \frac{1}{N^{(b)}} \sum_i N^{(b)} \tau_i - \bar{\tau}^2. \quad (2.16)$$

Вплив параметрів транспортного з'єднання на якість що представляється абонентам сервісу представлено в таблиці. 2.1 [10].

Таблиця 1.1

Вплив параметрів транспортного з'єднання на якість надання сервісу

Параметри якості	Тип сервісу			
	телефонний	Відеоконференції	відео за запитом	передача даних
Затримка	Значне	Значне	Помірне	Незначне
Час встановлення з'єднання	Значне	Значне	Помірне	Помірне
Джитер	Значне	Значне	Значне	Незначне
Вірогідність втрати	Помірне	Помірне	Помірне	Значне
Вірогідність встановлення з'єднання	Значне	Значне	Значне	Значне
Вірогідність розриву з'єднання	Значне	Значне	Значне	Незначне

Час доставки та значення джитера є важливими характеристиками мережі для служб реального часу. Допустимі значення затримки, джиттера, ймовірності втрати пакетів, ймовірності встановлення з'єднання, часу встановлення з'єднання та ймовірності переривання з'єднання, визначені для основних типів мультимедійних послуг, отримані в результаті дослідження Європейського дослідницького центру 26 у м. галузі телекомунікацій, наведені в таблиці . 2.2 [10].

Таблиця 1.2

Допустимі значення параметрів якості обслуговування при передачі мультимедійного трафіку

Тип сервісу	Параметри якості обслуговування				
	$t^{(cn)}$ , с	$P^{(rj)}$	$\tau$ , мс	$P^{(rs)}$	$\sigma^{(\tau)}$ , с
ІР-телефонія	0,5...1	$10^{-3}$	25...500	$10^{-3}$	100...150
Відеоконференція	0,5...1	$10^{-3}$	30	$10^{-3}$	30...100
Цифрове відео за запитом	0,5...1	$10^{-3}$	30	$10^{-3}$	30...100
Передача звичайних даних	0,5...1	$10^{-6}$	50...1000	$10^{-6}$	-
Телевізійне мовлення	0,5...1	$10^{-6}$	1000	$10^{-6}$	-

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

При виконанні цього розділу аналізується поняття мультимедійного трафіку, його характеристики, параметри та атрибути. Проаналізовано методи розрахунку мультимедійного трафіку, представленого у вигляді стохастичних процесів, проаналізовано концепцію самоподібності трафіку та встановлено, що трафік сучасних телекомунікаційних мереж з пакетною комутацією має особливу структуру, яка не дозволяє використовувати традиційні методи на основі моделей Маркова та формули при проектуванні методів Erlang, які добре зарекомендували себе для проектування телефонних мереж з комутацією каналів. У самоподібному трафіку є деякі відносно сильні викиди на фоні низьких середніх рівнів, які можуть значно

збільшити затримку та джітер самоподібного трафіку, що проходить через мережу, навіть коли середня інтенсивність трафіку дуже низька. Швидкість передачі можливо на цьому каналі. Також визначено параметри якості обслуговування мультимедійного трафіку. Це час встановлення з'єднання; ймовірність встановлення з'єднання; ймовірність роз'єднання; затримка; ймовірність втрати; джітер.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОДУВАННЯ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ТРАФІКУ

#### 2.1. Аналіз існуючих методів кодування зображення

##### 2.1.1. Аналіз алгоритму кодування H263

Кодек H.263 базується на тих самих принципах дискретного косинусного перетворення та компенсації руху, що й кодек H.261. Алгоритм передбачення руху кодека H.263 використовує точність до половини пікселя під час пошуку подібних блоків у попередньому кадрі. Це було потрібно для більш точного моделювання руху об'єктів у відеорядах з низьким часовим розширенням (низька частота кадрів). Також вдосконалено алгоритм кодування потоку символів відеоряду кодами змінної довжини; були запропоновані додаткові режими використання векторів руху, які могли вказувати за межі зображення. Замість кодування Хаффмана було використано арифметичне кодування, що підвищило ефективність кодування на 10-15%. Використовувався вдосконалений режим прогнозування руху з використанням взаємного перекриття блоків. Крім того, кодек H.263 підтримував ширший діапазон роздільної здатності, включаючи 4CIF ( $704 \times 576$ ) і 16CIF ( $1408 \times 1152$ ). Порівняльний аналіз показав, що кодек H.263 досяг такої ж якості зображення, що й кодек H.261, використовуючи вдвічі менший бітрейт [11]. Пізніше були розроблені доповнення до кодека H.263, які розширили його застосування та підвищили ефективність кодування. Цей кодек отримав позначення H.263 + і мав удосконалення, пов'язані з використанням нового типу кадрів (S-кадри) і алгоритмів їх кодування, а також формулюванням принципів зворотної сумісності для вдосконалених кодеків.

##### 2.1.2. Аналіз алгоритму кодування H264

Кодек H. 264 / AVC - це нова перспективна технологія кодування і стиснення аудіовізуальної інформації. Ефективність стиснення H. 264 / AVC СТ вище, ніж у MPEG-2 СТ при тому ж візуальному сприйнятті. СТ H. 264 / AVC розроблений таким



чином, щоб бути незалежним від транспортного рівня використовуваних систем передачі. Отже, доставка інформації може здійснюватися будь-якими системами передачі і мовлення, включаючи: системи з протоколами IP, транспортні потоки систем мовлення у форматі ST MPEG-2, а також конкретні формати файлів H. 264/AVC для їх зберігання і обробки на серверах. Цей ST має більш вузькі межі застосування. Основна увага в H. 264 приділяється ефективності стиснення зображень. Цей ST був створений для більш вузького кола завдань, з метою значного підвищення ефективності алгоритмів кодування і підвищення несприйнятливості до передачі відео. Основними характеристиками ST є: ефективність стиснення; ефективність передачі даних; орієнтація на популярні програми для стиснення відео. H. 264 був створений для підтримки потокової передачі високоякісного ширококомповного відео та зберігання відеоданих. Кодек для H. 264 передбачає використання як просторового, так і часового прогнозування (з оцінкою Руху), включає 2-D перетворення, квантування, стиснення, сканування та статистичне кодування [12]. У H. 264 дозволено представляти блоки (між - або внутрішньокадрові) щодо як попередніх, так і наступних блоків. У міжкадрах це називається оцінкою Руху і відноситься до блоків в інших кадрах. Ефективне стиснення відбувається саме тут, оскільки різниця між подібними блоками відповідає меншій ентропії, ніж в абсолютних значеннях цих блоків. ST H. 264 володіє підвищеною завадостійкістю [13].

### ***2.1.3. Аналіз алгоритму кодування H265***

Стандарт H. 265 / HEVC - це революційний прорив в технології стиснення відео. Ключовою вимогою до нового стандарту було забезпечити дворазове збільшення стиснення в порівнянні з поточним промисловим стандартом H. 264/AVC при фіксованій якості. Для досягнення цієї мети було запропоновано ряд алгоритмічних інструментів, які враховують багато аспектів стиснення відео. Для ефективного та гнучкого представлення відео з різною роздільною здатністю пропонується використовувати три Абстракції: блок кодування (CU), блок прогнозування (PU) та блок перетворення (TU). CU-це основна одиниця стиснення. Його концепція схожа

на концепцію макроблока в стандартах AVC та MPEG-2, але є набагато гнучкішою. Підтримуються формати CU розміром до  $16 \times 16$ , такі як  $32 \times 32$  і  $64 \times 64$ , для ефективного стиснення відео у форматі HD і 4K. PU - це одиниця прогнозування, один CU може містити кілька PU. Асиметричне розділення руху (AMP) підтримується для ефективного кодування нерегулярних моделей відеокadrів. Блок TU є блоком перетворення і може включати в себе один або кілька PU. На додаток до стандартних перетворень  $4 \times 4$  та  $8 \times 8$ , для TU підтримуються швидкі перетворення  $16 \times 16$  та  $32 \times 32$  [14]. Було запропоновано кілька нових алгоритмічних інструментів для підвищення продуктивності міжкадрового прогнозування. Було покращено прогнозування векторів руху. Модифіковані фільтри інтерполяції на  $1/4$  пікселя. Щоб підвищити продуктивність внутрішньокадрового прогнозування, були додані додаткові кути прогнозування, що дозволяють створювати більш точні структури прогнозування. Це призводить до зменшення енергії залишкового сигналу і, отже, до підвищення ефективності кодування. 29 кілька фільтрів об'єднані для зменшення спотворень між оригінальними та відновленими відеокadрами. На додаток до модифікованого фільтру деблокування використовується адаптивний фільтр SAO (Sample Adaptive Offset) для зменшення середнього спотворення локальних областей. В якості алгоритму ентропійного кодування запропоновано контекстно-адаптивний двійковий арифметичний кодер на основі синтаксису (SBAC). SBAC-це адаптивний метод двійкового арифметичного кодування з використанням контекстних моделей, який забезпечує високу ефективність кодування різних синтаксичних елементів з різними статистичними властивостями. Для підвищення ефективності ентропійного кодування коефіцієнтів перетворення використовується адаптивний обхід коефіцієнтів (ACS), який явно визначає порядок сканування кожного блоку перетворення. Ще одним нововведенням, в порівнянні з H. 264 / AVC, в HEVC стало впровадження нової концепції tile. Плитки являють собою поділ кадру на прямокутні області, які можуть бути закодовані і декодовані незалежно один від одного. На відміну від зрізів, плитки не є окремими синтаксичними одиницями кодування, за рахунок чого досягається додаткове збільшення стиснення. З іншого боку, як і у випадку зрізів в AVC, накладні витрати, що виникають внаслідок зменшення

параметрів внутрішньокадрового прогнозування та оновлення контекстів ентропійного кодера на кордонах, є незначними. Використання плиток відкриває нові можливості для підвищення продуктивності кодування і декодування відеозображень за рахунок розпаралелювання цих процесів на сучасних багатоядерних настільних і мобільних платформах [14]. При застосуванні всіх запропонованих алгоритмічних засобів описаний стандарт в середньому дозволяє домогтися зменшення розміру кодованого відео приблизно на 40% в порівнянні з H. 264/AVC - для дозволів 720p, на 50% для 1080, більш ніж на 50% для 4k. крім того, ступінь стиснення має тенденцію збільшуватися з ростом дозволу відео, що добре корелює з основною метою створення стандарту H. 265 / HEVC.

#### ***2.1.4. Палітровий метод ефективного кодування цифрових відеозображень***

Запропоновано метод палітри для ефективного кодування цифрових відеозображень, який використовує адаптивне квантування відеокадрів у колірному просторі та їх представлення в однобайтовому графічному форматі палітри. Спосіб забезпечує ступінь стиснення, в середньому 2,98 в 30 разів, при збереженні хорошої якості візуального сприйняття і не вимагає розробки спеціального декодера. Розроблений метод палітри для ефективного кодування цифрових відеозображень з постійною довжиною коду полягає в наступному:

1. Адаптивне квантування кадрів відеозображення в просторі кольорів за методом;
2. Представлення кожного окремого кадру разом зі своєю незалежною адаптивною палітрою у однобайтовому палітровому графічному форматі з постійною довжиною коду;
3. Зберігання кадрів відео зображення, представлених у однобайтовому палітровому графічному форматі, в мультимедійному контейнері (Audio Video Interleave, AVI) в палітровому режимі (Paletted AVI).

Для реалізації способу було розроблено програмний додаток для представлення відеокадрів в однобайтовому графічному форматі палітри і їх подальшого зберігання в мультимедійному контейнері AVI. Формат AVI дозволяє зберігати відео палітри і

передбачає для цього випадку наявність заголовка програми для кожного відеокадру послідовності, де ми будемо записувати заголовок однобайтового графічного формату палітри. Цей заголовок містить адаптивну палітру у вигляді чотирибайтових значень кольорів RGB, четвертий байт використовується для зберігання альфа-каналу (прозорості). Основна частина файлу відеокадру містить інформацію про кольори пікселів зображення, закодованих відповідними колірними номерами адаптивної палітри. При рендерингу зображення виконується зворотне перетворення: однобайтові коди замінюються відповідними чотирибайтовими значеннями кольору в палітрі. Оскільки розроблений спосіб кодування вносить зміни в колірне наповнення зображення тільки на етапі зменшення надмірності кольору, якість візуального сприйняття зображення визначається показниками якості методу адаптивного квантування. Слід також зазначити, що оскільки в розробленому способі кадри відеозображення зберігаються в мультимедійному контейнері AVI в режимі палітри (Paletted AVI) зі стандартною структурою заголовка і розширенням .avi, відтворення закодованого відео може виконуватися існуючим програмним забезпеченням, тобто немає необхідності розробляти окремий декодер. З роботи можна зробити наступні висновки: - кодування цифрових зображень розробленим палітровим методом ефективного кодування з постійною довжиною коду забезпечує зменшення обсягу зображення, в середньому, в 2,98 рази за рахунок подання 31 відеокадру в однобайтовому графічному форматі палітри і, відповідно, кодування кольорів пікселів за однобайтовими індексами в адаптивній палітрі; - розроблений спосіб кодування зображень забезпечує збереження хорошої якості візуального сприйняття при  $PSNR_{palette} = 46,1$  дБ за рахунок адаптивного зменшення кількості кольорів повнокольорового зображення, при використанні методу панелі ефективного кодування зображень з постійною довжиною коду відпадає необхідність щоб змінити декодер.

### 2.1.5. Адаптивний метод кодування даних

У роботі пропонується використовувати адаптивний метод кодування даних для підвищення надійності і загальної пропускної здатності каналів зв'язку бездротових сенсорних мереж. Суть якого полягає в поділі повідомлення на частини в системі залишкових класів і передачі частин повідомлення різними паралельними маршрутами. В результаті поділу повідомлень в системі залишкових класів ми отримуємо масив даних різного обсягу. Отримані масиви даних пропонується передавати в залежності від якості маршруту: масив з великим обсягом відправляється по кращому маршруту. Більшість відомих алгоритмів маршрутизації, що використовують критерії, засновані на алгоритмах вибору маршруту в графі, тобто вибирається маршрут з мінімальною "вагою". "Вага" маршруту (критерій оптимізації) означає певний мережевий параметр, який повинен бути мінімізований відповідно до заданого алгоритму. Параметрами можуть бути довжина лінії, кількість транзитних ділянок в маршруті, загальна затримка передачі по цьому маршруту, запас енергії вузла для мереж з автономним живленням.

Наприклад, в добре відомому способі полегшення критерієм оптимальності є кількість перемикаються транзитних вузлів на маршруті. Маршрут, в якому кількість транзитних вузлів комутації пакетів є найменшим, вибирається як оптимальний. Основним недоліком цього методу є те, що він не враховує затримки пакетів у чергах. При формуванні "ваги" маршруту вирішальне значення має доступна в даний час динамічна інформація про стан мережі. Якщо можливо розрахувати або виміряти завантаження ліній, включених в маршрут, то можна застосувати кілька стратегій вибору маршруту. Наприклад, якщо маршрут обраний на основі максимальної пропускної здатності, то використовується наступне правило вибору маршруту:

$$\max \{ \min (c_i (1 - \rho_i) , \quad (3.1)$$

де  $\gamma$  - сумарне вихідне навантаження;  $c_i$  - пропускна здатність лінії зв'язку;  $\rho_i$  - ймовірність використання лінії.

Структурна схема адаптивного методу кодування наведена на рис. 2.1. Передача даних з використанням запропонованого методу відбувається наступним чином: повідомлення  $M$  поступає на модуль розділення даних (1), на виході якого отримуємо частини повідомлення (залишки від ділення вхідного повідомлення на основі СЗК) згідно формули:

$$b_i = M \bmod p_i . \quad (3.2)$$

де  $p_i$ - взаємно прості числа  $p_i < p_{i+1}$ .

На приймальній стороні здійснюється декодування отриманого повідомлення на основі зворотного перетворення системи залишкових класів [17].

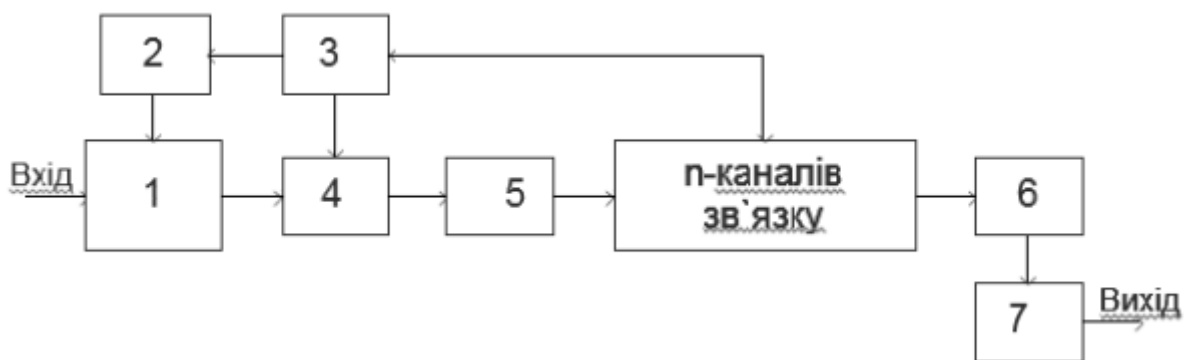


Рис. 2.1. Структурна схема методу кодування

Модуль 3 визначає кількість доступних маршрутів і їх характеристики (пропускна здатність, ймовірність помилки і т.д.). На основі інформації з модуля 3 модуль 4 виконує адаптивний розподіл даних через модуль передачі 5 по каналах зв'язку. Залежно від ймовірності помилки в каналах зв'язку модуль 2 визначає кількість і значення коригувальних баз системи залишкових класів. По каналах зв'язку дані передаються в модуль 6, а потім в модуль 7. У цьому модулі дані об'єднуються, помилки виявляються і виправляються на основі коригувальних кодів системи залишкових класів. Проведені дослідження запропонованого способу кодування в програмному середовищі Matlab підтвердили можливість його використання в бездротових сенсорних мережах для підвищення надійності і

загальної пропускної здатності, зокрема, при зборі і обробці мультимедійних даних. Висновок: адаптивний метод кодування даних забезпечить оптимальний розподіл трафіку при використанні в алгоритмах багатопроменевої маршрутизації і, завдяки цьому, дозволить збільшити загальну пропускну здатність каналів зв'язку бездротових мультимедійних мереж.

### ***2.1.6. Гібридний метод стиснення***

При використанні методу гібридного стиснення мовний сигнал дискретизується для отримання необхідних мовних параметрів. Однак замість безпосереднього стиснення висоти тону, модуляції та інших характеристик мовного сигналу ці параметри використовуються для синтезу фрагмента мови, з якого вони були отримані. Синтезований фрагмент мови, зазвичай довжиною 20 мс, порівнюється з вихідним зразком. Якщо вони відповідають допустимому допуску, то мовні параметри залишаються незмінними. Якщо реальний і синтезований фрагменти відрізняються більш ніж на задане значення, мовні параметри коригуються для досягнення необхідної відповідності. Заключним етапом цього механізму зворотного зв'язку є виконання процедури аналізу за допомогою синтезу [18]: спроба відредагувати параметри мови, щоб забезпечити синтез форми сигналу, максимально наближеної до початкової форми. Після остаточного визначення значень мовних параметрів компресор порівнює отримані характеристики з характеристиками кодової послідовності. Гібридний метод стиснення. На сьогоднішній день найбільш перспективним методом є гібридне стиснення мовних сигналів. Тому необхідно терміново створити нові алгоритми стиснення мовних сигналів, які дозволять забезпечити прийнятну і високу якість мови на низьких швидкостях. Перспективною також є реалізація алгоритмів стиснення мовних сигналів на спеціалізованих процесорах. Особливу увагу слід приділити дослідженню і розробці універсальних алгоритмів стиснення мовних сигналів для кожного методу стиснення. Розглянемо схему звичайного аудіокодера (рис. 2.2).

