

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації  
(повна назва)

Кафедра медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем  
(повна назва)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)  
(позначення документа)

Використання обчислювальних мереж в задачах медіавиробництва  
(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи МІм-22-1

Владислав ЗАДОРЖНЮК

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Медіаінженерія

(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. ЦЕХМІСТРО Р. І.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

Володимир КАРТАШОВ  
(прізвище, ініціали)

2023 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій та технічного захисту інформації

Кафедра Медіаінженерії та інформаційних радіоелектронних систем

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма " Медіаінженерія "

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

### ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Студентові Задорожнюку Владиславу Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Використання обчислювальних мереж в задачах медіавиробництва

затверджена наказом по університету від 20.10.2023 р. № 1224 Ст

2. Термін подання студентом роботи 10.01.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розгляд особливостей використання обчислювальних мереж в задачах медіавиробництва, аналіз параметрів протоколів та технологій передачі медіатрафіку. Розрахунок продуктивності системи при передачі медіатрафіку.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі:

ВСТУП; 1 Обчислювальні мережі; 2 Використання обчислювальних мереж в задачах медіавиробництва; 3 Аналіз параметрів протоколів та технологій передачі медіатрафіку; 4 Розрахунок продуктивності системи при передачі медіатрафіку;

ВИСНОВКИ;

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ;

ДОДАТКИ.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням обов'язкових креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій.

1. Постановка задачі.

2. Обчислювальні мережі.

3. Види топологій комп'ютерних мереж.

4. Технології передачі даних в комп'ютерних мережах.

5. Методи спільного доступу до ресурсів, обміну файлами, синхронізації робочих процесів за допомогою комп'ютерної мережі.

6. Характеристики аудіокодерів.

7. Характеристики стандартів відео кодерів.

8. Розрахунок продуктивності системи при передачі медіатрафіку


9. Результати розрахунків продуктивності медіа системи.

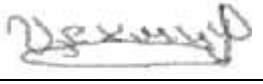
10. Висновки.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термин виконання етапів роботи	Примітка
1	Методи використання обчислювальних мереж в задачах медіавиробництва	01.09.23–27.09.23	
2	Аналіз параметрів протоколів та технологій передачі медіатрафіку, та аналіз продуктивності системи при передачі медіатрафіку	28.09.23–11.10.23	
3	Розрахунок продуктивності системи при передачі медіатрафіку	12.10.23–10.11.23	
4	Графічна частина проекту	11.11.23–03.12.23	
5	Перевірка керівником проекту	06.12.23-07.12.23	
6	Перевірка нормоконтролем	02.01.24–05.01.24	
7	Перевірка зав. кафедрою, рецензування	06.01.24–09.01.24	

Дата видачі завдання 20.10.2023 р.

Студент  Владислав ЗАДОРЖНЮК  
(підпис)

Керівник роботи  доц. ЦЕХМІСТРО Р.І.  
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи має: 50 с., 5рис., 4 табл., 3 додатка, 15 джерел.

ОБЧИСЛЮВАЛЬНА МЕРЕЖА, ТОПОЛОГІЯ МЕРЕЖ, ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ, СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ, АУДІОКОДЕК, ВІДЕОКОДЕК.

Об'єкт дослідження – використання обчислювальних мереж в задачах медіавиробництва.

Предмет дослідження – аналіз продуктивності системи при передачі медіаданих.

Мета кваліфікаційної роботи – розгляд методів використання обчислювальних мереж в задачах медіавиробництва. Вивчення технологій передачі медіаданих. У даній роботі розглянуто основні види топологій комп'ютерної мережі, наведено приклад технологій передачі даних, розглянуті методи спільного доступу до ресурсів, обміну файлами, синхронізації робочих процесів за допомогою комп'ютерної мереж, розрахована та проаналізована продуктивність системи при передачі медатрафіку.

## ABSTRACT

The explanatory note of the qualification work has: 50 pages, 4 figures, 4 tables, 1 appendix, 15 sources.

COMPUTER NETWORK, NETWORK TOPOLOGY, DATA TRANSMISSION TECHNOLOGIES, DATA STORAGE SYSTEMS, AUDIO CODEC, VIDEO CODEC.

The object of research is the use of computer networks in media production tasks.

The subject of research is the analysis of system performance during media data transmission.

The purpose of the qualification work is to consider the methods of using computer networks in media production. Study of media data transmission technologies. This paper describes the main types of computer network topologies, gives an example of data transmission technologies, considers methods of sharing resources, file sharing, synchronizing work processes using computer networks, calculates and analyzes system performance when transferring media traffic.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	3
ВСТУП .....	4
1 Обчислювальні мережі .....	5
1.1 Локальні обчислювальні мережі .....	5
1.2 Регіональні обчислювальні мережі .....	6
1.3 Глобальні комп'ютерні мережі .....	6
1.4 Поняття топології мереж.....	7
1.4.1 Види простої топології .....	8
1.5 Технології передачі даних в комп'ютерних мережах .....	11
1.5.1 Технологія передачі даних Fast Ethernet або "100Base-T" .....	11
1.5.2 Технологія передачі даних Fiber Channel.....	12
1.5.3 Технологія передачі даних FDDI (Fiber Distributed Data Interface). .....	14
1.5.4 Технологія передачі даних Integrated Services Digital Network (ISDN). .....	16
1.6 Протокольний набір TCP/IP.....	17
2 Використання обчислювальних мереж в задачах медіавиробництва.....	21
2.1 Обчислювальні мережі в медіавиробництві.....	21
2.1.1 Методи спільного доступу до ресурсів, обміну файлами, синхронізації робочих процесів за допомогою комп'ютерної мережі. ....	21
2.1.2 Системи зберігання та управління даними .....	24
2.1.3 Технології потокового передавання даних .....	27
2.1.4 Мережа доставки контенту (CDN).....	29
3 Аналіз параметрів протоколів та технологій передачі медіатрафіку .....	32
3.1 Актуальність аналізу обсягу передачі мультимедійного трафіку.....	32
3.2 Аналіз параметрів та характеристик аудіо та відео кодеків .....	32
4 Аналіз продуктивності системи при передачі медіатрафіку .....	41
4.1 Методи та механізми для уникнення перевантажень в IP- мережі.....	41

4.2 Розрахунок продуктивності системи при передачі агрегатних голосових та відео пакетів.....	42
ВИСНОВКИ.....	50
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	51
ДОДАТКИ.....	54