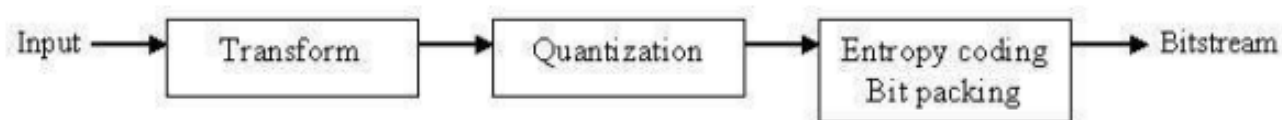


Рис. 2.2. Стандартний аудіо-кодер

Аналізуючи схему легко побачити суттєві недоліки традиційної схеми кодування. По-перше кодування форми хвилі. Це означає, що сигнали з різною формою хвилі можуть звучати однаково: шумові сигнали, інвертований сигнал, зміщений сигнал. Другий недолік – незалежне кодування фреймів, адже музика є сукупністю повторюваних видозмінюваних звуків. Основна ідея реалізована у гібридному кодері - поділ сигналу на три компоненти і використання різних типів кодування у залежності від специфіки компоненти: 1. Гармонічну, використовуючи перетворення, що добре локалізують частоти, основані на перетворенні Фур'є;

2. Ударні, використовуючи вейвлет-перетворення, що має кращу часову локалізацію;

3. Шумову, застосовуючи кодування енергетичних огинаючих спектру.

До гармонічної компоненти застосовуються такі два підходи:

1. Представлення, основане на MDCT-масці: гармонік локально стаціонарна за часом виділена частина MDCT-квазіспектра, обнулення не 'гармонічних' коефіцієнтів; традиційне стиснення гармонічної частини.

2. Векторне представлення і стиснення гармонік - при відновленні використовується інтерполяція. Перехідні сигнали (удари) проходять наступну обробку. Проводиться виділення високоамплітудних вибросів у сигналізвіддаленими гармоніками. Далі відбувається розклад і стиснення даних на базі одномірних ортогональних вейвлетів.

Висновки. З проведеного аналізу можемо зробити висновок, що основною перевагою гібридного кодування є адаптивне кодування, яке залежить від конкретних властивостей компонент сигналу. Але є й недоліки такого підходу: надлишкове представлення; адитивний синтез шуму передбачає не стійкість при ітераційному застосуванні. Хоча гібридне кодування орієнтоване на велике стиснення, але до



теперішнього часу, абсолютно прозоре кодування з CD- якістю не досягнуто. Це спонукає вчених до пошуку можливостей вдосконалення описаного методу. Гібридне стиснення безперечно має багато перспектив, хоча і потребує ще певних доробок. Цікавим є застосування такого методу розкладання сигналу й у стисненні графічних зображень. Адже будь-яке зображення теж має області плавних переходів кольорів та різкі стрибки амплітуд. Такий підхід може дати кращу якість стиснення. Звісно це призведе до ускладнення алгоритму і підвищення часу обробки даних, але такий метод все одно буде мати певну область застосування.

## **2.2. Перспективи використання сплайн-функцій в технологіях стиснення цифрового відео**

Підвищення ефективності програмного забезпечення для стиснення відеоданих і створення нового методу стиснення зображень і відео, який має більш високу ступінь стиснення і кращу швидкість декомпресії, ніж математичні методи, використовувані у відомих кодексах MPEG - 4, H. 264, DivX, є перспективною і актуальною областю досліджень. У зв'язку з цим використання сплайнових функцій в задачах цифрової обробки відео є перспективним. 35 Загальна схема усунення просторової надмірності для стандартів MPEG і H. 263/264 визначає процес стиснення одного кадру відеопотоку і збігається з процедурою стиснення статичного повнокольорового зображення відповідно до стандарту JPEG (рис. 2.3) [19]. На початку зображення перетворюється з кольорового простору RGB в кольоровий простір YCrCb. Потім зображення ділиться на блоки 8x8. Такі блоки створюються для кожної колірної схеми.

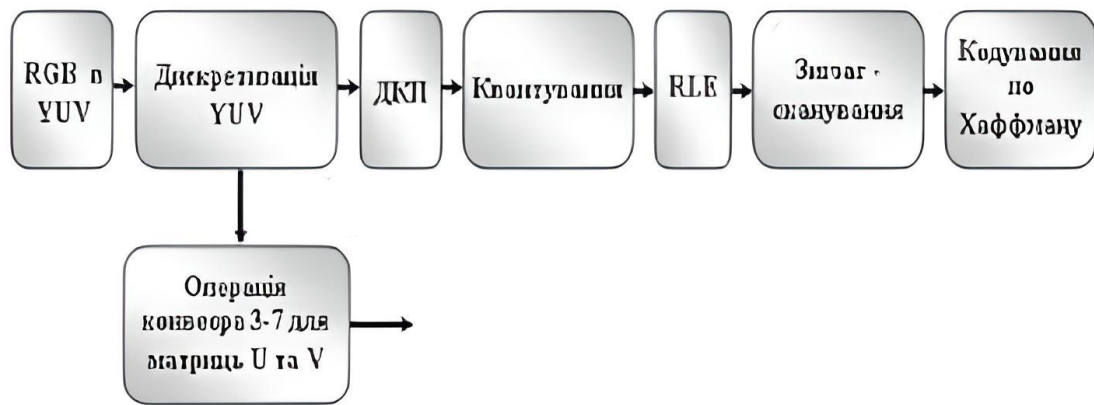


Рис. 2.3. Основні етапи процедури стиснення по стандарту JPEG

Для компонентів  $C_r$  і  $C_b$  формування блоку відбувається через стібок і через стовпчик, тобто з вихідного блоку  $16 \times 16$  виходить один робочий блок  $8 \times 8$ . Далі до кожного з блоків застосовується дискретно-косинусне перетворення. Далі виконується так зване Вторинне стиснення з використанням ентропійного кодера. Ентропійний кодер перетворює елементи послідовності символів у стислий потік бітів, який може бути збережений у файлі або переданий через комунікаційні мережі. Перспективно використовувати сплайнові функції, які використовуються для відновлення дискретної інформації на третьому етапі конвеєра. Сплайни в ряді ситуацій володіють кращими властивостями апроксимації, які забезпечують мінімально можливу помилку для даного вимірювання. Коли вони використовуються, обсяг обчислень значно скорочується. Актуальність і перспективність використання сплайнів в задачах цифрової обробки відео безпосередньо впливає з їх хороших наближених і обчислювальних властивостей. Оскільки сплайни є кусково-поліноміальними функціями, їх можна легко використовувати в обчисленнях. Перевагою розглянутого підходу є його універсальність і відносна простота. Отримані бази сплайнів дозволяють ефективно вирішувати завдання інтерполяції, яка лежить в основі методів цифрової обробки сигналів. Альтернатива широкому вибору сплайнових основ одночасно ставить серйозну задачу вибору найкращого з них для вирішення конкретного завдання. Найбільш доцільно використовувати кубічний сплайн, оскільки він має безперервну першу похідну і ефективний в обчисленнях. Як правило, недоцільно використовувати

сплайни більш високих ступенів через збільшення обсягу обчислень при відносно невеликому підвищенні якості апроксимації.

### **2.3. Аналіз ефективних методів кодування звуку**

Для аналізу ми розглянемо аудіокодеки, найбільш поширені в сучасних технологіях, такі як: OGG, MP3, WAV, FLAC. OGG-безкоштовний формат стиснення аудіо. Формат призначений для зберігання аудіоінформації, подібної до MP3, але його поява була пов'язана з тим, що MP3 захищений патентом. 1. Ogg Vorbis використовує власну психоакустичну модель стиснення з втратами для досягнення високих рівнів стиснення інформації. 2. Ogg Vorbis зазвичай використовує змінний бітрейт, і його значення не обмежені і можуть варіюватися від 1 Кбіт/сек при мінімальному налаштуванні та від 400 Кбіт/сек до 700 Кбіт/сек при максимальному налаштуванні. 3. Частота дискретизації також є гнучкою-користувачам надається будь-який вибір від 2 кГц до 192 кГц. На думку деяких, ця модель дозволяє отримати кращу якість відтворення при тій же мірі стиснення. MP3 (скорочено від - MPEG audio layer III) – розроблений в Інституті Фраунгофера.

1. Файли в цьому форматі придатні для зберігання музики практично на будь-якому носії інформації. Жоден пристрій для програвання музики (плеєри, музичні центри, магнітоли, професійна апаратура та ін.) не обходиться без підтримки mp3.

2. Цей формат завоював популярність завдяки зниженню об'єму інформації до 70% від оригінальної доріжки (CD-audio чи wav), за рахунок вирізання тих частот звуку, які не сприймає людське вухо. А якість звучання залишається на прийнятному для сприйняття рівні.

3. За допомогою відповідних програм можна стиснути звукові файли формату CD-audio чи WAV у формат MP3. Це означає, що при невеликій втраті якості обсяг зменшиться в 5-10 разів. WAV (з англ. - waveform audio format – аудіоформат у формі хвилі; був розроблений фірмами Microsoft та IBM) – це цифровий формат.

Формат WAV використовується у всіх професійних студіях звукозапису. Цей формат може зберігатися як на жорсткому диску ПК, що робить його доступним для

роботи зі звуковим оформленням скрипта, так і на компакт-диску. 2. Не вимагає спеціальних програм для копіювання, скажімо, з лазерного диска на жорсткий диск, що робить зручним переміщення звукових файлів з ПК на ПК або інший носій. 37

FLAC (Free Lossless Audio Codec) - це аудіокодек для стиснення звуку зі збереженням 100% вихідного аудіопотоку. На відміну від кодеків, таких як MP3, WMA або Ogg Vorbis, FLAC забезпечує стиснення без втрат, тобто при розпакуванні звукові дані залишаються повністю ідентичними вихідному файлу до стиснення. FLAC також включає можливість перевірити точність даних, зберігаючи відбиток MD5 вихідних даних у файлі. Він має обмежену підтримку пристроїв і плеєрів, тому зазвичай для прослуховування flac в плеєрі він попередньо конвертується.

## **2.4. Аналіз існуючих систем підвищення ефективності кодування мультимедійного трафіку**

### ***2.4.1. Дослідження систем передачі при використанні методів стиску***

Збільшення обсягу інформації, що передається по лініях зв'язку, необхідність збереження великих масивів даних, а також розвиток цифрових технологій - все це пред'являє підвищені вимоги до пропускної здатності систем зв'язку. Включення алгоритмів і методів стиснення даних в процес обробки і передачі інформації дозволяє передавати набагато менші (зазвичай в кілька разів) обсяги даних і, отже, вимагає набагато менших ресурсів пропускної здатності каналу для передачі тієї ж інформації. При використанні алгоритмів стиснення надлишкова інформація кодується або видаляється з метою зменшення загального обсягу інформації. Але для ефективного функціонування всієї системи передачі інформації необхідно не тільки правильно вибрати алгоритм кодування, а й мати сучасне обладнання. Методи стиснення даних можна розділити на два типи: - методи стиснення без втрат, які гарантують, що декодовані дані точно відповідають вихідним даним; - методи стиснення з втратами можуть спотворити вихідні дані, наприклад, шляхом видалення незначної частини, після чого повне відновлення неможливо. Алгоритми стиснення без втрат.

Алгоритм RLE. Цей алгоритм надзвичайно простий у реалізації. Кодування довжини виконання (RLE) - один з найстаріших і найпростіших алгоритмів архівування графіки. Зображення в ньому (як і в деяких алгоритмах, описаних нижче) витягується в ланцюжок байтів уздовж ліній растру. Стиснення в RLE відбувається через те, що в вихідному зображенні присутні ланцюжка з однакових байтів. Заміна їх парами зменшує надмірність даних. Характеристики алгоритму RLE. Ступінь стиснення: від 32 до 0,5. Клас зображень: алгоритм, орієнтований на зображення з невеликою кількістю кольорів, тобто ділову та наукову графіку. Симетрія: приблизно одна. Особливості: не вимагає додаткової пам'яті при упаковці і розпакуванні, а також працює швидко. Цікавою особливістю групового кодування є те, що ступінь архівації для деяких зображень може бути значно збільшена, просто змінивши порядок кольорів у палітрі зображень. Алгоритм LZ. Існує досить велике сімейство LZ-подібних алгоритмів, які відрізняються, наприклад, методом пошуку повторюваних ланцюжків. Цей алгоритм асиметричний з точки зору часу, так як вимагає повного перебору буфера при пошуку ідентичних посилок. Як результат, нам важко встановити великий буфер через різке збільшення часу стиснення. До переваг LZ відноситься надзвичайна простота алгоритму декомпресії. Алгоритм LZW. Варіант алгоритму, який ми розглянемо нижче, буде використовувати дерево для представлення та зберігання ланцюжків. Процес стиснення виглядає досить простим. Символи вхідного потоку зчитуються послідовно, і перевіряється, чи є такий рядок у створеній таблиці рядків. Якщо рядок присутній, то зчитується наступний символ, а якщо рядок відсутній, то в потік вводиться код для раніше знайденої рядки, рядок заноситься в таблицю, і пошук починається знову. Алгоритм LZW реалізований у форматах GIF і TIFF. JBIG. Алгоритм був розроблений групою експертів ISO спеціально для стиснення однорозрядних чорно-білих зображень. Може бути застосований до 2-бітних, 4-бітних зображень. У той же час алгоритм розбиває їх на окремі Бітові площини. JBIG дозволяє управляти такими параметрами, як порядок поділу зображення на Бітові площини, ширина смуг в зображенні і рівні масштабування. Останній варіант дозволяє вам легко переміщатися по базі даних зображень більшого розміру, попередньо переглянувши їх зменшені копії.

Зображення на екрані буде розпаковуватися поступово, як би повільно "проявляючись". JPEG без втрат. Алгоритм був розроблений групою експертів в області фотографії. На відміну від JBIG, JPEG без втрат орієнтований на повнокольорові 24-розрядні або 8-розрядні зображення у відтінках сірого без палітри. Це спеціальна реалізація JPEG без втрат. Ступінь стиснення: від 20 до 1. Формат JPEG без втрат рекомендується використовувати в тих додатках, де потрібно побітове відповідність між вихідним і розпакованим зображеннями. DEFLATE-це алгоритм, який використовує комбінацію алгоритму LZ та алгоритму Хаффмана. Цей спосіб кодування використовує принцип розсувного вікна і враховує той факт, що раніше зустрінута інформація, тобто інформація, яка вже відома кодеру і декодеру (друге і подальше входження певного рядка з 39 символів в повідомленні замінюються посиленнями на її перше входження). Характерні особливості: досить простий в реалізації, швидкий, широко використовується в програмному забезпеченні. Недоліком алгоритму є низька ефективність при кодуванні невеликого обсягу даних. Алгоритми стиснення з втратами. Алгоритм JPEG-один з найновіших і досить потужних алгоритмів. Це практично стандарт для повнокольорових зображень. Алгоритм працює на ділянках 8x8, де яскравість і колір змінюються відносно плавно. В результаті при розкладанні матриці такої площі в подвійний ряд по косинусах значущими є тільки перші коефіцієнти. Стиснення у форматі JPEG здійснюється з урахуванням плавності зміни кольору на зображенні. Фрактальний алгоритм-це алгоритм стиснення зображень із втратами, заснований на застосуванні систем ітераційних функцій до зображень. Цей алгоритм відомий тим, що в деяких випадках він дозволяє отримувати дуже високі коефіцієнти стиснення (кращі приклади - до 1000 разів при прийнятному візуальному якості) для реальних фотографій природних об'єктів, що недоступно для інших алгоритмів стиснення зображень в принципі. Через складну ситуацію з патентуванням алгоритм не отримав широкого застосування. В основі методу фрактального кодування лежить виявлення самоподібних областей на зображенні. Метод використовує системи блоків зображення домену та рангу, квадратні блоки, що охоплюють все зображення. Цей підхід став основою для більшості фрактальних методів кодування, що використовуються сьогодні. Згідно з

цим способом зображення розділяється на набір неперекриваючихся подізоображеній рангу і визначається набір неперекриваючихся подізоображеній домену. Для кожного блоку рангу алгоритм кодування знаходить найбільш підходящий блок домену та перетворення, яке перетворює цей блок домену в блок заданого рангу. Структура зображення відображається в систему блоків рангу, блоків предметної області і перетворень. Основна складність фрактального стиснення полягає в тому, що для пошуку відповідних блоків домену потрібен повний пошук. Оскільки під час цього пошуку кожного разу потрібно порівнювати два масиви, ця операція займає досить багато часу. За допомогою відносно простого перетворення це можна звести до операції скалярного добутку двох масивів, але ця операція також була тривалою. Аналіз основних методів стиснення зображень показав відсутність універсальних алгоритмів, незалежних від класу зображень. Найбільш перспективним методом стиснення без втрат є DEFLATE, але його застосування в чистому вигляді не дасть істотних результатів. Пропонується використовувати нові підходи до стиснення зображень, засновані на методі DEFLATE, що використовує етап попередньої обробки і перемикається на цветоразностную модель представлення кольору.

#### ***2.4.2. Система передачі високоякісних звукових сигналів без втрат***

В даний час розвиток телекомунікаційних технологій обумовлено підвищенням вимог до високоякісних інформаційно-комунікаційних послуг, що супроводжується збільшенням пропускної здатності каналів передачі. З розвитком та розповсюдженням бездротових систем зв'язку, які раніше мали невелику пропускну здатність, тепер стало можливим передавати мультимедійний трафік у режимі реального часу, наприклад багатоканальний високоякісний звук. Суть цифрової передачі звукового сигналу полягає в наступному. На першому етапі інформація з джерела аудіоінформації надходить на вхід декодера з подальшим перетворенням на основі алгоритмів цифрової обробки, як показано на рис. 2.4.

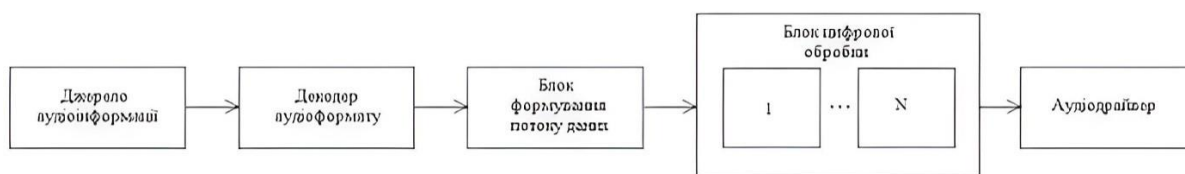


Рис. 2.4. Схема обробки аудіо сигналів

Як правило, декодер являє собою набір алгоритмів відновлення стислих аудіосигналів. Для отримання високоякісного звуку до джерела аудіоінформації пред'являються суворі вимоги. Наприклад, високоякісний звук має такі параметри: частота дискретизації 192 кГц, кількість бітів квантування 32 біта. При передачі такого сигналу по звуковому тракту потрібно пропускна здатність не менше 50 Мбіт/сек для восьми каналів (рекомендується 60 Мбіт/с). Крім того, крім джерел без втрат, існують джерела, які використовують алгоритми стиснення аудіосигналу з втратами. У цьому випадку використовується додаткова цифрова обробка для отримання поліпшених характеристик відновленого сигналу. Як видно з малюнка 2.4, процес обробки полягає в перетворенні цифрового потоку з використанням певного набору блоків обробки, таких як передискретизація, еквайзер гучності, фільтри. Це призводить до появи спотворень аудіосигналу на виході аудіотраси. Щоб зменшити цей недолік і поліпшити якість звуку, необхідно зменшити кількість блоків цифрової обробки при передачі, що досягається методом побітового виведення. Згідно з дослідженнями, алгоритми побітового виведення в інтерфейсах WASAPI exclusive і OpenAL є найбільш ефективними. Принцип перетворення аудіо сигналу із побітовим виведенням наведено на рис. 2.5.

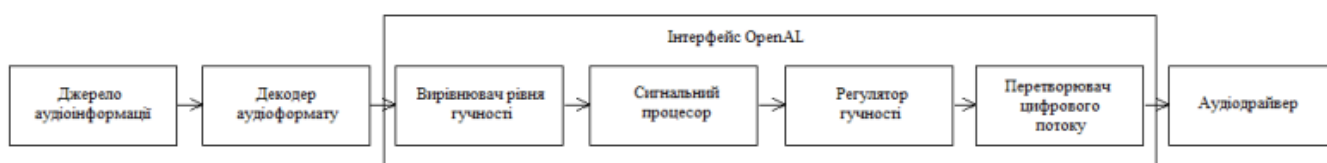


Рис. 2.5. Схема побітового виведення

Головною особливістю такого інтерфейсу є пряма передача даних з джерела аудіоформату в аудіодрайвер, відключаючи проміжні блоки обробки. З іншого боку,



при використанні джерела стислій аудіоінформації з втратами наявність додаткових блоків обробки, навпаки, покращує якість відновлення сигналу. Для того щоб передавати високоякісну аудіоінформацію, необхідно забезпечити відповідну пропускну здатність каналу і відсутність затримок при передачі. Існуючі провідні лінії зв'язку дозволяють забезпечити ці параметри. Але, для сучасної концепції "цифрового будинку", в нашому випадку, пропонується використовувати в звуковому тракті бездротову передачу даних між цифровим процесором на комп'ютері і декодером в підсилювачі з мінімізацією блоків обробки. В якості бездротової технології використовується стандарт Wi-Fi IEEE 802.11 n з пропускну здатністю 150 Мбіт/з на антену. Таким чином, загальна структурна схема запропонованої високоякісної системи передачі звукового сигналу показана на рис. 2.6.



Рис. 2.6. Система передачі високоякісного звуку

Система включає в себе програмну реалізацію бітового виводу і апаратну частину передавача і приймача стандарту Wi-Fi IEEE 802.11 n. Але, при побудові системи для побітовою передачі високоякісних аудіосигналів з використанням бездротових технологій, необхідно враховувати недоліки бездротової технології, такі як: зниження швидкості передачі і рівня сигналу, збільшення часу поширення сигналу і помилок в каналі передачі. Ці спотворення, як правило, викликані збільшенням відстані між радіомодулями, появою перешкод на шляху сигналу і впливом інших електромагнітних систем. Тому при реалізації завдання побітового виведення високоякісного аудіо, використовуючи бездротові технології, необхідно оцінювати

параметри передачі високоякісних звукових сигналів. Результати експериментальних досліджень каналу передачі показані на рис. 2.7.

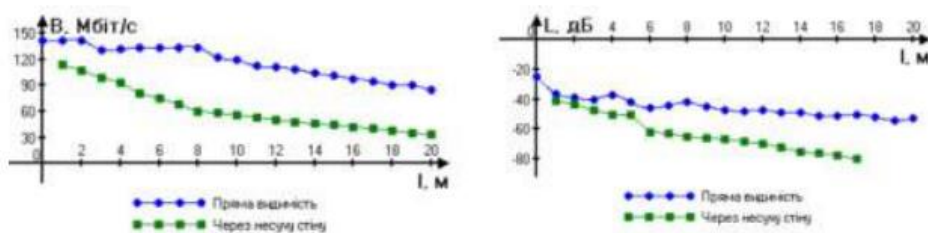


Рис 2.7. Результати досліджень зміни параметрів безпроводного каналу передачі від відстані: а) швидкість передачі; б) рівень сигналу

Як видно з наведених вище графіків, можна сказати, що при прямій видимості швидкість передачі достатня для потокової передачі високоякісного багатоканального звуку на відстані 20...30 м. Швидкість передачі починає значно знижуватися тільки на відстані більше 20 метрів. Якщо на шляху сигналу виникають перешкоди, швидкість передачі починає знижуватися на відстані близько 8 метрів.

На основі попередніх досліджень ми оцінимо параметри сигналу на приймальній частині по відношенню до джерела сигналу. Суть цих досліджень полягає в порівнянні спектру сигналів при їх проходженні по каналу передачі з еталонним сигналом для відповідного формату. Для цього в систему високоякісної передачі звуку був введений аналізатор сигналу (рис. 2.7). На першому етапі ми будемо вивчати сигнал без використання алгоритмів стиснення, а саме формат WAV, в якому зберігається нестиснений сигнал імпульсно-кодової модуляції. Результати дослідження показані на рис. 2.8.

На рис. 2.8 показано порівняння сигналу одного з восьми аудіоканалів в одному і тому ж часовому діапазоні. Аналізуючи отримані результати, можна сказати, що великої різниці між опорним сигналом і сигналом, що передається з побітовим висновком, немає.

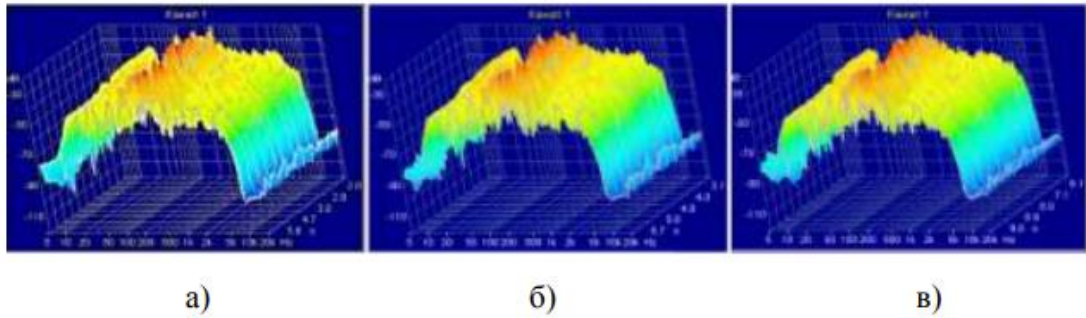


Рис. 2.8. Спектри сигналу формату WAV: а) еталонний сигнал; б) сигнал із побітовим виведенням; в) сигнал без побітового виведення

При розгляді сигналу, без використання інтерфейсу бітового виведення, можна побачити, що амплітуда сигналу менш важлива, а також є спотворення в області низьких і високих частот. Це говорить про те, що при передачі аудіосигналу найбільшу кількість спотворень вноситься блоками цифрової обробки.

Для наступного дослідження було обрано популярний метод стиснення звуку без втрат у форматі FLAC. Особливістю цього формату є наявність алгоритмів стиснення без видалення корисної інформації з аудіопотоку, і він підходить для передачі високоякісних аудіосигналів. Результати досліджень для цього методу кодування показані на рис. 2.9.

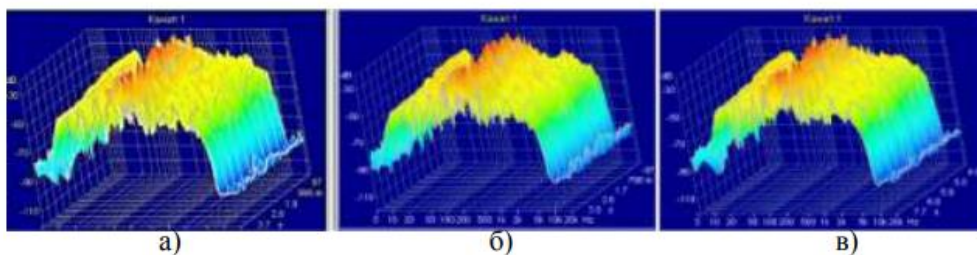


Рис. 2.9 – Спектри сигналу формату FLAC: а) еталонний сигнал; б) сигнал із побітовим виведенням; в) сигнал без побітового виведення

У цьому випадку при використанні побітового виводу існують відмінності в області низьких частот між опорним сигналом і прийнятим сигналом. При передачі без побітового виведення спотворення спостерігаються у всьому діапазоні частот. Таким чином, застосування алгоритму стиснення звуку знижує його

перешкодозахищеність. І, нарешті, ми оцінимо передачу сигналу при використанні алгоритму кодування з втратами і використанні додаткових 44 блоків кодування для поліпшення відновленого сигналу. Для цього ми будемо використовувати джерело сигналу, закодоване відповідно до алгоритму MP3. Результати дослідження показані на рис. 2.10.

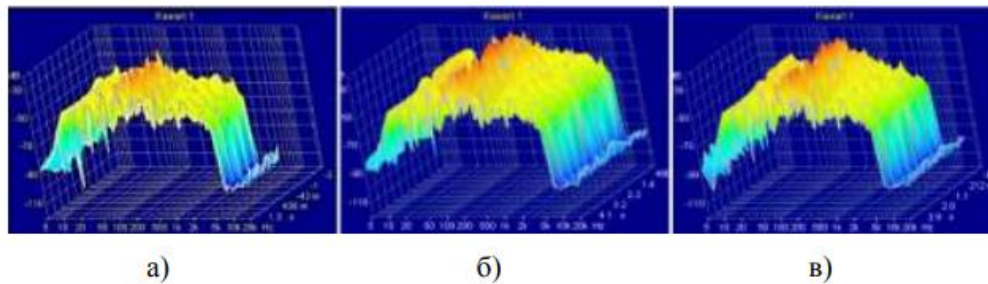


Рис 2.10. Спектри сигналу формату MP3: а) еталонний сигнал; б) сигнал із побітовим виведенням; в) сигнал без побітового виведення\

Тому використання формату MP3 і побітового способу виведення не призводить до якісних характеристик. Спотворення чітко видно як по амплітуді, так і по частоті. Хоча в даному випадку використання додаткових алгоритмів обробки призводить до поліпшення характеристик сигналу по відношенню до методу порозрядного виведення.

Отже при використанні цього алгоритму стиснення використання побітового виведення небажано. Таким чином, використовуючи стандарт Wi-Fi IEEE 802.11n, можна передавати мультимедійний трафік на швидкості близько 60 Мбіт/с на відстані до 20 м у прямої видимості та до 8 м з перешкодами. Як показали дослідження, цього достатньо для передачі та відтворення в режимі реального часу високоякісних багатоканальних аудіосигналів без втрат на приймальному кінці цифрового декодера за допомогою нестисненого сигналу імпульсно-кодової модуляції.

#### **2.4.3. Метод кодування мультимедійного трафіку**

Щоб оцінити ефективність кодування, необхідно врахувати всі фактори впливу, які можуть призвести до збільшення обсягу та погіршення якості. Одним з об'ємних видів трафіку є відеозображення. Як встановлено в [2], для оцінки якості використовуються такі параметри, як ступінь стиснення, бітрейт, візуальна якість стиснутого відеоряду відносно заданого коефіцієнта стиснення або бітрейту, середня

абсолютна різниця, середньоквадратична помилка тощо. передачі відеозображення в телекомунікаційних мережах. Виходячи з цього, можна запропонувати інструмент оцінки параметрів якості відеозображення, який дозволяє оцінити характеристики методу кодування, а також вплив параметрів каналу на їх ефективність. Конструктивна схема інструменту наведена на рис. 2.11 [2]. Особливістю цього інструменту є наявність трьох джерел відеотрафіку. Першим джерелом є трафік з каналу передачі, який надходить на вхідний блок (ВБ). Тут стислий відеосигнал подається на рекурсивний цифровий фільтр (РЦФ), де корисний сигнал відфільтровується. Далі сигнал із РЦФ надсилається на автоматичний перемикач вхідних сигналів (АСС), де він комутується з блоком відновлення стисненого відеосигналу (СВР). Подібним чином дії виконуються для джерела опорного стисненого відеосигналу (ВЕСВ). Відновлений сигнал для оцінки його параметрів направляється в блоки визначення ступеня стиснення (БВКС), визначення різниці між вхідним і опорним сигналами БВРС, визначення середньоквадратичного відхилення (СКО), визначення бітрейту. (БВБШ) і визначення кількості помилок (ЛКП). Отримані результати надсилаються на блок прийняття рішень (БПР) для порівняння, а потім на пристрій відтворення інформації (ПВІ).

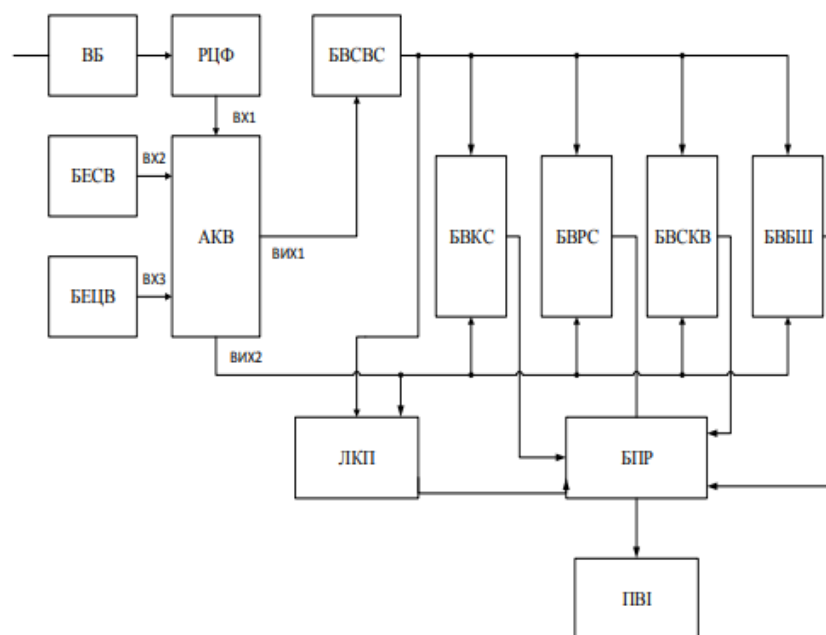


Рис. 2.11. Структурна схема засобу для оцінки параметрів якості відеозображення

Якщо сигнал не стиснутий, він порівнюється з джерелом цифрового відеореференсу (DVCR). Таким чином, в даній роботі на основі проведеного дослідження запропоновано інструмент оцінки параметрів якості відеозображення, який дозволяє оцінити будь-який метод кодування та його ефективність.

## **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2**

Таким чином, під час реалізації цього розділу аналізуються методи кодування мультимедійного трафіку, аналізуються різні алгоритми кодування з використанням 46 кодеків H.263, H.264, H.265, ефективний метод кодування зображення. аналізу, що гарантує підтримку хорошої якості візуального сприйняття та дозволяє збільшити загальну пропускну здатність каналу зв'язку бездротової мультимедійної мережі. Крім того, проаналізовано існуючі системи підвищення ефективності кодування мультимедійного трафіку та запропоновано метод оцінки параметрів якості відеозображення, за допомогою якого можна оцінити будь-який метод кодування та його ефективність.

## РОЗДІЛ 3

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕДАЧІ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ТРАФІКУ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПРОВІДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

#### 3.1. Вибір каналу для передачі мультимедійного трафіку

Стандарт IEEE 802.11 n призначений для досягнення швидкості обміну даними до 600 Мбіт/с. Цей стандарт був затверджений 11 вересня 2009 року. новий стандарт зрівняв дротові та бездротові системи, дозволивши корпоративним клієнтам використовувати бездротові мережі Там, де це було неможливо через обмежену швидкість. Визначення швидкісних характеристик для стандарту " n "більш суворе, ніж для" g "або" b". Він заснований на фактичній швидкості передачі файлів і потоків, а не на розмірі низькорівневого трафіку, що надається безліччю службових заголовків. Швидкодія забезпечується за рахунок більш ефективного стиснення даних і використання антен, що передають кілька сигналів одночасно (ця технологія називається MIMO, Multiple in, Multiple out - "багато на вході, багато на виході"). Іншим важливим інструментом, який може збільшити 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 досягати максимальної продуктивності. Канали з більш широкою смугою пропускання є більш економічними і їх легше доповнити невеликим покращенням цифрової обробки сигналів (DSP). При правильній реалізації подвоєння Старої смуги пропускання каналів 802.11 з 20 до 40 МГц дозволяє домогтися більш ніж двохразового збільшення смуги пропускання використовуваних в даний час каналів. Спільне використання архітектури MIMO з більш широкими частотними каналами дозволяє використовувати дуже потужні, але при цьому економічно ефективні підходи до підвищення фізичної швидкості передачі даних. Підходи MIMO, що використовують лише канали пропускання здатності 20 МГц, потребуватимуть більших витрат для задоволення вимог дослідницької групи "n" до

пропускної здатності не менше 100 МБ/сек у SAP MAC. Відповідність вимогам дослідницької групи IEEE "n", що обмежує канали лише 20 МГц, вимагатиме використання щонайменше трьох аналогових високочастотних трактів як для передавача, так і для приймача. У той же час підхід з частотою 20 МГц призначений для забезпечення надійної роботи додатків, яким потрібна більш висока пропускна здатність при роботі з реальними користувацькими конфігураціями. Нова схема кодування-MIMO (Multiple Input Multiple Output, технологія множинного введення-виведення) - призначена для усунення проблем з продуктивністю і дальністю дії радіопередавачів. Треба сказати, що саме робоча група IEEE 802.11 n "дивиться" на це, вивчаючи пропозиції щодо WLAN наступного покоління зі швидкістю передачі, що перевищує 100 Мбіт/с. до кінця 2004 року тільки Airgo Networks поставляла виробникам пристроїв чіпи з підтримкою MIMO. Один з провідних постачальників телекомунікаційних послуг, який побажав залишитися невідомим, тестував чіпсети Airgo протягом шести місяців. Виявилось, що при використанні алгоритму MIMO дальність дії передавачів збільшується на 150-300%. Отже, чіпсет, що постачається Airgo, працює на частоті 2,4 ГГц (сумісний зі стандартами 802.11 b/g) і 5 ГГц (802.11 a). В даний час з клієнтськими пристроями стандарту 802.11 a/b/g чіпсет буде працювати як звичайна точка доступу з трохи більшим радіусом дії [23]. Оригінальність схеми кодування MIMO полягає в тому, що для отримання бажаного ефекту в ній використовуються методи, які виграють від деяких недоліків, зокрема від ефекту багаторазового відображення і інтерференції радіохвиль. Як Ви знаєте, радіосигнали відбиваються від об'єктів, створюючи безліч траєкторій, що зазвичай призводить до перешкод і загасання. Але в цьому випадку кілька шляхів використовуються для передачі більшої кількості інформації, яка збирається разом приймаючими пристроями, що підтримують MIMO.

При цьому планується використовувати складні антенні системи, робота яких заснована на механізмі просторово-часової обробки сигналів (SDM). Цей термін відноситься до адаптивної обробки сигналу системою, що складається з декількох антенних елементів, що використовують особливості як просторової, так і часової областей радіоканалу. До недавнього часу майже всі розробки в області просторової



і тимчасової обробки сигналів ставилися до базових станцій або точок доступу, але не до мобільних пристроїв. Це було пов'язано з недостатньою обчислювальною потужністю для реалізації алгоритмів і низькою ємністю акумулятора в останньому. Однак прогрес не стоїть на місці, і сьогодні такі технології їм вже доступні. Сам по собі метод просторово-часової обробки сигналів може бути використаний як на передавальному, так і на приймаючому обладнанні.

В обох випадках вони говорять про технологію інтелектуальних або фазованих антенних решіток. Більшість традиційних систем, заснованих на таких антенах, використовують концепцію, відому як формування діаграми спрямованості. Вузька діаграма спрямованості дозволяє сфокусувати енергію сигналу в певному напрямку (зазвичай в бік приймального пристрою), що збільшує відношення сигнал/шум. При використанні вузького променя антени зменшуються перешкоди, поліпшується відношення сигнал/перешкода і, отже, підвищується ефективність використання спектра. Інші схеми, що використовують інтелектуальні антени, покращують якість каналу за рахунок збільшення коефіцієнта посилення при прийомі на рознесених антенах.

При багатопроменевому 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 багатопроменевою 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 МІМО 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 природним чином змішуються в каналі, так як вони генеруються в одному і тому ж діапазоні частот. Отже, антени передавача і приймача повинні бути достатньо рознесені в просторі і випромінювати поляризовану хвилю, щоб утворювати незалежні шляхи поширення. Далі активується зворотна техніка, і приймач, маючи Службову Інформацію про кожен підканал, відновлює вихідний тип даних з окремих потоків.

Таким чином, Toshiba вдалося домогтися не тільки підвищення продуктивності свого рішення в порівнянні з одноантенними системами, але і значно спростити використовуване обладнання. Зокрема, була застосована технологія так званого псевдовипадкового пошуку в просторі, за допомогою якої вдалося знизити складність декодування вхідного сигналу, і, як наслідок, знизити енергоспоживання.