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

ОВ	-	Оптичні волокна;
ПК	-	персональний комп'ютер;
LAN	-	Local Area Network(локальна мережа);
ЛОМ	-	Локальна обчислювальна мережа;
ЗП	-	запам'ятовуючі пристрої.
OSI	-	The Open Systems Interconnection model
FDDI	-	Fiber Distributed Data Interface

## ВСТУП

На сьогодні обчислювальні мережі відіграють вагомую роль у виробництві медіа. З кожним днем мережеві технології стають невід'ємною частиною процесу створення, редагування, зберігання і поширення медійного контенту. Комп'ютерні мережі відіграють важливу роль у сучасних завданнях медіавиробництва, забезпечуючи спільну роботу, розповсюдження та ефективне управління робочим процесом. Мережі дають змогу в режимі реального часу співпрацювати членам команди, навіть якщо вони географічно розділені. Хмарні сховища та інструменти для спільної роботи забезпечують безперешкодний обмін і редагування медіафайлів. Відеофайли з високою роздільною здатністю, графічні зображення та аудіозаписи мають великий розмір і потребують високошвидкісної передачі даних. Мережі забезпечують інфраструктуру для швидкого і надійного обміну файлами, скорочуючи час виробництва за рахунок швидкого доступу до необхідних ресурсів. Вони забезпечують віддалений доступ до виробничих систем і обладнання. Це дає змогу фахівцям працювати з будь-якого місця, отримуючи віддалений доступ до монтажних комплексів, серверів або спеціалізованих програмних інструментів. Комп'ютерні мережі полегшують централізоване зберігання та управління медіаактивами. Системи управління цифровими активами (DAM) ефективно організовують, каталогізують і витягують медіафайли на всіх етапах виробництва. У теперішній час у комп'ютерних мережах зростає обсяг передачі мультимедійного трафіку. Одним із важливих чинників ефективного використання пропускної здатності IP каналу є вибір оптимального алгоритму кодування/декодування голосової інформації - кодека. У даній дипломній роботі буде розглянуто мережеві технології, що використовуються для медіовиробництва, а також проведено аналіз продуктивності системи при передачі медіатрафіку.

## 1. ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕРЕЖІ

Обчислювальна мережа це система, що забезпечує обмін даними між різними пристроями, такими як комп'ютери, сервери, маршрутизатори та інше обладнання. Для передачі даних можуть використовуватися різні середовища передачі. Окрім фізичних пристроїв і каналів передачі, обчислювальна мережа може бути описана як віртуальна або оверлейна, що означає, що вона функціонує логічно незалежно, але використовує ресурси фізичної мережі, такої як обчислювальна або телефонна, а також середовища передачі даних.

Ця мережева структура призначена для вирішення значних обчислювальних завдань, використовуючи алгоритми, математичні моделі та програмне забезпечення для одночасного або послідовного виконання різних операцій.

Комп'ютерні мережі, залежно від охопленої території, поділяються на:

- локальні (ЛОМ, LAN — Local Area Network);
- регіональні (РОМ, MAN — Metropolitan Area Network);
- глобальні (ГОМ, WAN — Wide Area Network).

### 1.1 Локальні обчислювальні мережі

Локальна мережа (ЛОМ) - це група пов'язаних одна з одною ЕОМ, розташованих на обмеженій території, наприклад, у будівлі. Відстані між ЕОМ у локальній мережі можуть досягати декількох кілометрів. Локальні мережі розгортаються зазвичай у межах деякої організації, тому їх називають також корпоративними мережами.

Вони призначені для обміну даними, ресурсами та інформацією між комп'ютерами, пристроями зберігання даних, принтерами та іншими мережевими пристроями всередині цієї локальної області. ЛОМ зазвичай організовані з використанням кабельної інфраструктури або бездротових технологій і вони дають змогу користувачам обмінюватися інформацією та ресурсами.

## 1.2 Регіональні обчислювальні мережі

Регіональні мережі (WAN - Wide Area Network) з точки зору архітектури і протоколів практично не відрізняються від глобальних. У регіональних мережах зазвичай не використовуються трансокеанські кабелі, але ця відмінність не може розглядатися як принципова. Регіональні мережі вирішують проблему формування з LAN (локальних мереж) мереж регіонів і цілих країн і навіть наднаціональних мереж (наприклад, E-BONE для Європи). Як правило, ці мережі будуються з використанням протоколів SDH, ATM, ISDN, Frame Relay або X.25. Архітектурно такі мережі формуються з каналів зі схемою точка-точка і потужних комутаторів-мультиплексорів. З таких фрагментів формуються й опорні мережі (BackBone), які дають змогу скоротити кількість кроків від вузла до вузла. У цих мережах здебільшого використовують оптоволоконні транспортні системи, а там, де це нерентабельно, супутникові або радіорелейні канали.

## 1.3 Глобальні комп'ютерні мережі

Глобальна комп'ютерна мережа, ГKM (англ. Wide Area Network, WAN) - комп'ютерна мережа, що охоплює великі території та включає в себе велику кількість комп'ютерів.

Глобальні комп'ютерні мережі (ГКМ) призначені для об'єднання різних мереж таким чином, щоб користувачі та комп'ютери, незалежно від їх місцезнаходження, могли спілкуватися з іншими учасниками світової мережі. Деякі з ГКМ створені для внутрішнього використання приватними організаціями, тоді як інші забезпечують зв'язок між корпоративними локальними мережами та Інтернетом або дозволяють взаємодіяти з віддаленими мережами, що входять до складу корпоративної структури.

Зазвичай ГКМ базуються на виділених лініях, де маршрутизатор на одному кінці підключається до локальних мереж, а комутатор забезпечує зв'язок з іншими частинами ГКМ. Основними протоколами, які використовуються в цих мережах, є TCP/IP, SONET/SDH, MPLS, ATM і Frame relay. Раніше широко використовувався протокол X.25, який можна вважати прадідом протоколу Frame relay.

#### 1.4 Поняття топології мереж

Топологія комп'ютерної мережі описує спосіб, яким комп'ютери пов'язані між собою та їх фізичні та логічні взаємозв'язки. Це особливо важливо для локальних мереж, де структура зв'язків чітко відображена, але менш суттєва для глобальних мереж, де шляхи зв'язку можуть бути різними.

Фізична топологія визначає фізичні з'єднання між пристроями, тоді як логічна топологія встановлює логічну організацію взаємодії між ними. Разом вони дають повну картину мережі.

Вибір топології впливає на обладнання, характеристики, можливості розширення та управління мережею. Для забезпечення спільного використання ресурсів комп'ютери повинні бути підключені між собою, зазвичай за допомогою кабелів або бездротових технологій.