### **3.2. Розрахунок основних параметрів каналу стандарту 802.11n**

Ефективна ізотропна потужність випромінювання визначається за формулою:

$$P_e = P_{\text{прд,дб}} - W_{\text{афт,дб}} + G_{\text{прд,дб}}, \quad (3.1)$$

де  $P_{\text{прд}}$  – вихідна потужність передавача, дБм;  
 $W_{\text{афт}}$  – втрати сигналу в антенно-фідерному тракті, дБм;  
 $G_{\text{прд}}$  – підсилення антени передавача, дБм.

Відповідно до завдання магістерської кваліфікаційної роботи,  $P_{\text{прд}} = 100$  мВт,  $W_{\text{афт}} = 6$  дБ,  $G_{\text{прд}} = 4$  дБ. Знайдемо значення вихідної потужності в децибелах.

$$P_{\text{прд,дб}} = 10 \lg \frac{0,1}{0,001} = 20 \text{ дБ} .$$

Підставивши дані у формулу 4.1, отримаємо:

$$P_e = 20 - 6 + 4 = 18 \text{ дБ} .$$

Підставивши дані у формулу 4.1, отримаємо:

$$P_e = 20 - 6 + 4 = 18 \text{ дБ} .$$

Для визначення дальності зв'язку необхідно розрахувати сумарне підсилення тракту і по графіку визначити відповідну дальність. Підсилення тракту в дБ визначається по формулі [24]:

$$Y_{\text{тр}} = P_{\text{прд}} + G_{\text{прд}} + G_{\text{прм}} - P_{\text{мін}}, \quad (3.2)$$

де  $G_{\text{прм}}$  – коефіцієнт підсилення антени приймача;  
 $P_{\text{мін}}$  – чутливість приймача.

Відповідно до завдання магістерської кваліфікаційної роботи,  $G_{\text{прм}} = 2$  дБ. Чутливість приймача стандарту Wi-Fi при швидкості передачі 150 Мбіт/с рівна  $P_{\text{мін}} = -66$  дБ. Знайдемо значення підсилення тракту за формулою 5.2.

$$Y_{\text{тр}} = 20 + 4 + 2 - (-66) = 92 \text{ (дБ)}.$$

Значення дальності зв'язку визначимо за графіком [25]:

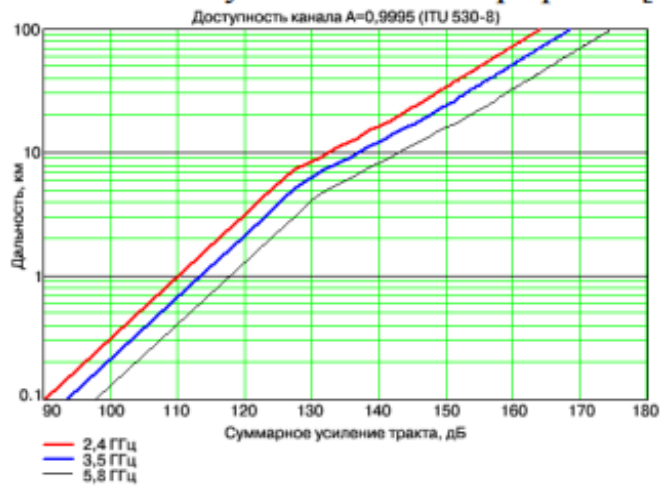


Рис. 3.1. Графік для визначення дальності зв'язу безпроводного каналу

Згідно графіку 3.1, дальність зв'язу при підсилення тракту 92 дБ складатиме 150 м. Формула для розрахунку дальності зв'язу береться із інженерної формули розрахунку втрат у вільному просторі.

$$L_{FS} = 33 + 20 \lg F + \lg D , \quad (3.3)$$

- де  $L_{FS}$  – втрати сигналу у вільному просторі;  
 $F$  – центральна частота каналу передачі даних;  
 $D$  – відстань між вузлами.  
 Втрати у вільному просторі визначаються за формулою:

$$L_{FS} = Y_{тр} - SOM, \quad (3.4)$$

Де  $SOM$  – запас енергії в радіозв'язку. Зазвичай приймається рівним 10 дБ. Центральна частота каналу передачі береться із таблиці 3.1.

Таблица 3.1.

Відповідність центральної частоти номеру каналу стандарту 802.11n.

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

Відповідно до завдання магістерської кваліфікаційної роботи, був вибраний номер каналу Wi-Fi – 6. Звідси робоча частота буде рівною 2437 МГц. Результуюча формула для визначення дальності зв'язку буде мати вигляд:

$$D = 10^{\frac{L_{FS} - 33 - 20 \lg F}{20}} \quad (3.5)$$

Підставивши дані, отримаємо:

$$D = 10^{\frac{82 - 33 - 20 \lg 2437}{20}} = 0,12 \text{ км} .$$

Отже, фактична дальність зв'язку складе 120 м. Для ефективного зв'язку з використанням високочастотних хвиль необхідно забезпечити безперешкодну пряму видимість між передавачем і приймачем. Виникає питання: який простір навколо прямого шляху між передавачем і приймачем має бути вільним від перешкод? При відповіді на це питання зручно використовувати таке поняття, як зони Френеля [24]. Концепція зон Френеля заснована на принципі Гюйгенса, згідно з яким кожна точка середовища, до якої доходить збудження, сама стає джерелом вторинних хвиль, а

поле випромінювання можна розглядати як суперпозицію всіх вторинних хвиль. Виходячи з цього принципу, можна показати, що об'єкти, що лежать всередині концентричних кіл, намальованих навколо лінії зору двох трансиверів, можуть впливати на якість як позитивно, так і негативно.

Усі перешкоди, що потрапляють всередину першого кола, першої зони Френеля, чинять найбільш негативний вплив. Розглянемо точку, що знаходиться на прямому тракті між передавачем і приймачем, при чому відстань від точки до передавача рівна  $l_1$ , а відстань від точки до приймача рівна  $l_2$ , тобто відстань між передавачем і приймачем рівна  $l_1 + l_2$ .

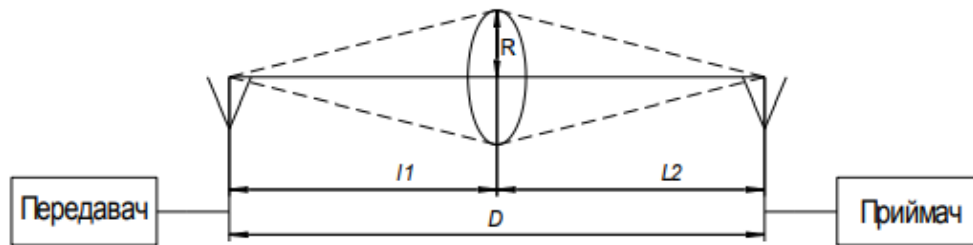


Рис. 3.2. Зона Френеля

Якщо розрахунок зони Френеля не проводиться відносно перешкоди, то приймається, що точка розрахунку знаходиться посередині між приймачем та передавачем .

$$l_1 = l_2 = \frac{D}{2}. \quad (3.6)$$

Радіус зони Френеля обчислюється за формулою:

$$R_{\Phi} = \frac{\sqrt{\lambda \cdot l_1 \cdot l_2}}{l_1 + l_2}, \quad (3.7)$$

де  $\lambda$  – довжина радіохвилі.

$$\lambda = \frac{c}{f}. \quad (4.8)$$

Результуюча формула буде мати вигляд:

$$R_{\Phi} = \frac{1}{2} \frac{\overline{c}}{f} \cdot D. \quad (4.9)$$

Підставивши дані в формулу, отримаємо:

$$R_{\Phi} = \frac{1}{2} \frac{3 \cdot 10^8}{2437 \cdot 10^6} \cdot 0,12 = 0,06 \text{ км} .$$

Отже, радіус зони Френеля буде рівним 6 м.

### **3.3. Розрахунок мультимедійного трафіку**

#### **3.3.1. Розрахунок компонентів мультимедійного трафіку**

Першим компонентом мультимедійного трафіку буде трафік IP-телефонії. Щоб розрахувати цей трафік, потрібно розрахувати кількість інформації, яку несе цифровий телефонний сигнал. Швидкість передачі телефонного сигналу з

використанням ІКМ визначається за формулою :

$$V_{\text{тел}} = f_{\text{д}} \cdot n, \quad (4.10)$$

де  $f_{\text{д}}$  – частота дискретизації;  
 $n$  – кількість розрядів.

Частота дискретизації визначається за формулою:

$$f_{\text{д}} \geq 2 \cdot f_{\text{м}}, \quad (4.11)$$

де  $f_{\text{м}}$  – верхня частота телефонного сигналу.

Частотний спектр телефонного сигналу займає смугу 300 – 3400 Гц.  
Визначимо частоту дискретизації за формулою 4.11.

$$f_{\text{д}} \geq 2 \cdot 3400 = 6800 \text{ Гц} .$$

Для якісної оцифровки телефонного сигналу частота дискретизації повинна бути більшою, ніж 6800 Гц. Обираємо стандартну частоту 8 кГц.

Кількість розрядів  $n$  визначається за формулою:

$$n = \frac{D - 4,8 + k}{6}, \quad 4.12$$

де  $D$  – відношення сигнал/шум в децибелах. Для телефонного сигналу відношення сигнал/шум рівне 40 дБ [27].

$k$  – пік-фактор телефонного сигналу. Для телефонного сигналу пік-фактор рівний 5 дБ.

Визначимо кількість розрядів за формулою 4.12.

$$n = \frac{40 - 4,8 + 5}{6} = 6,7.$$

Так як кількість розрядів повинна бути цілим числом, приймаємо  $n=8$ .

Визначимо швидкість передачі для телефонного сигналу за формулою 4.1.

$$V_{\text{тел}} = 8 \cdot 10^3 \cdot 8 = 64 \cdot 10^3 \text{ біт/с} .$$



В IP-телефонії передача голосу може відбуватися зі стисненням і без використання вокодерів. При використанні вокодерів швидкість передачі бітів зменшується, але вокодери вносять затримки в процедуру кодування. Тому необхідно вибирати вокодери з мінімальними затримками і оптимальною швидкістю. Основні характеристики вокодерів, що використовуються в IP-телефонії, наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

Характеристики вокодерів

Кодек	Корисне навантаження, байт	Швидкість передачі, кбіт/с	Затримка кодування, мс	Займаємий потік, кбіт/с	
				IP-пакет	Ethernet-кадр
G.711	160	64	20	64,8	80
G.723.1 (6.3)	24	6,3	37,5	6,9	17,1
G.723.1 (5.3)	20	5,3	37,5	5,9	16
G.726-32	160	32	20	32,8	42,7
G.726-24	160	24	20	24,8	34,7
G.726-16	160	16	20	16,8	26,7

Як ви можете бачити з таблиці, кодек G матиме найнижчу швидкість передачі даних.723.1 (4.2). Але у нього є суттєві недоліки: тривала затримка і необхідність отримання ліцензії на його використання. Отже, кодек G буде найбільш оптимальним.726-16, який забезпечує швидкість передачі 16 Кбіт / сек, має затримку в 20 мс, яка не буде відчуватися людиною, і для використання не потрібна ліцензія. 55 на додаток до IP-телефонії в мультисервісній мережі, аудіопрограми також можуть включати потокове передавання аудіосигналу. Це може бути, наприклад, інтернет-радіостанція. Щоб визначити обсяг переданої інформації по Інтернет-радіо, вам необхідно встановити параметри якості переданого аудіосигналу. Враховуючи, що високоякісний аудіосигнал займає спектр від 20 Гц до 20 кГц, ми вибираємо основні

параметри аудіосигналу, такі як частота дискретизації та кількість бітів,

$$F_d \geq 2 \cdot 20 \cdot 10^3 = 40 \text{ кГц} .$$

використовуючи формулу 3.11.

Але для покращення якості відтворення звуку, як правило, використовують вищі частоти дискретизації. Оберемо частоту дискретизації рівною 192 кГц [29]. Для високоякісного аудіосигналу з верхньою частотою 20 кГц відношення сигнал/шум та пік-фактор приймають значення:

$$\begin{aligned} D &= 70 \text{ дБ}, \\ k &= 1,5 \text{ дБ}. \end{aligned}$$

Визначимо звідси кількість розрядів за формулою 4.12.

$$n = \frac{70 - 4,8 + 1,5}{6} \approx 12.$$

Зазвичай кількість розрядів для аудіосигналу приймається рівною 16 біт. Але для високоякісної обробки аудіосигналу приймаємо кількість розрядів рівною 24 біти. Визначимо об'єм передаваної інформації аудіосигналу за формулою 4.1:

$$V_{\text{ауд}} = 192 \cdot 10^3 \cdot 24 = 4608 \text{ (кбіт/с)}.$$

Тобто, бітова швидкість одного каналу аудіосигналу у форматі ІКМ становить 1 Мбіт/с. Враховуючи те, що радіомовлення має формат стерео, тобто два канали, знайдемо швидкість передачі для цифрового стереомовлення.

$$V_{\text{ст}} = 2 \cdot V_{\text{ауд}} \tag{4.13}$$

Отримаємо:

$$V_{\text{ст}} = 2 \cdot 4608 = 9216 \text{ (кбіт/с)}.$$

Отже, для надання послуг двоканального Інтернет-радіомовлення необхідна смуга пропускання не менше, ніж 9,3 Мбіт/с. Розрахуємо загальний об'єм передаваної інформації, яку буде займати трафік аудіододатків за формулою 3.1.

$$V_{\text{заг. ауд}} = 16 + 9216 = 9232 \text{ кбіт/с} .$$

Другою складовою мультимедійного трафіку буде трафік цифрового телебачення за технологією IPTV. Розрахуємо швидкість передачі для цифрового телебачення, використовуючи формули 4.10-4.12. Частотний спектр телевізійного сигналу займає смугу 0–6 МГц [30]. Визначимо частоту дискретизації за формулою 4.11.

$$f_d \geq 2 \cdot 6 \cdot 10^6 = 12 \cdot 10^6 \text{ Гц} .$$

Для якісної оцифровки телевізійного сигналу частота дискретизації повинна бути більшою, ніж 12 МГц. Обираємо частоту дискретизації рівною 13 МГц. Кількість розрядів  $n$  визначається за формулою 4.3. Для телевізійного сигналу відношення сигнал/шум рівне 40 дБ, пік-фактор рівний 4,8 дБ [27]. Визначимо кількість розрядів за формулою 4.12.

$$n = \frac{40 - 4,8 + 4,8}{6} = 6,7.$$

Так як кількість розрядів повинна бути цілим числом, приймаємо. Визначимо швидкість передачі для телевізійного сигналу за формулою 4.10.

$$V_{\text{тб}} = 13 \cdot 10^6 \cdot 8 = 104 \cdot 10^6 \text{ біт/с} .$$

У цифровому телебаченні зазвичай не використовується ІКМ. Для передачі відеосигналу використовується алгоритми перетворення та стиснення відеозображення [30]. В залежності від характеристик формуємого зображення цифрові телевізійні системи поділяються на три основні категорії[9]: а) цифрове телебачення стандартної чіткості – SDTV (StandartDefinition Television); б) цифрове телебачення високої чіткості – HDTV (High-Definition Television); в) цифрове телебачення надвисокої чіткості – UHDV (Ultra HighDefinition Video). 57 Основні характеристики цифрових телевізійних систем наведені в таблиці 4.3 [30].

Таблиця 3.3.

## Основні характеристики цифрових телевізійних систем

Характеристика	SDTV (SD)	HDTV (HD)	HDTV (Full HD)	UHDV
Формат відеозображення	704x480 640x480	1280x720	1920x1080	7680x4320
Режим розгортки	Interlaced	Interlaced	Progressive	Progressive
Пропорції відеозображення	4:3	16:9	16:9	16:9
Частота кадрів (Гц)	25,30,60	50	60	60
Режим кольору	4:2:0,4:2:2	4:2:2	4:4:4	4:4:4
Протокол стиснення	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-4	MPEG-4
Об'єм даних(Мбіт/с)	6-10	25	60	>1000

Як видно із таблиці 3.3, найкращі показники по якості у стандарті UHDV. Але даний стандарт не використовується у телебаченні та вартість обладнання UHDV є високою. Також даний стандарт має дуже високий об'єм передаваних даних – більше 1 Гбіт/с. Враховуючи зростання швидкостей пропускання існуючих каналів передачі та зростання потреб абонентів до якості відеозображення, стає недоцільним використання стандарту SDTV, так як він не забезпечує необхідної якості відеозображення. Тому у мультисервісній мережі буде використовуватись стандарт Full HD. Об'єм передаваних даних телетрафіку при цьому буде становити 60 Мбіт/с. Крім телебачення у мультисервісній мережі в якості трафіку відеододатків буде використовуватись трафік відеозв'язку та відеоконференції. Узагальнені характеристики основних відеододатків наведені в таблиці 3.4 [3].

Таблиця 3.4.

## Узагальнені характеристики відеокодеків

Характеристика	Телебачення	Відеоконференції	Відеоспостереження
Пропускна спроможність (Мбіт/с)	60	0,5-1	0,2–0,8
Потокове мовлення	Обов'язково	Обов'язково	Обов'язково
Групове мовлення	Обов'язково	Бажано	Бажано
Синхронний звук	Обов'язково	Обов'язково	Бажано
Канал керування	Обов'язково	Неможливо	Неможливо

Розрахуємо загальний об'єм передаваної інформації для відеододатків за формулою:

$$V_{\text{заг}} = \sum V_i, \quad (4.14)$$

де  $V_i$  – значення об'єму передаваної інформації для  $i$ -го додатку.  
Підставивши дані отримаємо:

$$V_{\text{заг.від}} = 60+1+0,8 = 61,8 \frac{\text{Мбіт}}{\text{с}}.$$

Отже, для потокової передачі трафіку відеододатків необхідна пропускна здатність не менша, ніж 62 Мбіт/с. Третьою складовою мультимедійного трафіку є надання послуг широкопasmового доступу до Інтернету. Швидкість, з якою користувачі зможуть працювати з Інтернетом, буде становити 150 Мбіт/с. Широкопasmовий доступ до мережі Інтернет забезпечує можливість доступу до інформаційних ресурсів мережі Інтернет, використання віддалених файлових ресурсів мережі Інтернет, обмін значними обсягами інформації, електронною поштою, програмами обміну повідомленнями (ICQ, Skype), а також іншими сервісами, доступ і керування якими можливий через Інтернет [31]. Отже, розрахуємо загальний об'єм мультимедійного трафіку для одного вузла:

$$V_{\text{м}} = 150+9,3+62 = 221 \text{ Мбіт/с}.$$

Розрахуємо, яку частку у відсотках буде становити трафік кожної послуги від загального об'єму мультимедійного трафіку за формулою [32].

$$\gamma_i = \frac{V_i}{V_{\text{заг}}} \cdot 100 \%. \quad 4.15$$

Підставляємо дані.  
Для трафіку відеододатків:

$$\gamma_{\text{в}} = \frac{61,8}{221} \cdot 100 \approx 28 \%.$$

Для трафіку аудіододатків:

Для трафіку аудіододатків:

$$\gamma_v = \frac{9,3}{221} \cdot 100 \approx 4 \%$$

Для трафіку передачі даних:

$$\gamma_v = \frac{150}{221} \cdot 100 \approx 68 \%$$

Для високоякісного зв'язку та функціонування мультисервісної мережі пропускна здатність одного каналу, по якому передається мультимедійний трафік до одного абонента, повинна бути більша за загальний об'єм передаваної інформації не менше, ніж на 10 %. Оберемо пропускну здатність 250 Мбіт/с. Із даної пропускну здатності 4 % відводиться на аудіододатки, 28 % на відеододатки та 68 % на передачу даних.

### 3.3.2. Розрахунок параметрів мультимедійного трафіку

Вхідні дані до розрахунку. На протязі сеансу зв'язку, який рівний 10 хв., відбувалась трансляція мультимедійного трафіку. В якості мультимедійного трафіку використовувалось відображення високої чіткості стандарту Full HD, пікове значення якого рівне 60 Мбіт/с. Через проміжки часу, рівні 30 с., відбувалась фіксація миттєвих значень мультимедійного трафіку. На основі даних досліджень запишемо функцію розподілу [4]:

$$V_m t = \begin{matrix} 56; 61; 57; 51; 48; 59; 60; 65; 62; 58; \\ 52; 45; 40; 32; 48; 55; 59; 60; 62; 61 \end{matrix} \cdot$$

На основі даної функції побудуємо графік динаміки мультимедійного трафіку (рис.3.3).

Максимальне число блоків інформації, яке відповідний сервіс генерує в одиницю часу, визначається:

$$v = \max_t \begin{matrix} 56; 61; 57; 51; 48; 59; 60; 65; 62; 58; \\ 52; 45; 40; 32; 48; 55; 59; 60; 62; 61 \end{matrix} = 65 \left( \frac{\text{Мбіт}}{\text{с}} \right).$$

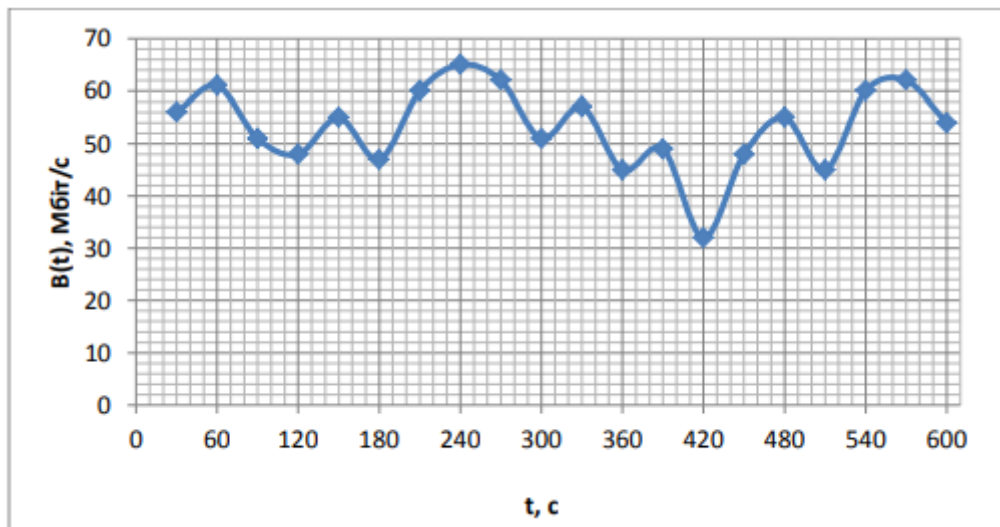


Рис.3.3. Мультимедійний трафік

Пікове значення трафіку. Трафік відповідного сервісу, який перевищує встановлений для нього піковий поріг. В даному випадку піковий поріг рівний [10].

$$v = 60 \frac{\text{Мбіт}}{\text{с}}, \quad (4.16)$$

Середнє значення трафіку  $\bar{v}$ . Середнє число блоків інформації, яке відповідний сервіс генерує в одиницю часу, визначається за формулою 4.16.

Враховуючи те, що значення трафіку задані дискретно, перепишемо формулу 4.16:

$$\bar{v} = \frac{1}{N_{B(t)}} \sum_{i=1}^{N_{B(t)}} B_i t, \quad (4.17)$$

$$\bar{v} = \frac{1}{20} \begin{matrix} 56 + 61 + 57 + 51 + 48 + 59 + 60 + \\ + 65 + 62 + 58 + 52 + 45 + 40 + \\ + 32 + 48 + 55 + 59 + 60 + 62 + 61 \end{matrix} = 55,45 \frac{\text{Мбіт}}{\text{с}}.$$

Мінімальне значення трафіку  $\underline{v}$ . Мінімальне число блоків інформації, яке відповідний сервіс генерує в одиницю часу, визначається за формулою 4.17.

$$\underline{v} = \min_t \frac{56; 61; 57; 51; 48; 59; 60; 65; 62; 58;}{52; 45; 40; 32; 48; 55; 59; 60; 62; 61} = 32 \left( \frac{\text{Мбіт}}{\text{с}} \right).$$

Коефіцієнт пачковості трафіку  $K$ . Визначається як відношення між максимальним і середнім трафіком відповідного сервісу. Коефіцієнт пачковості обчислюється [4]:

$$K = \frac{65}{55,45} = 1,17.$$

Середня тривалість піку  $T^{(p)}$ . Середня тривалість інтервалу часу, протягом якого, відповідний сервіс генерує піковий трафік:

$$T^{(p)} = \frac{1}{3} \frac{68 - 46 + 276 - 210 + 580 - 540}{T_3^{(p)}} = 42,67(\text{с}).$$

Обраховані вище параметри використовуються для опису трафіку відповідного сервісу протягом одного сеансу зв'язку з абонентом сервісу.

На основі даних розрахунків побудуємо графік мультимедійного трафіку з нанесенням на нього розрахованих параметрів (рис. 3.4).

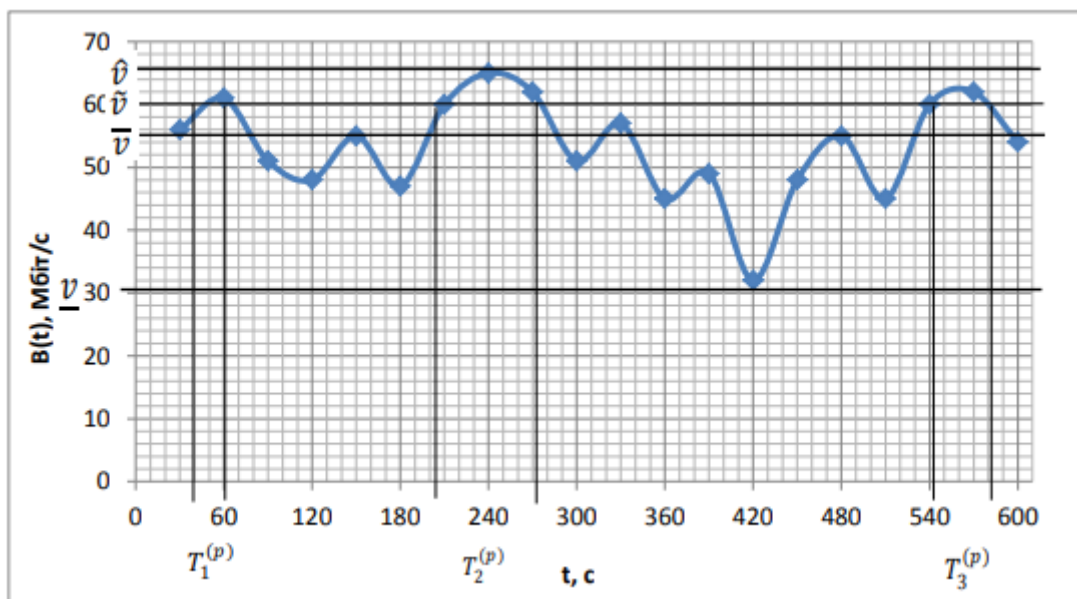


Рис. 3.4. Мультимедійний трафік



### 3.3.3. Розрахунок параметрів мультимедійного трафіку в безпроводній мережі

Відеопотік-тимчасова послідовність кадрів певного формату, закодована в бітовий потік. Відеопотік складається з 3 компонентів: яскравого компонента і двох компонентів, що змінюють колір. Пікселі кожного компонента кодуються окремо, тому, щоб знайти швидкість передачі даних, перш за все, вам потрібно знайти кількість бітів у кадрі для яскравого компонента за виразом:

$$N_{\text{я}} = W \cdot H, \quad (4.18)$$

де  $W$  – довжина кадру в пікселях;  $H$  – ширина кадру в пікселя. При використанні кольорової субдискритизації 4:2:2 дає змогу зменшити потік даних за рахунок використання черезрядкової розгортки для кольорорізницевих компонент, тобто в кожному кадрі задіяна лише половина усіх рядків. Тому кількість пікселів для кольорорізницевих компонент знаходиться за виразом:

$$N_{\text{к}} = \frac{1}{2} \cdot W \cdot H. \quad (4.19)$$

Таким чином один кадр відео з використанням кольорової субдискритизації формату 4:2:2 кодується кількістю біт, що визначається за виразом:

$$B_{\text{к}} = n \cdot N_{\text{я}} + n \cdot N_{\text{к}} \cdot 2, \quad (4.20)$$

де  $n$  – кількість біт, якими кодується окремий піксель зображення. Швидкість передачі даних знаходиться за виразом:

$$V = k \cdot B_{\text{к}}, \quad (4.21)$$

де  $k$  – кількість кадрів за секунду. Згідно рекомендаціям ІТУ-R 709-3 кодування Ultra HD 4K відео здійснюється з розрядністю в 10 біт. Тому знайдемо швидкість передачі даних нестисненого відео потоку використовуючи вирази (5.17 - 5.20) враховуючи, що Ultra HD 4K відео має розмірність 3840x2160 та кадрову

частоту  $k = 60$  (кадрів с).

$$N_{\text{я}} = 3840 \cdot 2160 = 8294400 \text{ (пікселів),}$$

$$N_{\text{к}} = \frac{1}{2} \cdot 3840 \cdot 2160 = 4147200 \text{ (пікселів),}$$

$$B_{\text{к}} = 10 \cdot 8294400 + 10 \cdot 4147200 \cdot 2 = 165888000$$

$$V = 60 \cdot 165888000 \approx 10 \text{ Гбіт/с .}$$

Однак такий потік даних досить важко передавати в режимі реального часу існуючими лініями зв'язку, які не підтримують такої швидкості передачі даних. Тому для зменшення використовується кодування відеопотоку, що дає змогу зменшити швидкість передачі даних.

Швидкості для різних форматів субдискритизації та кадрової частоти після кодування кодеками H.264 та H.265 для Ultra HD 4K та Full HD відео наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Швидкості відеопотоків Full HD та Ultra HD 4K відео після кодування кодеками H.264 та H.265

Назва	Розмір кадру	Максимальна швидкість відеопотоку (Мбіт/с)			Частота кадрів
		4:4:4	4:2:2	4:2:0	
Full HD H.264	1920x1080	200	150	62,5	30
		280	210	87	60
		540	405	170	120
Ultra HD 4K H.264	3840x2160	1000	600	250	30
		1120	840	348	60
		2160	1620	680	120
Full HD H.265	1920x1080	280	210	87,5	30
		392	294	121,8	60
		756	567	238	120
Ultra HD 4K H.265	3840x2160	1400	840	350	30
		1568	1176	487,2	60
		3024	2268	952	120

З таблиці помітно, що швидкість відеопотоку для Ultra HD 4K після кодування кодеком H.264 становить 840 Мбіт/с, що майже в 10 раз менше за розраховану. Проте на зміну H.264 приходить більш ефективний H.265, що може зменшувати відеопотік до 20-25 разів.

### 3.4. Дослідження передачі мультимедійного трафіку по безпроводному каналу стандарту 802.11n

Для дослідження пропускної здатності безпроводного каналу побудуємо мережу, що зображено на рис. 3.5.

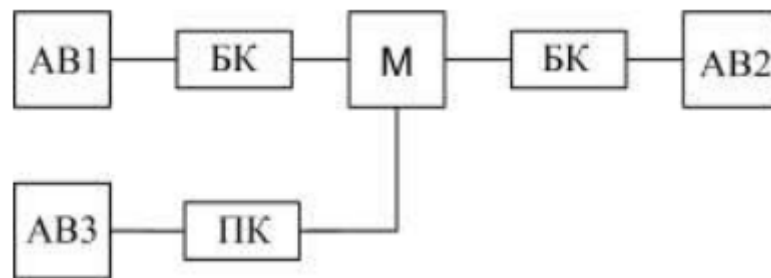


Рис. 3.5. Структура мережі для дослідження Основним вузлом є маршрутизатор (М) стандарту 802.11n.

Для дослідження використовуються три абонентських вузла (АВ), які підключені до маршрутизатора по бездротових (ВС) і дротових (РС) каналах. Ми проведемо дослідження каналу передачі. Щоб встановити фактичні характеристики мережі, необхідно провести експериментальні дослідження каналів передачі на предмет можливості передачі мультимедійного трафіку без затримок.

Результати досліджень швидкості передачі і рівня сигналу показані на малюнках 3.9 і 3.10. Вибираючи одиницю часу для дослідження в якості однієї секунди, потім встановлюючи постійну швидкість передачі інформації по бездротовому каналу на рівні 10 Мб/сек, ми отримуємо розподіл за часом кількості переданих і прийнятих кадрів, які показані на рис. 3.6 і 3.7.

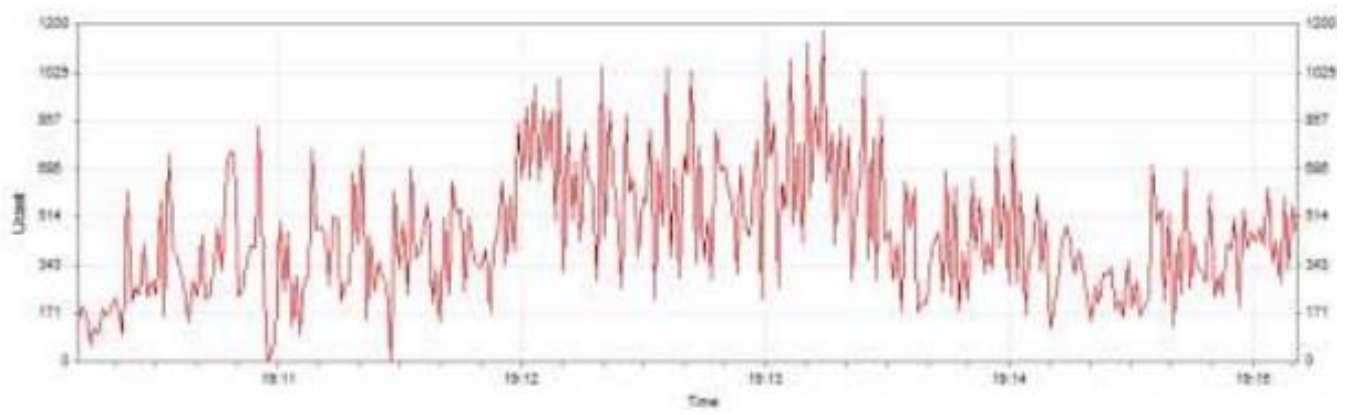


Рис. 3.6. Фрагмент розподілу кількості переданих кадрів

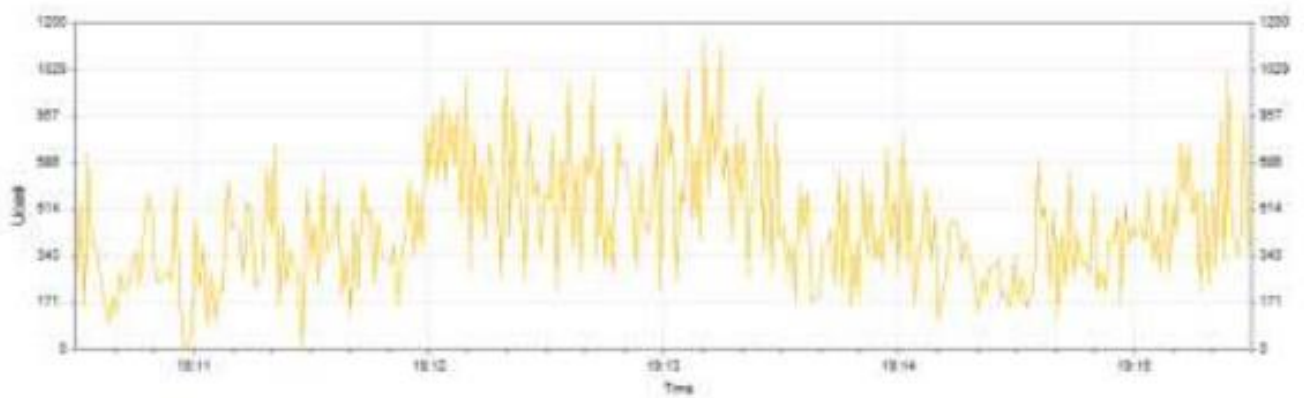


Рис. 3.7. Фрагмент розподілу кількості прийнятих кадрів

Наступна характеристика – це часовий розподіл кількості успішно переданих і втрачених пакетів, які зображені на рис. 3.8.

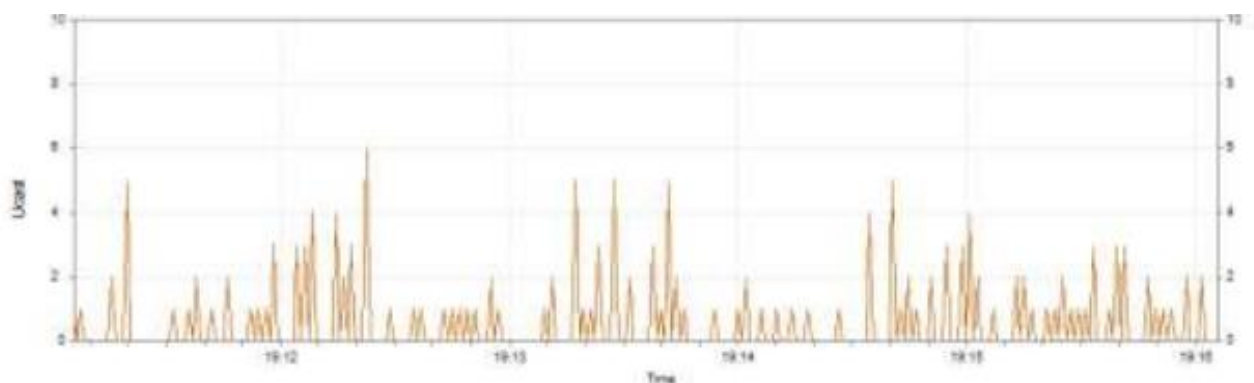


Рис. 3.8. Фрагмент розподілу кількості втрачених пакетів

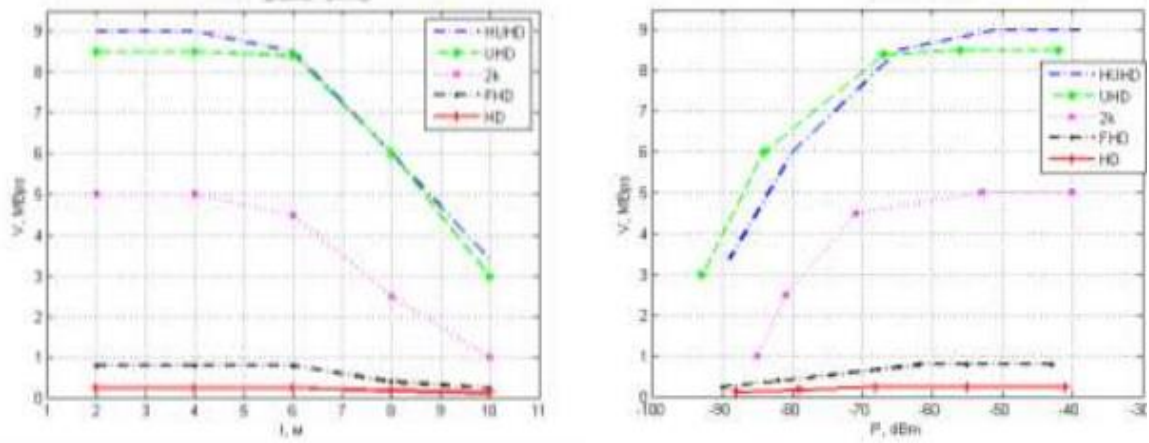


Рис. 3.9. Залежність швидкості передачі від відстані та потужності сигналу для одного безпроводного каналу

Із метою дослідження можливості передачі сучасних форматів мультимедійного трафіку, було створено п'ять видів відео файлів, які мають формати від звичайного HD із роздільною здатністю 720p, до формату 4K UltraHD 2160p (звичайний та підвищеної якості).