Кожна топологія мережі має свої умови, наприклад, щодо типу кабелю та способу його викладання.

#### 1.4.1 Види простої топології

Топологія мережі визначає не лише фізичне розташування комп'ютерів, але й спосіб їх зв'язку, що є ключовим для визначення стійкості мережі до відмов, необхідної складності обладнання, методів управління обміном інформацією, типів передавальних середовищ, розміру мережі (довжини ліній зв'язку, кількості вузлів), а також потреби в електричному узгодженні та інших аспектах. Давайте розглянемо основні типи топологій мережі (рис. 1.1).

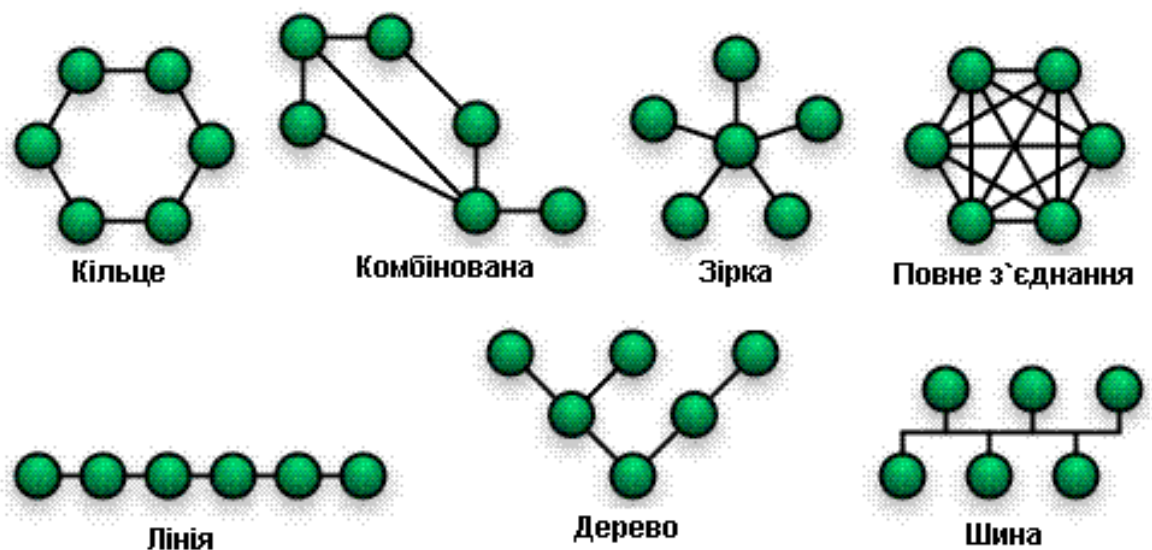


Рисунок 1.1 – Види топології комп'ютерної мережі

У топології шини комп'ютери з'єднані через коаксіальний кабель, утворюючи "спільну шину". Дані, передані з одного комп'ютера, розповсюджуються в обидві сторони шини. Це привабливо заради простоти установки кабелю та миттєвого доступу до всіх станцій мережі.

Однак головним недоліком такої схеми є її низька надійність: будь-яка пошкодження кабелю або роз'ємів може спричинити повний параліз мережі. Також ця топологія обмежує продуктивність, оскільки лише один комп'ютер може передавати дані у будь-який момент, а пропускна здатність каналу ділиться між усіма пристроями мережі.

У кільцевій конфігурації дані передаються по колу від одного комп'ютера до іншого, переважно в одному напрямку. Це тип топології, де кожна станція має по два з'єднання з іншими станціями. Якщо комп'ютер розпізнає дані як свої, вони копіюються у його внутрішній буфер. Так як виходження з ладу мережевого адаптера будь-якої станції перериває зв'язок між іншими станціями мережі, цей тип топології використовується як логічна топологія.

Топологія дерева, з точки зору структури, нагадує зіркову топологію, де окремі зовнішні мережеві пристрої спрямовують свій обмін даними лише до центрального мережевого пристрою або отримують дані від нього. Подібно до зіркової топології, окремі пристрої можуть бути відокремлені від мережі у випадку відмови одного з'єднання (гілки), наприклад, через аварію на лінії. У мережі з топологією дерева, є один особливий мережевий пристрій, який виступає коренем дерева.

Топологію сітки дістають із топології повного з'єднання шляхом видалення деяких можливих зв'язків. Це мережева топологія, в якій існують щонайменше два комп'ютери з двома або більше шляхами між ними.

Гібридна топологія мережі виникає, коли поєднуються дві або більше основних мережевих топологій, у результаті чого створюється нова структура, яка не відповідає жодній з основних визначених топологій.

Наприклад, коли об'єднують дві мережі зі звичайною зірковою топологією, результуюча мережа стає гібридною, оскільки не відповідає жодній з основних топологій. Також гібридна топологія може виникнути при поєднанні мереж з різними видами топологій.

Мережами з конфігурацією подвійного кільця є мережі FDDI. Вони володіють вбудованою надійністю через два паралельні кільця: основне кільце для передачі даних та допоміжне для управління сигналами. Якщо немає обривів у кабелі, дані можуть передаватися обома кільцями у протилежних напрямках. Але у випадку обриву кабелю або виходу з ладу однієї зі станцій, основне кільце автоматично об'єднується з допоміжним, утворюючи єдине кільце знову. Цей режим відомий як "завертання кілець" і гарантує неперервну роботу мережі у випадку виникнення проблем.

Лінійна (ланцюгова) топологія - це топологія, у якій кожний комп'ютер з'єднаний із попереднім та наступним відносно себе. Виникає з кільцевої при видаленні однієї гілки. Часом трактується як ідентично до шини.

Повнозв'язна топологія включає  $n*(n-1)/2$  каналів зв'язку для  $n$  вузлів. Ця структура відзначається високою надійністю, швидкістю та можливістю конфіденційної передачі даних. Однак створення такої мережі вимагає значних інвестицій.

### 1.5 Технології передачі даних в комп'ютерних мережах

Існують такі технології передачі інформації в комп'ютерних мережах: Fast Ethernet, IEEE 1394/USB, Fiber Channel, FDDI, X.25, Frame Relay, ATM, ISDN, ADSL, SONET. Перші чотири технології передачі даних: Fast Ethernet, IEEE 1394/USB, Fiber Channel і FDDI відносять до технологій локальних мереж. Ті, що залишилися, створювалися для глобальних каналів зв'язку.