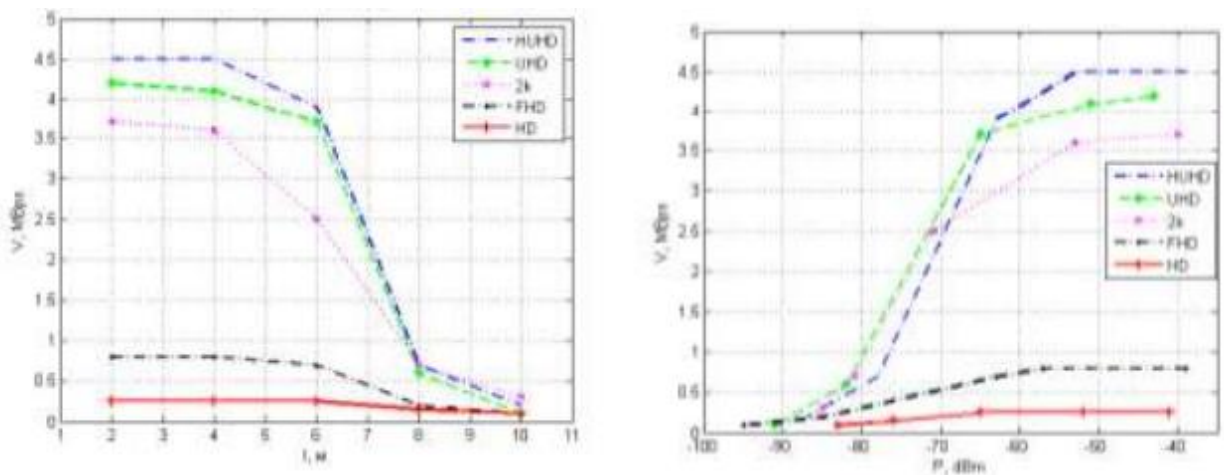


Рис. 3.10. Залежність швидкості передачі від відстані та потужності сигналу для мережі із двома абонентами

Крім того, мережа встановлена таким чином, що на відстані шести метрів виникає архітектурна перешкода для бездротових каналів. Для всіх досліджень передбачається, що якщо відеофайл відтворюється в режимі реального часу без затримок і спотворень, то передача такого трафіку можлива, а каналу досить [33].

Давайте подивимося на результати дослідження. Як видно з малюнків 4.9 і 4.10, при використанні одного бездротового каналу максимальна швидкість передачі даних в середньому становила 8,5 Мбіт/с. Це дозволяє отримати доступ до сервісів всіх перерахованих вище форматів (каналу досить), за винятком 4K UltraHD підвищеної якості. Як правило, бездротова мережа не обмежується одним абонентом, тому було проведено дослідження для одночасного використання двох бездротових каналів (рис. 3.10).

У цьому випадку швидкість передачі для кожного абонента знижується приблизно в два рази, чого недостатньо для використання форматів трафіку UltraHD двома пристроями одночасно. Таким чином, проаналізувавши поведінку бездротового каналу в дослідженні з використанням технології Wi-Fi, можна зробити висновок, що канал досить вразливий до зовнішніх перешкод, в результаті чого якість і дальність зв'язку погіршуються, а швидкість передачі даних знизиться.

Ми також проаналізували процес стиснення відеоінформаційних даних 4k з визначенням ефективності сучасних алгоритмів кодування і аналіз статистичних даних з встановленням раціональних параметрів для забезпечення найкращої ефективності і продуктивності процесу кодування відеоінформації, як показано в статті.

Дослідження визначило три якісні параметри кодування для різних конфігурацій застосовуваної технології кодування: пікове співвідношення сигнал / шум (KPSNR), ступінь стиснення відеоінформації (KST) та тривалість процесу кодування (t). Аналіз статистичних даних дослідження проводився з використанням х-карт Шухарта з визначенням середнього значення діапазону зміни пікового відношення сигнал / шум (KPSNR) на досліджуваних відеофрагментах, отриманих з використанням однієї і тієї ж вибірки при порівнянні відеоінформації. Таким чином, показник  $kpsnr$  змінювався для різних фрагментів відео в діапазоні 39-48 ДБ, а розраховане значення діапазону зміни показника KPSNR вказувало на достатню стабільність і якість кодуваної відеоінформації (рис. 4.11).

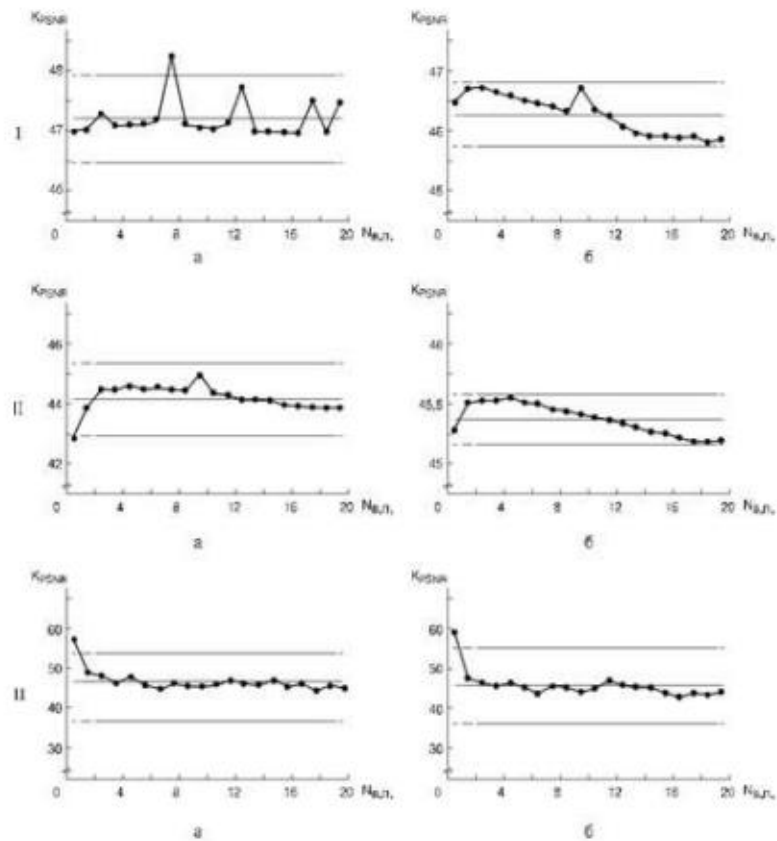


Рис. 3.11. Контрольні карти Шухарта з розподілом показника якості « $K_{PSNR}$ » для кодової кодової відеоінформації із форматом 4К

Зокрема програмний алгоритм «h.265» має порівняно кращий коефіцієнт стиснення, аніж алгоритму «h.264» та забезпечує вдвічі менший розмір відеофайлу при кращій якості. Однак тривалість процесу кодування відеоінформації за алгоритмом «h.265» є набагато більшою і залежить від обсягу відеофайлу.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

У розділі було проведено розрахунок мультимедійного потоку, що використовувався для дослідження. В результаті 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 на дальність зв'язку та пропускну здатність впливає ряд інших незвичених факторів, тому результати дослідження дещо менші ніж результати розрахунків.

Дослідження впливу довжини пакетів на швидкість передачі і встановлено що оптимальна довжина пакета має становити 4096 байт для забезпечення найбільшої швидкості передачі. Також було проведено аналіз дослідження процесу стиснення даних відеоінформації формату 4K. Дана методика дозволяє доволі точно здійснювати вибір раціональних параметрів кодування відеоінформації із послідовним застосуванням та аналізом етапів підготовки, кодування та контролем основних показників якості відеоінформації із визначенням раціонального варіанту кодування.



## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ

Кожна людина має право на належні, безпечні та здорові умови праці. Це гарантовано нам Конституцією України (Частина 4 статті 43). Одним з найважливіших елементів будь-якого підприємства є робоче місце, в рамках якого відбувається цілеспрямована діяльність (тобто праця) конкретного співробітника. Робоче місце-це частина виробничого приміщення одного або групи співробітників, оснащена основним і допоміжним технологічним обладнанням, інвентарем, інструментами і робочими меблями, необхідними для виробництва певного виду робіт. З розвитком виробничих процесів та інформаційних технологій все частіше робочі місця співробітників оснащуються персональним комп'ютером. Однак їх використання загостило проблеми збереження власного і громадського здоров'я, вимагає вдосконалення існуючих і розробки нових підходів до організації робочих місць, проведення профілактичних заходів щодо запобігання розвитку негативних наслідків впливу на здоров'я працівників. У цьому розділі описується робоче місце і умови роботи монтажника РЕА на підприємстві з виробництва електроніки.

#### **4.1. Опис робочого місця та умов праці суб'єкта**

Типове робоче місце монтажника радіоапаратури і пристроїв на одному дрібносерійному виробництві (рис. 4.1) включає в себе: стіл з однією колоною; гвинтовий стілець; підвіс для креслень; світильник, регульований по висоті і горизонталі; ящик для сміття, встановлений на шарнірах; місце для електричного паяльника і паяльник-фен для волосся; локальний олов'яний насос; панель для контрольно-вимірювальних приладів з клемою заземлення. Верхня кришка столу покрита термостійким пластиком. Для регулювання температури нагріву електропаяльника і фена робоче місце оснащується автотрансформатором або автоматичним пристроєм для регулювання температури наконечника

електропаяльника. Комбіноване освітлення 97 (загальне і місцеве) повинно забезпечувати освітленість в робочій зоні 300-400 Люкс.

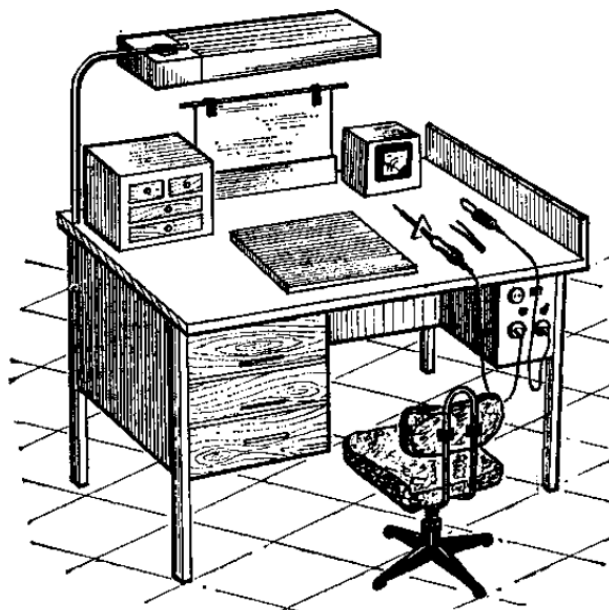


Рис. 4.1. Робоче місце монтажника РЕА

Раціональне розташування інструментів сприяє правильному плануванню робочого місця, усунення непотрібних рухів, зниження стомлюваності, що скорочує втрати робочого часу і тим самим підвищує продуктивність праці. Регульована висота сидінь стільців, а також розташування робочих поверхонь дозволяють забезпечити співробітнику найбільш сприятливі умови праці. Основними шкідливими і небезпечними виробничими факторами, які пов'язані з використанням цифрових систем "Розумний будинок" на підприємстві з виробництва електроніки, є наступні;

98 □ підвищена пульсація світлового потоку; недостатня освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла; брак або недостатність природного освітлення; нормування електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону здійснюється згідно з Дсанпін 3.3.6.096-2002 "Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів". Ступінь впливу ЕРС (електромагнітних полів) на організм людини залежить від діапазону частот, інтенсивності і тривалості впливу, характеру випромінювання (безперервного або модульованого), режиму опромінення, розміру опромінюваної поверхні тіла і індивідуальних особливостей організму . ЕМП може викликати біологічні та функціональні побічні ефекти в

організмі людини. Функціональні ефекти проявляються в передчасній втомі, частого головного болю, порушеннях сну, розладах центральної нервової системи (ЦНС) і серцево-судинної систем. При систематичному опроміненні ЕМП спостерігаються зміни артеріального тиску, уповільнення пульсу, нервово-психічні захворювання і деякі трофічні явища (випадання волосся, ламкість нігтів і ін.). Сучасні дослідження показують, що радіочастотне випромінювання, що впливає на центральну нервову систему, є значним фактором стресу. Біологічні побічні ефекти впливу ЕМП проявляються в теплових і нетеплових ефектах. В даний час досить вивченим можна вважати тільки тепловий вплив ЕРС, яке призводить до підвищення температури тіла і локального виборчого нагрівання органів і тканин організму за рахунок переходу електромагнітної енергії в теплову. Таке нагрівання особливо небезпечно для органів зі слабкою терморегуляцією (мозок, очі, нирки, шлунок, кишечник, насінники). Наприклад, випромінювання в сантиметровому діапазоні призводить до появи катаракти, тобто до поступової втрати зору. Коефіцієнт пульсації світлодіодних ламп це безрозмірна величина. Для простоти розуміння отриманий результат відображений в 99-відсотковому еквіваленті. Ця формула використовується для розрахунків, отриманих на основі вимірювань гармонійних коливань. Драйвери світлодіодних ламп є джерелом негативних гармонічних сигналів, що полегшує Експериментальні вимірювання. Видимі пульсації світлового потоку з частотою до 80 Гц чинять негативний вплив на головний мозок, дратують нервову систему через органи зору. В результаті людина підсвідомо змушений боротися з дискомфортом, хоче скоріше покинути зону впливу мерехтливого світла. Освітлення пульсуючим світлом також може призвести до реальних виробничих травм. Наприклад, якщо швидкість обертання циркулярної пилки збігається з частотою світлового потоку світлодіодної лампи, людині може здатися, що верстат не обертається. Такі ситуації є серйозними причинами травм на виробництві. Мерехтіння в діапазоні 80-300 Гц не сприймається безпосередньо людським оком. Однак зорові рецептори вловлюють ці коливання, які провокують збої в роботі мозку. Діючи непомітно, вони поступово зрушують гормональний фон, сприяють зниженню працездатності і погіршують емоційне самопочуття. Експерименти показали, що тривале перебування в зоні пульсацій

світлового потоку сприяє виникненню і загостренню хронічних захворювань нервової системи. Фактором, що визначає сприятливі умови праці, є раціональне освітлення робочої зони і робочих місць. При правильному розрахунку і виборі освітлення виробничих приміщень очі робітника надовго зберігають здатність добре розрізняти предмети і інструменти. Такі умови освітлення сприяють зниженню виробничого травматизму і професійних захворювань очей. Погане освітлення виробничої зони може призвести до погіршення якості виконуваних робіт, наприклад, небезпечні ділянки електроприладів можуть залишитися непоміченими, що може призвести до ураження електричним струмом та інших речей, що, в свою чергу, призводить до зниження безпеки праці. Недостатня або надмірна освітленість, нерівномірне освітлення в полі зору стомлює очі, призводить до зниження продуктивності праці; в той же час потенційний ризик помилкових дій і нещасних випадків зростає на 100. Надмірна яскравість джерел світла може викликати головні болі, різь в очах, порушення гостроти зору; відблиски світла – тимчасове осліплення.

#### **4.2. Організаційні та конструктивно-технологічні заходи для зниження впливу шкідливих виробничих факторів**

Нормування електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону здійснюється відповідно до ДСанПіН 3.3.6.096-2002 "Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів", ДСН 239-96 "Державні санітарні норми і правила щодо захисту населення від впливу електромагнітного випромінювання". Заходи щодо зменшення впливу ЕМП на працівників включають: організаційні, інженерні та профілактичні заходи щодо боротьби з наркотиками. Організаційні заходи проводяться державними наглядовими органами, що здійснюють санітарний нагляд за об'єктами, де використовуються джерела електромагнітного випромінювання. Організаційні заходи також передбачають вибір раціональних режимів роботи установок, обмеження місця і часу перебування персоналу в зоні опромінення і так далі. Інженерно-технічні заходи передбачають розташування джерел ЕМП, яке мінімізувало б їх вплив на працівників, використання

у виробничих умовах дистанційного керування обладнанням, що є джерелом випромінювання, екранування джерел випромінювання, застосування засобів індивідуального захисту (халатів, касок, спецодягу з металізованої тканини, з виходом на заземлюючий пристрій). Для захисту очей рекомендується використовувати захисні окуляри (наприклад, ZP5 - 90). Скла покриті напівпровідниковим оловом, яке знижує інтенсивність електромагнітної енергії при світлопропусканні не менше ніж на 75%. Засоби індивідуального захисту слід використовувати, якщо інші засоби захисту неможливі або недостатньо ефективні: при проходженні через зону високоінтенсивного випромінювання, під час ремонтних та налагоджувальних робіт у надзвичайних ситуаціях, під час короткочасного моніторингу та при зміні інтенсивності випромінювання. Такі інструменти незручні в експлуатації, обмежують можливість виконання технологічних операцій і погіршують гігієнічні умови праці. У радіочастотному діапазоні випромінювання засоби індивідуального захисту працюють за принципом екранування людини з використанням відображення і поглинання ЕРС. Для захисту тіла використовується одяг з металізованих тканин і радіопоглинаючих матеріалів. Металізована тканина виготовляється з бавовняних ниток з розміщеної всередині них тонким дротом або з бавовняних або нейлонових ниток, спіралью обгорнутих металевим дротом. Така тканина, як металева сітка, з відстанню між нитками до 0,5 мм, значно послаблює дію випромінювання. При зшиванні деталей захисного одягу необхідно забезпечити контакт ізольованих проводів. Тому електричну герметизацію з'єднань виконують електропровідними масами або клеями, які забезпечують гальванічний контакт або збільшують ємнісний зв'язок неконтактних проводів. Лікувально-профілактичні заходи передбачають періодичні медичні огляди працівників, які працюють в зоні ЕМП, недопуск до роботи з джерелами ЕМП підлітків у віці до 18 років та осіб з хронічними захворюваннями, обмеження за часом перебування людей в зоні підвищеної інтенсивності електромагнітного випромінювання, видачу безкоштовних лікувально-профілактичних харчування співробітників, регламентовані перерви санітарно-оздоровчого характеру. Коефіцієнт пульсації світлодіодних ламп-це безрозмірна величина. Для зручності розуміння отриманий результат відображений в

процентному вираженні. Ця формула використовується для розрахунків, отриманих на основі вимірювань гармонійних коливань. Драйвери світлодіодних ламп є джерелом негативних гармонічних сигналів, що полегшує Експериментальні вимірювання. Багато світлодіодні лампи китайського походження оснащені примітивним блоком живлення (PSU), який не можна назвати драйвером. Він складається з RC-схеми, діодного моста і фільтруючого конденсатора невеликої ємності 102, не більше 10 мкФ. Саме через відсутність високоякісного фільтра, який згладжує постійну напругу, пульсуюче на виході з частотою менше 300 Гц. Дивіться малюнок нижче. 4.2.представлена схема такої лампи.

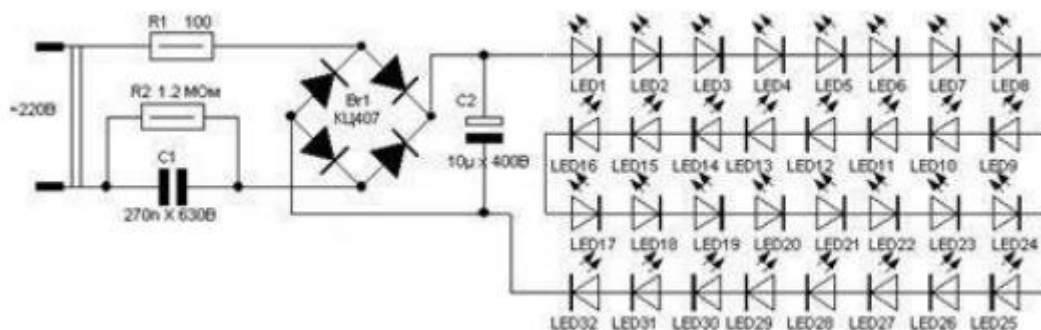


Рис. 4.2. Примітивний блок живлення світлодіодної лампи

Ви можете покращити якість вихідного сигналу, замінивши електролітичний конденсатор аналогом більшої ємності. В результаті амплітуда змінної складової сигналу зменшиться в кілька разів. Однак це не завжди можливо через великий розмір конденсатора необхідної ємності. Основні вимоги до драйвера полягають у забезпеченні стабільного струму світлодіодів Лампи та мініатюрних розмірів, необхідних для розміщення схеми всередині основи. Тому найнадійніший спосіб значно знизити коефіцієнт пульсацій-замінити неякісне джерело живлення драйвером з вбудованим ШІМ-контролером. Якщо з суб'єктивних причин позбутися шкідливого мерехтіння світлодіодної лампи не представляється можливим, рекомендується встановлювати її в приміщенні з найменшою кількістю включень. Якщо ви плануєте свою наступну покупку світлодіодної лампи, зробіть вибір на користь сертифікованої продукції відомих брендів. Організаційні та технічні заходи щодо зниження впливу

недостатнього освітлення робочої зони. Відповідно до DBN V. 2.5-28-2006 "інженерне обладнання будівель і споруд. У НАОП (правилах охорони праці), анітарних нормах Сніп П-4-79 встановлені мінімально допустимі значення освітленості штучним світлом природне і штучне освітлення" в офісних приміщеннях використовується природне і штучне освітлення. Природне освітлення забезпечується через світлові отвори, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не менше 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі і відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатур, використовуються сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлюються жалюзі або фіранки. Штучне освітлення в приміщенні здійснюється за допомогою системи загального рівномірного освітлення. Значення освітленості на поверхні робочого столу в області розміщення документів становить 300-500 Люкс. люмінесцентні лампи типу ЛВ використовуються в якості джерел штучного освітлення в приміщенні.