### 1.5.1 Технологія передачі даних Fast Ethernet або "100Base-T"

Fast Ethernet або "100Base-T" - це високошвидкісна технологія передачі даних у локальних мережах. Правила передачі даних з використанням цієї технології визначаються стандартом IEEE 802.3u. Цей стандарт описує правила роботи протоколів другого рівня моделі OSI (канальний рівень) і надає можливість передачі даних зі швидкістю 100 Мбіт/с.

Технологія 100Base-T використовує CSMA/CD для керування доступом до передавального середовища. Її основа - масштабованість, яка дозволяє змінювати розміри мережі без значного впливу на продуктивність, надійність та управління. Для з'єднання використовується кабель UTP5, що є неекранованою крученою парою п'ятої категорії.

Мережі, що використовують CSMA/CD і технологію 10Base-T Ethernet, зручно переходять на більш високу швидкісну технологію 100Base-T. Це сприяє виробництву мережевих карт, що підтримують обидві технології: 10Base-T Ethernet і 100Base-T, з автоматичним визначенням швидкості та налаштуванням на відповідний режим. Такий підхід дозволяє легко співіснувати двом технологіям у мережі, що надає адміністраторам гнучкість у переході станцій з 10Base-T Ethernet на 100Base-T.

Використання технології 100Base-T має свої обмеження, особливо щодо довжини кабельних сегментів, у порівнянні з технологією 10Base-T Ethernet. Тоді як 10Base-T Ethernet дозволяє мережам мати діаметр до 500 метрів, технологія 100Base-T обмежує цей діаметр до 205 метрів. Для мереж, які перевищують цей ліміт, може знадобитися встановлення додаткових маршрутизаторів.

Технологія 10Base-T має потенціал у майбутньому через розробку нової Gigabit Ethernet (відомої як 1000Base-T або IEEE 802.3z), яка будується з урахуванням можливостей наявних кабельних систем на основі UTP5. Ця технологія дозволяє досягти швидкості передачі даних до 1000 Мбіт/с, що вдесятеро перевищує швидкість передачі за 100Base-T.

### 1.5.2 Технологія передачі даних Fiber Channel

Технологія Fiber Channel базується на використанні оптичного волокна для передачі даних і в даний час найбільш поширена у високошвидкісних мережевих системах зберігання даних (SAN - Storage Area Networks). Ці пристрої використовуються для створення високоефективних кластерних систем. Початково Fiber Channel був створений як інтерфейс для швидкого обміну даними між жорсткими дисками і процесором комп'ютера. Однак пізніше стандарт розширили, і тепер він визначає методи взаємодії не лише між системами зберігання даних, а й між вузлами кластерних систем та засобами зберігання.

Технологія Fiber Channel використовує спеціалізоване обладнання: оптичний кабель, комутатори та перетворювачі (GBIC - Gigabit Interface Converter). GBIC перетворює електричний сигнал у світловий і навпаки. Стандарт підтримує два типи оптичних кабелів: одномодовий (single-mode) і багатомодовий (multimode). Багатомодовий кабель має більший діаметр і дозволяє передавати кілька світлових хвиль одночасно. Одномодовий кабель передає дані однією світловою хвилею. Наявність декількох хвиль (корисних та паразитних) у кабелі погіршує характеристики передавання. У результаті, багатомодовий кабель дозволяє передавати дані на відстань, яка приблизно в 10 разів менша, ніж одномодовий, без потреби в підсилювачах сигналу.

Технологія Fiber Channel має кілька ключових переваг порівняно з іншими методами передачі даних. Перш за все, це висока швидкість передачі даних - 100 Мбіт/с. Друга важлива перевага - здатність передавати сигнали на значні відстані. Використання світлового сигналу дозволяє передавати дані на відстань до 10-20 км без необхідності у повторювачах (з одномодовим кабелем). Третя перевага - повний захист від електромагнітних перешкод. Це дозволяє використовувати оптичні засоби передачі в умовах з великою кількістю електромагнітних впливів. Четверта перевага - відсутність випромінювання сигналу навколо, що робить Fiber Channel привабливим для мереж з високими вимогами до захисту оброблюваних та збережених даних.

Основним недоліком технології Fiber Channel є її вартість: оптичний кабель з усіма супутніми його використанню роз'ємами та способами монтажу є суттєво дорожчим, ніж мідні кабелі.

### 1.5.3 Технологія передачі даних FDDI (Fiber Distributed Data Interface).

Для організації високошвидкісних локальних мереж використовується FDDI (Fiber Distributed Data Interface).

Технологія FDDI призначена не для безпосереднього з'єднання комп'ютерів, а для побудови високошвидкісних магістральних каналів зв'язку (backbone), що об'єднують кілька сегментів локальної мережі. Найпростішим прикладом такої магістралі є два сервери, з'єднані високошвидкісним каналом зв'язку, створеним на базі двох мережевих карт і кабелю. Так само, як і технологія 100Base-T, FDDI забезпечує швидкість передачі даних 100 Мбіт/с.

Мережа FDDI ґрунтується на подвійній фізичній кільцевій топології. Дані рухаються по кільцях у протилежних напрямках, одне з яких - первинне, а інше - вторинне. У нормальному режимі роботи, первинне кільце використовується для передачі даних, тоді як вторинне залишається у резервному стані.

У мережі FDDI кожен пристрій має роль повторювача. Ця технологія підтримує чотири типи вузлів: станцію з подвійним підключенням (DAS), станцію з одинарним підключенням (SAS), концентратор з подвійним підключенням (DAC) і концентратор з одинарним підключенням (SAC). DAS і DAC завжди підключені до обох кілець, тоді як SAS і SAC підключені лише до первинного кільця.

У мережі FDDI, якщо виникає розрив кабелю, пристрої DAS і DAC відновлюють працездатність мережі, обходячи непрацездатний сегмент і використовуючи вторинне кільце. FDDI використовує маркерний доступ для контролю доступу до передавального середовища та оптичний кабель для передачі. Топологія подвійного фізичного кільця гарантує надійність передачі даних, забезпечуючи роботу мережі навіть у разі обриву кабелю.

Крім того, стандарт FDDI має функції управління мережею. Існує також специфікація CDDI (Copper Distributed Data Interface) для будівництва мережі за технологією FDDI з використанням мідної крученої пари. Ця специфікація дозволяє знизити витрати на розгортання мережі за рахунок використання більш доступного мідного кабелю замість оптичного.

Основним недоліком FDDI є ціна побудови мережі. Мережеві карти і оптичний кабель для FDDI мають істотно більшу вартість, ніж для інших технологій, що забезпечують таку саму швидкість передачі даних. Специфіка монтажу оптичного кабелю вимагає додаткової підготовки фахівців, які виконують роботу з кабелем. Незважаючи на те, що мережеві карти CDDI

дешевші за FDDI, проте вони є більш дорогими, ніж мережеві карти 100Base-T.