#### ***4.2.1. Розрахунок електромагнітних хвиль в виробничих умовах***

1) Розрахунок гранично допустимого рівня напруженості електростатичного поля при впливі на персонал більше однієї години за зміну за формулою (4.1):

$$E_{ГДР} = 60 / \sqrt{t}, \quad (4.1.)$$

де  $E_{ГДР}$  - гранично допустимий рівень напруженості поля, кВ / м;  $t$  - час впливу, год.

Гранично допустимий рівень ( $E_{ГДР}$ ) напруженості електростатичного поля ( $E_{ГДР}$ ) встановлюється рівним 60 кВ / м протягом 1 години.

Розрахунок:  $t = 8$  год.  $E_{ГДР} = 60 / \sqrt{8} = 21.28$  кВ/м.

2) Визначення допустимого часу перебування в ЕСП (електростатичному полі) за формулою (4.2.):

$$t_{доп} = (60 / E_{факт.}), \quad (4.2.)$$

де  $E_{факт.}$  - фактичне значення напруженості ЕСП, кВ / м.

При напруженості ЕСП, що перевищує 60 кВ/м, робота без застосування засобів захисту не допускається, а при напруженості менше 20 кВ/м час перебування не регламентується. Розрахунок:  $E_{факт.} = 5$  кВ/м  $t_{доп} = (60 / 5) = 12$  кВ/м. При

розрахованому значенні напруженості ЕСП перебування не регламентується. 3) Визначення гранично допустимого рівню ЕСП для засобів зв'язку і телевізійного мовлення за формулою (4.3):  $E_{ГДР} = 21 \cdot f^{-0,37}$ , (4.3.) де  $E_{ГДР}$  - значення гранично допустимого рівня напруженості електричного поля, В/м;  $f$  - частота, МГц. Розрахунок:  $f = 16$  МГц  $E_{ГДР} = 21 \cdot 16^{-0,37} = 7,53$  В/м Гранично допустимий рівень ЕСП в діапазоні частот 3 – 30 МГц не повинен перевищувати 10 В/м. Розрахований рівень ЕСП не перевищує норм. 4.3. Пожежо- та вибухонебезпека Заходи розглянуті згідно вимог ДБН В.1.1.7–2002 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Захист від пожежі, а також заходи згідно вимог ГОСТ 12.1.004-85 НАПБ Б.03.002-2007 Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Пожежна та вибухова безпека – це стан об'єкту, при якому виключається виникнення пожежі і вибуху, а у випадку появи запобігається дія на людей небезпечних факторів пожежі і вибуху. Згідно з ДСТУ 12.1.004-91, установка, що проектується, небезпечна у пожежному відношенні, тим, що електричний струм є джерелом виникнення 105 пожежі і в установці використовуються горючі матеріали: лакофарбові покриття, вінілова ізоляція дротів, печатні плати схем. Приміщення з виробництва електроніки відноситься до категорії Г за вибухопожежною і пожежною небезпекою. В приміщенні використані вогнегасники порошкового типу. Пожежна сигналізація на підприємствах — це комплекс технічних засобів, призначений для своєчасного виявлення вогню та оповіщення про точне місце його формування. Найбільш поширеними на ринку є охоронно-пожежні комплекси, що виконують одночасно дві функції. По всій будівлі встановлені спеціальні датчики реагування на дим, які подають звуковий сигнал для евакуації людей. При цьому автоматично вмикаються системи пожежогасіння. В систему пожежної сигналізації входить декілька автоматичних програм: розпізнавання диму, ввімкнення звукового сигналу, передача тривоги на пульт охорони, гасіння осередку пожежі. Дані датчики формують сигнал «Пожежа» при виявленні вогнища загоряння за ознаками задимленості, швидкості збільшення температури та / або перевищення температури вище порогового значення. Основні види датчиків, які використані в приміщенні: димові, теплові, ручні. Пожежні



приймально-контрольні прилади приймають сигнали від пожежних сповіщувачів, а також подають сигнали тривоги та попередження на пульт охорони. Спеціальні прилади сповіщають людей у разі виникнення пожежі. До оповіщувачів відносяться: аварійне освітлення, сирени (звукові оповіщувачі), покажчики евакуації і т.д. Джерела безперебійного живлення служать для забезпечення безперервної роботи сигналізації, навіть за відсутності електроживлення. Шлях евакуації - безпечний для руху людей шлях, який веде до евакуаційного виходу. Евакуаційний вихід - це вихід із будинку (споруди), безпосередньо назовні або вихід із приміщення, що веде назовні, до коридору чи сходової клітки безпосередньо або через суміжне приміщення. На рис. 4.3. показані шляхи евакуації з приміщення.

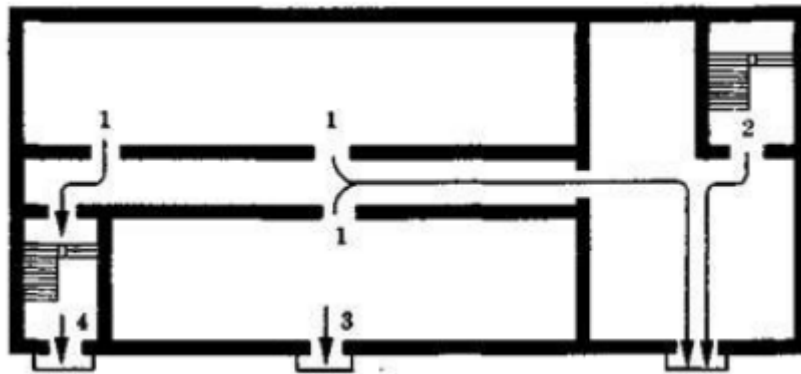


Рис. 4.3. Шляхи евакуації

#### 4.3. Інструкція з охорони праці під час виконання паяльних робіт

1. Дія інструкції поширюється на всі підрозділи підприємства.
2. Інструкція розроблена на основі ДНАОП 0.00-8.03-93 "Порядок опрацювання та затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві", ДНАОП 0.00-4.15-98 "Положення про розробку інструкцій з охорони праці", ДНАОП 0.00-4.12-99 "Типове положення про навчання з питань охорони праці", ДНАОП 1.1.10-1.04-01 "Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями".
3. За даною інструкцією працівник, зайнятий на роботах з паяльними лампами (паяльник), інструктується перед початком роботи (первинний інструктаж), а потім

через кожні 3 місяці (повторний інструктаж). Результати інструктажу заносяться в «Журнал реєстрації інструктажів з питань охорони праці»; в журналі після проходження інструктажу повинен бути підпис особи, яка інструктує, та паяльника.

4. Власник повинен застрахувати паяльника від нещасних випадків і професійного захворювання. В випадку пошкодження здоров'я паяльник з вини власника він (паяльник) має право на відшкодування заподіяної йому шкоди.

5. За невиконання даної інструкції паяльник несе дисциплінарну, матеріальну, адміністративну та кримінальну відповідальність.

6. До виконання паяльних робіт допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, спеціальне навчання, мають посвідчення на право працювати з паяльним лампами; пройшли вступний інструктаж з охорони праці, інструктаж на робочому місці, спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум) з питань пожежної безпеки, мають відповідне посвідчення, а також пройшли інструктаж з питань пожежної безпеки.

7. У разі направлення працівника на виконання робіт, не пов'язаних з його основною діяльністю, він повинен пройти цільовий інструктаж.

8. При прийомі на роботу і не рідше одного разу на 12 місяців паяльник повинен пройти перевірку знань з питань охорони праці та пожежної безпеки.

9. Працівники, які працюють з паяльним лампами, повинні проходити періодичний медичний огляд не рідше одного разу на 12 місяців.

10. Паяльник зобов'язаний:

- a. Виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку.
- b. Користуватись спецодягом та засобами індивідуального захисту.
- c. Пам'ятати про особисту відповідальність за виконання правил охорони праці та відповідальність за товаришів по роботі.
- d. Виконувати тільки ту роботу, за якою він проінструктований таяка доручена керівником робіт.
- e. Працювати тільки з тим інструментом та пристроями, по правилах безпечної експлуатації яких він проінструктований.
- f. Не допускати сторонніх осіб на своє робоче місце.

g. Вміти надавати першу медичну допомогу потерпілим від нещасних випадків.

h. Вміти користуватись первинними засобами пожежегасіння.

11. Адміністрація зобов'язана забезпечити паяльника безкоштовним спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту, в тому числі:

- фартух бавовняний;

- рукавиці комбіновані;

- під час виконання паяння радіаторів та бензобаків вручну: куртка бавовняна, фартух резиновий з нагрудником, рукавиці комбіновані;

- в мастично-графітних печах та радіаторному виробництві: комбінезон бавовняний, рукавиці комбіновані;

- з використанням пальників у радіаторному виробництві: комбінезон бавовняний, рукавиці комбіновані, окуляри захисні.

12. У процесі виробничої діяльності на працівників, зайнятих на роботах з паяльними лампами, можливий вплив шкідливих і небезпечних виробничих факторів: підвищене фізичне навантаження; підвищена запиленість повітря робочої зони; підвищена загазованість повітря робочої зони; небезпечність вибуху паяльної лампи; ураження електричним струмом; підвищений рівень шуму; підвищена температура матеріалів, що оброблюються; несприятливі умови навколишнього середовища.

## **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4**

Наведені рекомендації щодо організації робочого місця на підприємстві дозволяють підвищити рівень безпеки праці, запобігти виникненню аварійних ситуацій та надати першу допомогу у разі виникнення надзвичайної ситуації. Служби охорони праці, а саме відповідні служби та структурні підрозділи підприємства повинні постійно контролювати виконання робіт відповідно до вимог з охорони праці, електро -, газо - та пожежної безпеки, не допускати до роботи осіб, які не пройшли інструктаж і не склали заліки з питань охорони праці. Роботодавець повинен впровадити сучасне обладнання для забезпечення безпеки, що запобігає виробничий травматизм, і забезпечити санітарно-гігієнічні умови, що запобігають виникненню професійних захворювань працівників.

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

#### 5.1. Виникнення поняття електромагнітного забруднення

Інтенсивне використання електромагнітної та електричної енергії в сучасному інформаційному суспільстві призвело до того, що в останній третині ХХ століття виник і сформувався новий значущий фактор забруднення навколишнього середовища - електромагнітний. До його появи призвів розвиток сучасних технологій передачі інформації та енергії, дистанційного керування і спостереження, деяких видів транспорту, а також розвиток ряду технологічних процесів. В даний час світова спільнота визнає, що електромагнітне поле штучного походження є важливим значущим фактором навколишнього середовища з високою біологічною активністю. Проблема електромагнітної безпеки і захисту навколишнього середовища від впливу ЕМП стала більш актуальною і соціальною, в тому числі на міжнародному рівні. Метою даного розділу роботи є вивчення впливу електромагнітного випромінювання сучасної електронної техніки на навколишнє середовище.

#### 5.2. Електромагнітне випромінювання

Електромагнітне випромінювання (електромагнітні хвилі) - поширюється в просторі збудження електричних і магнітних полів. Основними характеристиками електромагнітного випромінювання вважаються частота і довжина хвилі. Довжина хвилі залежить від швидкості поширення випромінювання. Швидкість поширення електромагнітного випромінювання (фази) у вакуумі дорівнює швидкості світла, в інших середовищах ця швидкість менше. Електромагнітні хвилі - це поперечні хвилі (зсувні хвилі), в яких вектори напруженості електричного і магнітного полів коливаються перпендикулярно напрямку поширення хвилі, але вони значно відрізняються від хвиль на воді і від звуку тим, що вони можуть передаватися від

джерела до приймача, в тому числі через вакуум. Електромагнітне випромінювання зазвичай ділиться по частотних діапазонах. Різких переходів між діапазонами немає, вони іноді перекриваються, і межі між ними умовні. Оскільки швидкість поширення випромінювання постійна, частота його коливань жорстко пов'язана з довжиною хвилі у вакуумі. Поширення електромагнітних хвиль, тимчасові залежності електричного  $E(t)$  і магнітного  $h(t)$  полів, які визначають тип хвиль (плоскі, сферичні і т.д.), тип поляризації та інші особливості, залежать від джерела випромінювання і властивостей середовища. Діапазони електромагнітного випромінювання наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Діапазони електромагнітного випромінювання

Вид випромінювання	Довжина хвилі, м	Частота хвилі, Гц
Радіохвилі	$10^3 - 10^4$	$3 \cdot 10^5 - 3 \cdot 10^{12}$
Світлові хвилі:		
1) Інфрачервоні	$5 \cdot 10^{-4} - 8 \cdot 10^{-7}$	$6 \cdot 10^{11} - 3,75 \cdot 10^{14}$
2) Видиме світло	$8 \cdot 10^{-7} - 4 \cdot 10^{-7}$	$3,75 \cdot 10^{14} - 7,5 \cdot 10^{14}$
3) Ультрафіолетові	$4 \cdot 10^{-7} - 10^{-9}$	$7,5 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{17}$
Рентгенівське випромінювання	$2 \cdot 10^{-9} - 6 \cdot 10^{-12}$	$1,5 \cdot 10^{17} - 5 \cdot 10^{19}$
Гамма-випромінювання	$< 6 \cdot 10^{-12}$	$> 5 \cdot 10^{19}$

Електромагнітне випромінювання різних частот також по-різному взаємодіє з речовиною. Процеси випромінювання і поглинання радіохвиль можуть бути описані з використанням електродинамічних співвідношень; а для оптичних хвиль і жорстких променів необхідно враховувати їх квантову природу.

Електромагнітний фон завжди був на планеті. Це сприяє розвитку життя, але має природний вплив, який не завдає шкоди навколишньому середовищу. Таким чином, люди могли піддаватися впливу електромагнітного випромінювання, використовуючи дорогоцінні та напівкоштовні камені у своїй діяльності. Після того,

як пристрої, що працюють від електрики, стали використовуватися в промисловому житті, а Електротехніка - в побуті, інтенсивність випромінювання зростає. Це призвело до появи хвиль такої довжини, яких раніше не існувало в природі. В результаті будь-який пристрій, що працює на електриці, є джерелом електромагнітного забруднення. З появою джерел антропогенного забруднення електромагнітні поля стали чинити негативний вплив на здоров'я людини і на природу в цілому. Так з'явився феномен електромагнітного смогу. Це відбувається як на відкритих просторах, в місті і за його межами, так і в приміщенні. Електромагнітне забруднення становить небезпеку для навколишнього середовища, оскільки воно негативно впливає на навколишнє середовище. Як саме це відбувається, достеменно невідомо, але випромінювання впливає на мембранну структуру клітин в живих організмах. Перш за все, вода забруднюється, змінюються її властивості, виникають функціональні порушення. Радіація також уповільнює регенерацію тканин рослин і тварин, призводить до зниження виживаності і збільшення смертності. Крім того, радіаційний вплив сприяє розвитку мутацій. В результаті зараження цього типу у рослин змінюється розмір стебел, квіток, плодів і змінюється їх форма. У деяких видів фауни при впливі електромагнітного поля розвиток і зростання сповільнюються, а агресія зростає. У них страждає центральна нервова система, порушується обмін речовин, погіршується функціонування репродуктивної системи. Забруднення також сприяє порушенню чисельності видів різних представників в межах однієї і тієї ж екосистеми. Для зниження рівня електромагнітного забруднення застосовується нормативне регулювання роботи джерел випромінювання. У зв'язку з цим забороняється використовувати пристрої з хвилями, які вище або нижче дозволених діапазонів. Використання обладнання, що випромінює електромагнітні хвилі, контролюється національними та міжнародними установами, контрольними органами та Всесвітньою організацією охорони здоров'я. в Україні нормативне регулювання здійснюється через "державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів (Dsnip 3.3.6.096-2002)". Висока інтенсивність ЕРС може призвести до теплової смерті організму і тканин. Пам'ятайте про мікрохвильову піч! У ньому біологічні тканини можуть бути доведені до

обвуглювання. І ось що робить електромагнітне випромінювання! Але найчастіше ми знаходимося далеко від таких потужних джерел і не відчуваємо впливу ЕМП, оскільки вони не мають смаку, запаху або кольору і практично не реєструються органами почуттів. Близько 30 років тому при відповіді на питання про вплив ЕМП на організм людини звучали мотиви: "питання не вивчене...", "Багато неясно науці...", "Багато чого потрібно дослідити...». Найдивовижніше, що навіть зараз через 30 років Ви часто чуєте однакові виправдання, особливо від людей, зацікавлених у поширенні певної техніки випромінювання. Весь цей час вчені всього світу безперервно проводять дослідження з усіх проблем електромагнітної екології, які хвилюють населення планети. Особливу увагу було приділено: випромінюванню від стільникових телефонів, ЕРС промислової частоти від елементів енергосистем (ліній електропередачі, трансформаторних підстанцій) і від побутової та офісної техніки, комп'ютерному випромінюванню. Цілком очевидно, що ці технічні засоби найбільше хвилюють вчених і населення, оскільки вони розташовані в безпосередній близькості від людини, і він користується ними кожен день. Коли мене запитують про вплив ЕМП, я завжди кажу, що в принципі вони не можуть не впливати на тканини і функціональні можливості живого організму. Ми вже говорили про кванти енергії ЕРС. Отже, якщо ця крихітна частинка електромагнітної енергії взаємодіє з будь-якою живою клітиною, то в клітині щось має змінитися. У найпростішому випадку температура клітини підвищиться, а хімічні та біологічні реакції також можуть змінюватися з різними довгостроковими наслідками. Реакції живого світу та людей на ЕМП можуть бути дуже різноманітними. Біологічний ефект виникає, якщо під впливом ЕМП в біологічній системі відбуваються будь-які помітні або фізіологічні зміни. Несприятливий вплив на здоров'я виникає, якщо біологічний ефект виходить за рамки норми і не може бути компенсований організмом, що призводить до розвитку шкідливих наслідків для здоров'я. Деякі біологічні ефекти можуть бути нешкідливими, наприклад, реакція організму на посилення кровотоку шкіри при легкому нагріванні ЕМП. Деякі ефекти можуть бути позитивними, наприклад, відчуття тепла в холодних умовах, або навіть призводити до сприятливих наслідків для здоров'я, наприклад, до вироблення вітаміну D в організмі під впливом сонячного



світла. однак було виявлено ряд біологічних ефектів, які призводять до негативних наслідків для здоров'я. існують складні причинно-наслідкові зв'язки між полем і біологічними об'єктами. Реакція організму на вплив ЕМП відбувається на всіх рівнях: клітинному, системному і організаційному. У той же час основні системи організму, відповідальні за його адаптивну реакцію, визначені як критичні - це нервова, імунна, ендокринна і сексуальна системи. Отже, спектр захворювань досить широкий-від функціональних порушень нервової системи до розвитку пухлин і лейкозів. Згідно з нещодавно отриманими даними, ЕМП є основною причиною так званого "синдрому хронічної втоми". Вперше такий діагноз з'явився недавно, в кінці 80-х років ХХ століття. На даний момент число пацієнтів з цим діагнозом становить мільйони і буде поступово збільшуватися по всьому світу, особливо в розвинених країнах. Зазвичай зміни в діяльності нервової та серцево-судинної систем оборотні і, як правило, зменшуються і зникають при усуненні впливу ЕМП і поліпшенні умов навколишнього середовища. Однак тривалий і інтенсивний вплив ЕМП призводить до стійких розладів і хвороб. Найбільш значущими дослідженнями останніх років в області біологічних ефектів ЕМП можна вважати дослідження, проведені 12 науковими групами з 7 європейських країн при фінансуванні з боку Європейського Союзу. Є ще один прояв негативного впливу ЕМП на людину – це різні форми електромагнітної фобії, що з'явилися в суспільстві. Нагадаємо, що під фобією розуміється нав'язливе відчуття реальної або уявної загрози. автору дуже часто доводиться мати справу з людьми, які панічно бояться антен, і часто ці антени виконують функції прийому, наприклад, "тарілки" для прийому супутникового телебачення, тобто вони не випромінюють. Іноді ЕМП відносять до властивостей радіації і турбуються про необхідність знезараження приміщень і територій. Деяким пристроям приписують властивості прихованих електромагнітних випромінювачів, які накопичують електромагнітну енергію. Всі ці сумніви і загрози зникають для людини, коли він отримує компетентні відповіді на свої питання, кваліфіковану пораду або роз'яснення свого рівня освіти. Таким чином, ЕМП розглядається як патогенний фактор. Поєднання симптомів ураження, що виникають під впливом ЕМП, класифікується як специфічне захворювання, яке іноді називають

"радіохвильовою хворобою". Його тяжкість залежить від інтенсивності ЕМП, тривалості впливу, біологічної активності різних частотних діапазонів, зовнішніх умов, а також від функціонального стану організму, його стійкості до електромагнітних полів і можливості адаптації.