#### 1.5.4 Технологія передачі даних Integrated Services Digital Network (ISDN)

Технологія ISDN дозволяє обмін цифровими даними через телефонні лінії, передаючи цифрові сигнали по цифрових телефонних мережах. Ці дані можуть включати відео, аудіо та інші форми інформації. ISDN має різні технологічні рішення для задоволення потреб клієнтів у продуктивності комунікаційних каналів.

Для приватних осіб і невеликих офісів, зазвичай, надають лінії BRI (Basic Rate Interface), які складаються з двох "несучих" (B - bearer) каналів з пропускнуою здатністю 64 Кбіт/с кожен для передачі даних і одного керівного каналу (D - delta) для управління та підтримки з'єднання.

Для великих компаній використовують лінії Primary Rate Interface (PRI), які представляють собою сукупність кількох цифрових ліній, що працюють паралельно для передачі даних. Ці групи ліній ідентифікуються як T1 і E1. У США стандартом є використання T1, що складається з 23 B-каналів і одного D-каналу із загальною пропускнуою здатністю 1,544 Мбіт/с.

ISDN вимагає застосування спеціального обладнання, що містить цифрові телефонні лінії, і перетворювачів (network termination unit - NT-1). NT-1 перетворює вхідний сигнал на цифровий, рівномірно розподіляє його по каналах для передавання і виконує діагностичний аналіз стану всієї лінії передавання даних. NT-1 є і точкою підключення до цифрової мережі різного устаткування: телефонів, комп'ютерів тощо. Переваги ISDN полягають у такому:

- збільшена швидкість обміну даними з додатковими можливостями інтеграції даних, голосу і відео в єдиний потік;
- з використанням ISDN ви маєте можливість передавати дані та голосовий трафік одночасно по одній телефонній лінії.

До недоліку ISDN належить повільне поширення у зв'язку з необхідністю перетворення наявної інфраструктури телефонних мереж, що неминуче тягне за собою істотні витрати.

## 1.6 Протокольний набір TCP/IP

TCP/IP розшифровується як Transmission Control Protocol/Internet Protocol і є набором комунікаційних протоколів, що використовуються для з'єднання мережевих пристроїв в Інтернеті. TCP/IP також використовується як протокол зв'язку в приватних комп'ютерних мережах (інтранет або екстранет).

Весь набір IP правил і процедур зазвичай називають TCP/IP. TCP та IP є двома основними протоколами, хоча до цього набору входять й інші. Набір протоколів TCP/IP функціонує як рівень абстракції між інтернет-додатками та мережею маршрутизації і комутації.

TCP/IP визначає, як відбувається обмін даними в Інтернеті, забезпечуючи наскрізний зв'язок, який визначає, як вони повинні бути розбиті на пакети, адресовані, передані, маршрутизовані та отримані в пункті призначення. TCP/IP вимагає невеликого централізованого управління і призначений для забезпечення надійності мереж з можливістю

автоматичного відновлення після виходу з ладу будь-якого пристрою в мережі.

Два основні протоколи в наборі IP виконують специфічні функції. TCP визначає, як програми можуть створювати канали зв'язку в мережі. Він також керує тим, як повідомлення збираються в менші пакети, перш ніж вони будуть передані через Інтернет і знову зібрані в правильному порядку за адресою призначення.

IP визначає, як адресувати і маршрутизувати кожен пакет, щоб переконатися, що він досягне потрібного місця призначення. Кожен комп'ютер-шлюз у мережі перевіряє цю IP-адресу, щоб визначити, куди переслати повідомлення.

Маска підмережі вказує комп'ютеру або іншому мережевому пристрою, яка частина IP-адреси використовується для представлення мережі, а яка - для представлення хостів або інших комп'ютерів у мережі.

Трансляція мережевих адрес (NAT) - це віртуалізація IP-адрес. NAT допомагає підвищити безпеку і зменшити кількість IP-адрес, необхідних організації.

До поширених протоколів TCP/IP відносяться наступні:

- протокол передачі гіпертексту (HTTP) забезпечує зв'язок між веб-сервером і веб-браузером;
- http Secure забезпечує безпечний зв'язок між веб-сервером і веб-браузером;
- протокол передачі файлів забезпечує передачу файлів між комп'ютерами.

TCP/IP може використовуватися для забезпечення віддаленого входу в мережу для інтерактивної передачі файлів, для доставки електронної пошти, для доставки веб-сторінок через мережу і для віддаленого доступу до файлової системи хоста сервера. У більш широкому сенсі, він використовується для представлення того, як інформація змінює свою форму, коли вона рухається мережею від конкретного фізичного рівня до абстрактного прикладного рівня. Він детально описує основні протоколи, або методи комунікації, на кожному з рівнів, через які проходить інформація.

Переваги та недоліки TCP/IP:

- допомагає встановити з'єднання між різними типами комп'ютерів;
- працює незалежно від операційної системи;
- підтримує багато протоколів маршрутизації;
- використовує архітектуру клієнт-сервер, яка має високу масштабованість;
- може працювати незалежно;
- підтримує декілька протоколів маршрутизації;
- легкий і не створює зайвого навантаження на мережу або комп'ютер.

До недоліків TCP/IP можна віднести наступні:

- складний в налаштуванні та управлінні;
- транспортний рівень не гарантує доставку пакетів;
- нелегко замінити протоколи в TCP/IP;
- не чітко розділяє поняття послуг, інтерфейсів та протоколів, тому не підходить для опису нових технологій у нових мережах;
- особливо вразлива до атаки синхронізації, яка є різновидом атаки на відмову в обслуговуванні, в якій злоумисник використовує TCP/IP.

В даному розділі було розглянуто структуру обчислювальних мереж, види їх топологій, проаналізовані основні технології передачі даних в комп'ютерних мережах та їх переваги та недоліки.

## 2 ВИКОРИСТАННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ МЕРЕЖ В ЗАДАЧАХ МЕДІАВИРОБНИЦТВА

### 2.1 Обчислювальні мережі в медіавиробництві

Обчислювальні мережі відіграють важливу роль у сучасному медіовиробництві, вони забезпечують передачу, зберігання, обробку та управління медійним контентом. Все це сприяє спільній роботі та колаборації між різними командами, що працюють над великими проектами. Завдяки обчислювальних мережам, дані можуть швидко обмінюватися між багатьма пристроями, що сприяє ефективній обробці та редагуванню великих обсягів медіа-контенту. Крім того, централізоване зберігання файлів набагато спрощує доступ до них та зменшує час та загальні витрати на управління даними.

Обчислювальні мережі також дозволяють досягати більшої аудиторії через різні платформи розповсюдження, що активно сприяє поширенню медіапродуктів. Крім того, можливість швидко розширювати та оновлювати мережу дозволяє адаптувати її до зростання потреб у медіапродукції та нових технологічних можливостей. Усе це робить комп'ютерні мережі основою для ефективного та інноваційного виробництва медіа-контенту.

#### 2.1.1 Методи спільного доступу до ресурсів, обміну файлами, синхронізації робочих процесів за допомогою комп'ютерної мережі.

Спільний доступ до ресурсів, обмін файлами та синхронізація робочих процесів у комп'ютерних мережах зазвичай здійснюються різними методами. Далі розглянемо деякі з основних методів.

Система контролю версій - це система, що записує зміни до файлу або набору файлів протягом часу та дає змогу повернутися пізніше до певної версії (рис. 1.2.). Для контролю версій файлів ви можете використовувати практично будь-які типи файлів.

Якщо ви хочете зберегти кожен зображення або макета, система контролю версій (далі VCS) - якраз те, що потрібно. Вона дає змогу повернути файли до стану, в якому вони були до змін, повернути проєкт до початкового стану, побачити зміни, побачити, хто востаннє міняв щось і спричинив проблему, хто поставив завдання і коли та багато іншого. Використання VCS також означає в цілому, що, якщо ви зламали щось або втратили файли, ви спокійно можете все виправити.

Однією з популярних VCS була система RCS, яка і сьогодні поширюється з багатьма комп'ютерами. RCS зберігає на диску набори патчів (відмінностей між файлами) у спеціальному форматі, застосовуючи які вона може відтворювати стан кожного файлу в заданий момент часу.

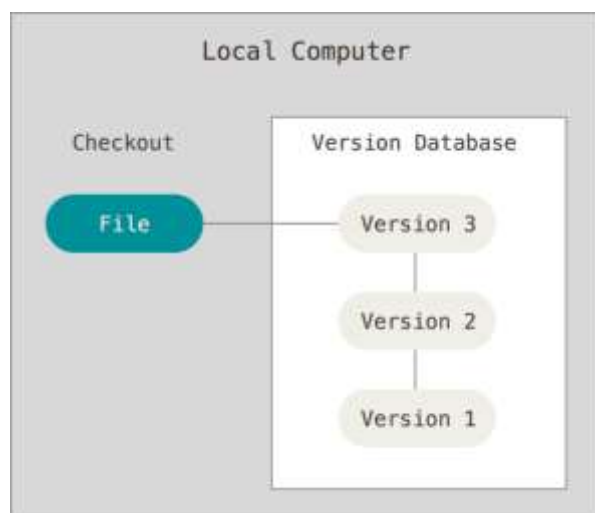


Рисунок 1.2 – Структура локального контролю версій файлів.

Системи спільної роботи є ключовим інструментом для колективного ведення проектів та співпраці у реальному часі. Вони дозволяють кільком користувачам одночасно працювати над тими ж файлами, обмінюватися інформацією та спільно редагувати контент, що значно полегшує комунікацію та співпрацю у зручному онлайн середовищі.

Google Docs, Microsoft Office 365 та Dropbox - це серед найпопулярніших систем спільної роботи. Вони пропонують онлайн-інструменти для редагування текстових документів, електронних таблиць, презентацій та інших файлів у реальному часі, дозволяючи багатьом користувачам одночасно працювати над тими ж файлами, вносити зміни та бачити їхню динаміку.

Системи управління проектами дозволяють організовувати робочі процеси, розподіляти завдання та ресурси, вести облік прогресу робіт. Asana, Trello, Jira - це приклади таких систем.

За допомогою системи управління проектами можна призначити чіткі ролі та обов'язки проектній команді, створити детальний план і графік проекту, скласти карту критичного шляху, щоб зрозуміти свої найважливіші проектні дії, встановити віхи, щоб не відставати від графіка, і проводити регулярні звіти для моніторингу прогресу.

### 2.1.2 Системи зберігання та управління даними

Мережеві технології полегшують зберігання та управління медійними файлами. Хмарні системи зберігання даних SAN (Storage Area Network) і NAS (Network Attached Storage) надають гнучкість і масштабованість для зберігання медійного контенту.

Мережеві сховища (NAS) або хмарні рішення для зберігання даних використовуються для централізованого зберігання та безпечного керування

великими обсягами медіа-активів. Це полегшує доступ і пошук файлів, коли вони потрібні під час виробництва.

Мережевий накопичувальний накопичувач (NAS) - це спеціалізований сервер, який також називають пристроєм, який використовується для зберігання та обміну файлами. NAS - це жорсткий диск, приєднаний до мережі, який використовується для зберігання і доступ до нього через призначену мережеву адресу. Він діє як сервер для спільного використання файлів, але не дає інших служб (наприклад, електронну пошту чи автентифікацію). Це дозволяє додавати більше доступного простору пам'яті до доступних мереж, навіть коли система вимикається під час обслуговування.

NAS - це повна система, розроблена для важких мережевих систем, яка може обробляти мільйони транзакцій в хвилину. NAS пропонує широко підтримувану систему зберігання даних для будь-якої організації, яка потребує надійної мережевої системи.

NAS дозволяє організаціям та домашнім комп'ютерним мережам зберігати та витягувати дані масою за доступною ціною.

Наступні три компоненти відіграють важливу роль в NAS:

- протокол NAS;
- NAS Connections;
- приводи NAS.

Для цього можна використовувати будь-яку технологію, але SCSI використовується за замовчуванням. Диски ATA, оптичні диски та магнітні носії також підтримують NAS.

Мережа зберігання даних (Storage Area Network, SAN) - це спеціалізована високошвидкісна мережа, яка забезпечує мережевий доступ до пристроїв зберігання даних. SAN зазвичай складається з хостів,

комутаторів, елементів зберігання та пристроїв зберігання, які з'єднані між собою за допомогою різних технологій, топологій і протоколів (рис. 1.3.).