### **5.3. Вплив ком'ютерної техніки на екологію**

У дипломній роботі використовується безліч різних датчиків у вигляді окремих модулів, об'єднаних в системи. Ці системи класифікуються як комп'ютерне обладнання. Деякі з цих систем взаємодіють між собою по радіо. Тому вплив сучасних комп'ютерних технологій на навколишнє середовище буде описано нижче. Сучасний світ важко уявити без портативних і настільних комп'ютерів, планшетів і смартфонів. Коли користувачів запитують, що знаходиться всередині них, вони найчастіше називають жорсткий диск, флеш-пам'ять, оперативну пам'ять або процесор. І тільки не всі зі згаданих миш'яку, свинцю і ртуті. Дійсно, більшість існуючих пристроїв містять хімічні елементи та речовини, які становлять серйозну небезпеку для людей та навколишнього середовища. При роботі комп'ютер формує навколо себе електростатичне поле, яке деіонізує навколишнє середовище, а при нагріванні плати і корпусу монітора в повітря виділяються шкідливі речовини. Все це робить повітря дуже сухим, злегка іонізованим, зі специфічним запахом і взагалі "важким" для дихання. Природно, таке повітря не може бути корисним для організму і може привести до алергічних захворювань, респіраторних захворювань та інших розладів. Ваш комп'ютер, смартфон, телевізор та інші технічні іграшки, ймовірно, містять берилій, кадмій, миш'як, полівінілхлорид, ртуть, свинець, фталати, антипірени на основі бромів та рідкоземельні мінерали. Але якщо ми маємо необхідні знання про шкідливий вплив цих речовин, ми можемо заздалегідь вжити необхідних заходів для захисту нашого обладнання та себе. По можливості ремонтуйте несправні пристрої, а не купуйте нові, продавайте і просто віддавайте застаріле обладнання, купуйте товари з мінімальною кількістю пакувальних матеріалів, уникайте занадто дешевих товарів з коротким терміном служби, підходьте до утилізації зламаних або

несправних пристроїв з відповідальністю. Я думаю, що якщо у вас є смартфон, який дозволяє отримувати інформацію з Інтернету в одну мить, навряд чи ви захочете від нього позбутися навіть тоді, коли з'явиться чергова красива новинка. Життєвий цикл продукту: три найбільш небезпечних моменти. Видобуток корисних копалин. Видобувні галузі руйнують поверхню землі і часто забруднюють навколишнє повітря і воду. Видобуток рідкісноземельних мінералів неможлива або нерентабельна без використання процесів, що завдають серйозної шкоди навколишньому середовищу.

116 виробництво. Ви насправді не стикаєтесь з основними компонентами всередині вашого обладнання. Але деякі люди вступають у прямий контакт з ними. І найчастіше це відбувається при високих температурах, в результаті чого в повітря потрапляють токсичні речовини. Видобуток рідкоземельних елементів робить смартфони серйозним джерелом забруднення навколишнього середовища. Полівінілхлорид поширений повсюдно-кабелі, що підключаються до електронних пристроїв, виготовляються з ПВХ і фталатів. Вести. Шкідливий вплив цього елемента призводило до виникнення різних захворювань у людей ще з часів Стародавнього Риму. У наші дні виробники використовують свинець для пайки електронних схем. Потрапляючи в організм людини, свинець пошкоджує нервову систему і нирки, порушує функціонування репродуктивних органів. Це робить вкрай негативний вплив на дітей, у яких починає сповільнюватися розвиток їх мозку. Ртуть. Компактні люмінесцентні лампи, які значно знижують споживання енергії і викиди парникових газів, стали справжнім символом екологічно чистих технологій. Але такі лампи містять ртуть, і якщо вони розіб'ються, інші піддадуться серйозному ризику. Не менш небезпечні люмінесцентні лампи, які використовуються для підсвічування рідкокристалічних екранів. Велика кількість ртуті, потрапляючи в організм, надає руйнівний вплив на центральну нервову систему, травну систему і нирки. На щастя, все більше і більше рідкокристалічних екранів в даний час оснащуються світлодіодним, а не флуоресцентним підсвічуванням. У той же час у різних харчових продуктах все ще є досить велика кількість ртуті, і деякі з них цілком можуть потрапити на ваш стіл. Мишак. Цей елемент давно асоціюється з отрутами, і історії таємничих отруєнь часто асоціюються з миш'яком. Навіть у кількостях, далеких від

доза, що викликає миттєву смерть, миш'як може завдати непоправної шкоди. Потрапляючи в організм людини, цей елемент, що відноситься до неметалів, послаблює імунну систему і пошкоджує нирки. Це також викликає рак легенів, шкіри та сечового міхура. <sup>117</sup> берилій є токсичним, канцерогенним рідкісноземельним компонентом електронних друкованих плат. Додайте трохи берилію до міді, і ви отримаєте сплав, який в 6 разів міцніший за чисту мідь. Ці властивості роблять його придатним для виготовлення пружин, з'єднувачів і друкованих плат. Для людей, які працюють з берилієм (зайнятих у видобувній промисловості рідкоземельного металу), він більше схожий на радіоактивний криптоніт з творів письменників-фантастів. В процесі дроблення і подрібнення утворюється берилієвий пил, яка осідає в легенях робітників. Пил, що потрапляє на одяг і взуття, в кінцевому підсумку отруєє всіх членів сім'ї. ви, напевно, дуже добре знаєте, що не слід викидати телефон або комп'ютер у смітник. Від них потрібно позбутися, чи не так? Але що це означає на практиці? Найчастіше відслужило свій термін обладнання просто відправляють в якусь країну, що розвивається (наприклад, в Гану), де його розбирають, витягуючи всі цінні компоненти. А все інше, як правило, досить токсично, в результаті воно все одно осідає на відкритій звалищі. Висновки: електромагнітне забруднення навколишнього середовища є однією з найбільш актуальних проблем людства. Кожен день ми включаємо мікрохвильову піч, розмовляємо по мобільному телефону, їздимо в метро, працюємо за комп'ютером, не замислюючись про те, що кожне з цих технічних винаходів робить на нас свій негативний вплив. Сигнали про підвищений рівень забруднення електромагнітними хвилями також можуть бути отримані без допомоги спеціального обладнання. Люди, які страждають захворюваннями серцево-судинної системи, краще за інших знають, де підвищено забруднення навколишнього середовища. Наприклад, у вагоні метро. Вчені припускають, що низькочастотні поля, які супроводжують нас в метро, провокують загострення серцево-судинних захворювань. Низькочастотні електромагнітні поля також можуть сприяти розвитку жіночого безпліддя. До такого висновку прийшли італійські вчені, які вивчали вплив низькочастотних полів на мишей. Тільки один з трьох випробовуваних залишався здоровим. Однак достеменно невідомо, чи буде вплив полів таким же на людей.

Експерименти на людях поки не проводяться з етичних міркувань. Потужним генератором шкідливого випромінювання є комп'ютер, за яким багато людей проводять більшу частину свого дня. Випромінювачами в даному випадку є як процесор, так і монітор. Випромінювання останнього набагато вище, особливо його бічних і задньої стінок, оскільки вони не мають спеціального захисного покриття, як в передній частині монітора. Захистити своє здоров'я в цьому випадку нескладно. Досить виходити на прогулянки і робити перерви в роботі з комп'ютером. Діти не повинні проводити за комп'ютером більше 2-3 годин без перерви, оскільки вони особливо сприйнятливі до шкідливих впливів. Ще одним масовим шкідником є мобільний телефон. Під дією цього пристрою прийнято розрізняти два ефекти: тепловий (тобто термічний) і нетепловий. Тепловий ефект проявляється, коли електромагнітна енергія поглинається організмом і перетворюється в тепло. Виходячи з цього, ви можете спостерігати нагрівання деяких органів, таких як вухо, від тривалої розмови. Але, враховуючи близькість телефону до голови, деякі ділянки мозку також нагріваються. Другий ефект, нетепловий, полягає в тому, що низькочастотне випромінювання телефону впливає на власну біоелектричну активність мозку, що може призвести до порушення його функцій. Зверніть увагу, що для людей, які оточують людину, яка розмовляє по мобільному телефону, електромагнітні поля не завдають шкоди. І найпростіший спосіб захистити себе і своїх дітей від негативного впливу мобільного телефону - це використовувати гарнітуру. Крім того, ви не повинні користуватися своїм мобільним телефоном без необхідності і безперервно розмовляти більше 3-4 хвилин. Звичайно, не варто відмовлятися від винаходів, які полегшують життя. Але щоб технічний прогрес не перетворився з ворога в помічника, потрібно просто дотримуватися деяких правил і розумно використовувати технічні інновації.

## ВИСНОВКИ

В результаті кваліфікаційної роботи магістра було досліджено підвищення ефективності методів кодування мультимедійного трафіку. У першому розділі було проведено техніко-економічне обґрунтування доцільності проведення дослідження мультимедійного трафіку. Було обрано аналог досліджуваного об'єкта, проведено порівняння з об'єктом дослідження та оцінено ефективність дослідницької роботи. Комплексний показник ефективності дослідження дорівнює 10,5. це означає, що дане дослідження є ефективним. При порівнянні рівня дослідницької роботи з рівнем дослідження аналога було показано, що рівень дослідження об'єкта дослідження на 118% вище рівня дослідження аналога. Також було проаналізовано концепцію мультимедійного трафіку, його характеристики, параметри та властивості.

У загальному випадку мультимедійний трафік певного Сервісу представляється як випадковий процес. Значення миттєвого трафіку визначає кількість блоків інформації, які відповідна служба генерує в одиницю часу. У найзагальнішому випадку цей процес описується сімейством функцій розподілу. Також були визначені параметри якості обслуговування мультимедійного трафіку. Це час встановлення з'єднання; ймовірність встановлення з'єднання; ймовірність збою з'єднання; затримка; ймовірність втрати; джитер.

Проведено аналіз методів кодування мультимедійного трафіку, аналіз різних алгоритмів кодування з використанням кодеків N. 263, N. 264, N. 265, проаналізовано ефективні методи кодування зображень, які забезпечують збереження хорошої якості візуального сприйняття і дозволять збільшити загальну пропускну здатність каналів зв'язку бездротових мультимедійних мереж. Також були проаналізовані існуючі системи підвищення ефективності кодування мультимедійного трафіку і запропонований метод оцінки параметрів якості відеозображення, що дозволяє оцінити будь-який метод кодування і його ефективність.

З цієї смуги пропускання 4% відводиться аудіододаткам, 28% - відеододаткам і 68% - передачі даних. У цій статті було розраховано мультимедійний трафік. Порівнюючи отримані результати з характеристиками стандартів Wi-Fi, було

встановлено, що бездротовий канал Wi-Fi підходить для передачі відеопотоків HD-якості і відеопотоків FHD. 105

Також були розраховані дальність зв'язку та пропускна здатність бездротового каналу, в результаті чого було проведено експериментальне дослідження, яке підтвердило, що канал досить вразливий до зовнішніх перешкод, внаслідок чого якість і дальність зв'язку погіршаться, а швидкість передачі даних знизиться.

Однак дослідження залежності швидкості передачі від рівня сигналу показали, що канал зі смугою 40 МГц більш стабільний до зменшення потужності сигналу на приймальній частині (менша крутизна спаду кривої), як до, так і після перешкоди. Використовуючи новий метод кодування H. 265, можна організувати передачу мультимедійного трафіку по бездротовому каналу стандарту 802.11 n, але тільки в межах прямої видимості з використанням технології MIMO не менше 3x3.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Михалевський Д. В. Ефективні методи кодування мультимедійного трафіку [Тези доповіді на науково-технічну конференцію] / XLV Науково-технічна конференція факультету радіотехніки, зв'язку та приладобудування (2016) - Секція оргтехніки і телекомунікацій . 2016 р.
2. Пат. 102698 UA, МПК H04N 5/44, H04B 3/00. Пристрій для оцінки параметрів якості відеозображення [Текст] / Д. В. Михалевський, Д. О. Янковчук , І. Б. Тіщенко, (Україна). - № u201505418 ; заявл. 02.06.2015 ; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 21. - 4 с.
3. Филимонов Ю.А. Построение мультисервисных сетей Ethernet. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 592с.:ил.
4. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томах. Том 3. - Мультисервисные сети / В. В. Величко, Е. А. Субботин, В. П. Шувалов, А. Ф. Ярославцев: под ред. профессора В. П. Шувалова. - М.: Горячая линия-Телеком, 2005. - 592 с.: ил.
5. Козловський Володимир Олександрович. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах. Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2003. - 75 с.
6. Кучерявый А.Е., Гильченко Л.З., Иванов А.Ю. Пакетная сеть связи общего пользования. - СПб.: НкТ, 2004. 7. Шелухин О.И., Тенякишев А.М., Осин А.В. Фрактальные процессы в телекоммуникациях. Монография / Под ред. О.И. Шелухина. - М.: Радиотехника, 2003.
8. Величко В.В., Скринников В.Г. Анализ характеристик трафика передачи данных в действующих сетях третьего поколения // Электросвязь, 2004. - № 9.
9. Платов В.В., Петров В.В. Исследование самоподобной структуры трафика беспроводной сети.
10. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. – СПб.:Питер, 2010. – 944с.: ил. 11. H.263: High efficiency video coding. [Електронний ресурс] – Режим доступу:



<https://ru.wikipedia.org/wiki/H.263> 12. H.263: High efficiency video coding. [Електронний ресурс] – Режим доступу <https://ru.wikipedia.org/wiki/H.264>

13. Парфенова А.О., Макаренко А.Ю., Могильний С.Б. Порівняльний аналіз основних стандартів відео для передачі по 4G-мережам. / Парфенова А.О., Макаренко А.Ю., Могильний С.Б. // Вісник Національного технічного університету України "КПІ" 171 Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування.-2010.-№40 107

14. H.265: High efficiency video coding. [Електронний ресурс] – Режим доступу: // <http://www.itu.int/rec/T-REC-H.265-201304-I>

15. Кумиш В.Ю. Палітровий метод ефективного кодування цифрових відеозображень. / В.Ю. Кумиш. // Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова.- 2013. - № 2. - С. 1-4.

16. Яцків Н.Г., Бутрин Р.В., Собашко В.Ф. Адаптивний метод кодування даних в безпроводних мультимедійних сенсорних мережах / Н.Г. Яцків., Р.В Бутрин., В.Ф Собашко. // Тернопільський національний економічний університет - 2013. - № 2. - С. 1-2.

17. Яцків В.В. Метод підвищення надійності передачі даних в безпроводних сенсорних мережах на основі системи залишкових класів // Радіоелектроніка та інформатика. – 2010, №2. – С.32–35.

18. Колганова О.О., Шутко В.М., Рибачук Я.А. Гібридні методи стиснення даних / О.О.Колганова., В.М. Шутко., Я.А. Рибачук. // Національний авіаційний університет - 2012. - № 1. - С. 1-4.

19. Гуйда О.Г., Негода А.М., Кушнір О.М., Гордєєв. Перспективи використання сплайн-функцій в технологіях стиснення цифрового відео / О.Г. Гуйда., А.М. Негода., О.М. Кушнір., М.Г. Гордєєв. // Національний авіаційний університет - 2010. - № 3-4. - С. 1-4.

20. В. М. Шутко, М. О. Шутко, О. О. Колганова, О. Д. Пономарчук. Методи та засоби стиснення інформації: Навчальний посібник . – Київ, 2012. – 166с.

21. Тарасов О.В., Онопко Є.В. Порівняльний аналіз методів стиснення інформації/ О.В. Тарасов, Є.В. Онопко. // Харківський національний економічний університет - 2011. - № 7. - С. 64-67.

22. Михалевський Д.В. Система передачі високоякісних звукових сигналів без втрат. / Д. В. Михалевський, В. М. Мельник, Є. С. Наугольних. // ISSN 2219-9365 Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах № 1' 2013 – 4с.
23. Росс Джон. Wi-Fi. Беспроводная сеть / Росс Джон // М.: НТ Пресс, 2007. – 320 с.
24. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. Практическое руководство по изучению, разработке и использованию беспроводных ЛВС стандарта 802.11 / Педжман Рошан, Джонатан Лиэри. – М.: Cisco Press Перевод с английского Издательский дом «Вильямс», 2004.
25. WLAN: практическое руководство для администраторов и профессиональных пользователей / Томас Мауфер. – М.: КУДИЦ-Образ, 2005.
26. Гитлиц М. В., Лев А. Ю. Теоретические основы многоканальной связи: Учебник, пособие для вузов связи. – М.: Радио и связь, 1985. – 248 с. 108
27. Левин Л. С. Цифровые системы передачи информации: Монография. / Л. С. Левин, М. А. Плоткин. – М.: Радио и связь, 1982. – 216 с, ил.
28. Ковалгин Ю.А., Вологодин Э.И. Цифровое кодирование звуковых сигналов// – СПб. - КОРОНА-принт, 2004. – 240 с.
29. Фокин В.Г. Оптические системы передачи и транспортные сети. Учебное пособие. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 271с.: ил.
30. Карякин В.Л. Цифровое телевидение: учебное пособие для вузов, 2-е изд., переработанное и дополненное / В.Л. Карякин. - М: СОЛОН-ПРЕСС, 2013. - 448 с.
31. Кириллов В.И. Многоканальные системы передачи: Учебник / В.И. Кириллов. – М.: Новое знание, 2002. – 751 с.: ил
32. Студийные параметры кодирования цифрового телевидения для стандартного 4:3 и широкоэкранный 16:9 форматов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: // [http://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.601-7-201103-I!!PDF-R.pdf](http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.601-7-201103-I!!PDF-R.pdf).
33. Михалевський Д. В. Дослідження Wi-Fi каналу для передачі мультимедійного трафіку / Д.В. Михалевський, Р.О. Красота, В.Є. Мондьяк // ВОТТП-13-2014: матеріали тринадцятої Міжнар. науково-технічної конф., Одеса, 3-8 червня 2014 р. – С. 175.

34. Зоренко Я.В., Дениско Н.В. Методика визначення раціональних параметрів кодування відеоінформації формату 4К / Я.В. Зоренко., Н.В Дениско. // «КПШ», Київ, Україна- 2016. - С. 42-50