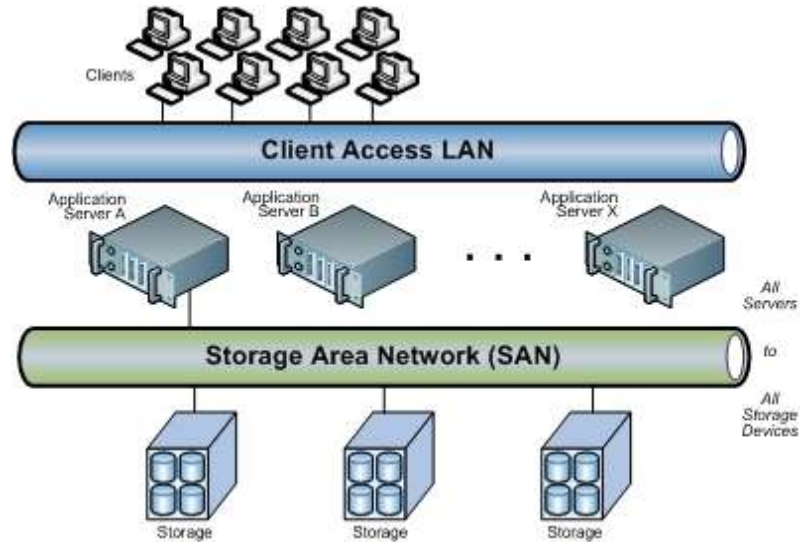


Рисунок 1.3 – Структура мережі зберігання даних SAN.

SAN представляє пристрої зберігання даних на хості так, що вони виглядають як локально підключені. Таке спрощене представлення сховища хосту досягається завдяки використанню різних типів віртуалізації.

SAN зачасту використовують для:

- підвищення доступності;
- підвищення продуктивності додатків;
- підвищити якість використання та ефективність сховища.

### 2.1.3 Технології потокового передавання даних

Технології потокового передавання даних растосовуються для ефективного потокового передавання відео та аудіо контенту через мережу. Протоколи потокового передавання, як-от RTMP (Real-Time Messaging

Protocol), HLS (HTTP Live Streaming) і MPEG-DASH, забезпечують високу якість передавання даних.

RTMP - це мережевий протокол або система, яка використовується для потокового передавання медіаконтенту через інтернет на основі технології Transmission Control Protocol (TCP).

TCP - це один із компонентів, що складають набір інтернет-протоколів. Іншим важливим компонентом є інтернет-протокол, також званий IP.

Протокол RTMP використовується багатьма популярними медіаплеєрами, зокрема Adobe Flash Player, VLC Media Player, QuickTime Player і Windows Media Player. RTMP також підтримується деякими веб-браузерами, включно з Google Chrome і Mozilla Firefox.

HLS (HTTP Live Streaming) - це комунікаційний протокол для потокового передавання медіа на основі HTTP, розроблений компанією Apple як частина програмного забезпечення QuickTime, Safari, OS X і iOS. В основі роботи лежить принцип розбиття цільного потоку на невеликі фрагменти, які послідовно завантажуються по HTTP. Потік безперервний і теоретично може бути нескінченним. На початку сесії завантажуються плей-лист у форматі M3U, що містить метадані про наявні вкладені потоки. HTTP Live Streaming (HLS) - це не тільки найпоширеніший, а й один із найстаріших HTTP-протоколів передачі відео.

Однією з переваг HLS є те, що всі під'єднані до Інтернету пристрої підтримують протокол HTTP, що спрощує його реалізацію, ніж протоколи потокового передавання, які потребують використання спеціалізованих серверів. Ще одна перевага полягає в тому, що потік HLS може підвищувати або знижувати якість відео залежно від стану мережі без переривання відтворення. Ось чому якість відео може поліпшуватися або погіршуватися в середині відео, коли користувач його дивиться. Ця функція відома як "доставка відео з адаптивною швидкістю передачі" або "адаптивний

стримінг", і без неї повільні мережеві умови можуть повністю зупинити відтворення відео.

HLS - це важливий протокол для потокового мовлення в прямому ефірі. Процес прямої трансляції виглядає приблизно так:

- пристрої захоплення (камери, мікрофони тощо) захоплюють контент;
- контент відправляється з пристрою захоплення на кодувальник живого відео;
- кодер передає контент на платформу відеохостингу за протоколом RTMP;
- платформа відеохостингу використовує HLS ingest для передачі контенту на відеоплеєр HTML5.

Цей процес вимагає двох основних програмних рішень: HLS-кодера для живого відео і потужної платформи відеохостингу.

#### 2.1.4 Мережа доставки контенту (CDN)

Мережа доставки контенту (CDN) - це мережа взаємопов'язаних серверів, яка прискорює процес завантаження веб-сторінок додатків із високим навантаженням. Аббревіатура CDN розшифровується як "content delivery network" (мережа доставки контенту) або "content distribution network" (мережа розподілу контенту). Коли користувач заходить на веб-сайт, дані, що зберігаються на сервері цього веб-сайту, проходять через Інтернет, перш ніж досягти комп'ютера користувача. Якщо користувач знаходиться далеко від сервера, такі великі файли, як відео або зображення, можуть довго завантажуватися. Замість цього контент веб-сайтів зберігається на серверах CDN, які географічно розташовані ближче до користувачів і тому можуть набагато швидше досягти їхніх комп'ютерів.

Основна функція мережі доставки контенту (CDN) - це скорочення затримок під час передачі даних, спричинених особливостями проектування мережі. У зв'язку з глобальним і складним характером Інтернету дані передаються від веб-сайтів (серверів) до користувачів (клієнтів) на великі фізичні відстані. Крім того, передача даних відбувається на двосторонній основі, тобто клієнти відправляють запити на сервери, від яких їм надходять відповіді.

CDN підвищує ефективність, впроваджуючи проміжні сервери між клієнтами і серверами веб-сайтів. Такі сервери CDN керують деякими передачами даних між клієнтами і серверами. Вони скорочують мережевий трафік на веб-серверах, зменшують пропускну здатність і покращують зручність користування вашими додатками.

Мережі доставки контенту (CDN) забезпечують безліч можливостей, які підвищують продуктивність веб-сайтів і підтримують інфраструктуру базової мережі. Наприклад, CDN може виконувати зазначені нижче завдання.

- скорочення часу завантаження сторінок;
- зменшення вартості забезпечення пропускну здатності;
- підвищення доступності контенту;
- підвищення безпеки веб-сайтів.

Обсяг трафіку веб-сайтів зменшується при повільному завантаженні сторінок. За допомогою CDN можна знизити показник відмов і збільшити час перебування користувачів на сайті.

Покриття вартості пропускну спроможності мережі потребує значних витрат, оскільки з кожним вхідним запитом на веб-сайт така пропускну спроможність знижується. За допомогою кешування та інших методів оптимізації мережі CDN скорочують кількість даних, які повинен надати сервер джерела, завдяки чому власники веб-сайтів можуть зменшити витрати на хостинг.

Висока відвідуваність або збої мережевого обладнання можуть призвести до поломки веб-сайтів. Сервіси CDN можуть впоратися з великим обсягом мережевого трафіку і знизити навантаження на веб-сервери. Крім того, коли один або кілька серверів CDN відключаються, їх можуть замінити інші робочі сервери, таким чином забезпечуючи безперебійне обслуговування.

Розподілені атаки типу "відмова в обслуговуванні" (DDoS) намагаються зупинити додатки, відправляючи велику кількість фальшивого трафіку на веб-сайти. Мережі CDN справляються з піками трафіку, розподіляючи навантаження між кількома проміжними серверами, що дає змогу зменшити вплив на сервер джерела.

В даному розділі було проаналізовано роль вичислювальних мереж в заданых медіавирююництва, методи спільного доступу до ресурсів, обміну файлами, синхронізації робочих процесів за допомогою комп'ютерної мережі та розглянуто мережі доставки контенту.

## 3 АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ ПРОТОКОЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕДАЧІ МЕДІАТРАФІКУ

### 3.1 Актуальність аналізу обсягу передачі мультимедійного трафіку

В теперішній час в комп'ютерних мережах зростає обсяг передачі мультимедійного трафіку. Одним з важливих чинників ефективного використання пропускної здатності IP каналу, є вибір оптимального алгоритму кодування/декодування голосової інформації – кодека.

Метою даного розділу є аналіз інформаційних характеристик технологій, протоколів та кодеків систем передачі медіа трафіку.

### 3.2 Аналіз параметрів та характеристик аудіо та відео кодеків

Кодеки вміють як стискувати, так і розшифровувати потоки даних. Зазвичай вони використовуються для обробки аудіо та відео, застосовуючи методи стиснення з втратами для зменшення розміру файлів. Хоча існують кодеки без втрат, для більшості випадків переважають ті, які втрачають деяку інформацію, оскільки непомітне зниження якості виправдовується значним скороченням обсягу даних. Однак при подальшій обробці втрати під час кодування/декодування можуть суттєво вплинути на якість, що робить це правило нестійким лише в цьому випадку. Всі існуючі сьогодні типи голосових кодеків за принципом дії можна розділити на три групи:

Кодеки із імпульсно-коровою модуляцією (ІКМ) та адаптивною диференціальною імпульсно-коровою модуляцією (АДІКМ) виникли наприкінці 50-х років і зараз застосовуються у традиційних телефонних системах. В основному, це поєднання аналого-цифрового та цифро-аналогового перетворення сигналів.

Кодеки, що використовують вокодерне перетворення мовного сигналу, виникли у мобільних системах зв'язку для зменшення потреб у пропускій здатності радіоканалу. Ця категорія кодеків використовує гармонійний синтез сигналу, базуючись на вокальних компонентах (фонемах). Більшість таких кодеків зазвичай реалізовані у вигляді аналогових пристроїв.

Гібридні (комбіновані) кодеки поєднують в собі технологію вокодерного перетворення мови, але працюють з цифровим сигналом, використовуючи спеціалізовані цифрові сигнальні процесори (DSP). Вони об'єднують у собі ІКМ або АДІКМ кодеки та цифрові методи вокодування.

Розглянемо основні кодеки, які використовують в шлюзах ІР телефонії операторського рівня.

Кодек G.711. Це кодек, що використовує імпульсно-кодове модулювання (ІКМ) для перетворення аналогового сигналу з точністю 8 біт та тактовою частотою 8 кГц. Цей кодек просто компресує амплітуду сигналу. Швидкість передачі даних на виході перетворювача складає 64 кбіт/с (8 біт \* 8 кГц). Щоб зменшити шум квантування та покращити перетворення сигналів з низькою амплітудою, використовується нелінійне квантування, застосоване згідно з псевдо-логарифмічним законом: або А-закон для європейської системи ІКМ–30/32, або  $m$ -закон для північноамериканської системи ІКМ–24. Кодек G.711 широко використовується в традиційних телефонних системах з комутацією каналів. Однак у шлюзах ІР телефонії його застосування рідко зустрічається через високі вимоги до пропускій здатності та затримок у каналах передачі. Використання G.711 в системах ІР телефонії виправдане лише тоді, коли необхідно забезпечити найвищу якість кодування голосу при невеликій кількості одночасних розмов.

Кодек G.723.1. Рекомендація G.723.1 описує гібридні кодеки, що використовують технологію кодування мовної інформації, відому як MP-MLQ (Multy-Pulse Multy Level Quantization — багаторівневе імпульсне

квантування). Ці кодеки поєднують у собі аналого-цифрове перетворення та методи вокодування. Завдяки використанню вокодера знижується швидкість передачі даних у каналі, що має велике значення для ефективного використання радіотракту та IP-каналів.

Основний принцип вокодера полягає у синтезі вихідного мовного сигналу через адаптивну заміну його гармонійних складових відповідним набором частотних фонем та узгодженими шумовими коефіцієнтами. Кодек G.723.1 спочатку перетворює аналоговий сигнал у потік даних швидкістю 64 кбіт/с (ІКМ), а потім застосовує багатосмуговий цифровий фільтр/вокодер для виділення частотних фонем, аналізує їх та передає лише інформацію про поточний стан фонем по IP-каналу.

Цей метод дозволяє знизити швидкість кодування до 5,3 та 6,3 кбіт/с без помітного втручання у якість передачі мови. Кодек має дві швидкості та два варіанти кодування: 6,3 кбіт/с із алгоритмом MP-MLQ і 5,3 кбіт/с із алгоритмом CELP. G.723.1 широко використовується у голосових шлюзах.

Кодек G.728 використовує оригінальну технологію LD-CELP (low delay code excited linear prediction — прогнозування лінійного збудження з низькою затримкою) і гарантує оцінки MOS, аналогічні тим, що має АДІКМ G.726, при швидкості передачі 16 кбіт/с. Цей кодек спеціально розроблявся як більш вдосконалена заміна АДІКМ для обладнання, яке ущільнює телефонні канали.

Кодек G.729 включає в себе варіанти G.729 Annex A та G.729 Annex B, які мають у своєму складі VAD та генератор комфортного шуму. Ці кодеки, скорочено називаючи CS-ACELP, використовують сполучену структуру з керованим алгебраїчним кодом та кодом лінійного передбачення. Швидкість кодування голосового сигналу становить 8 кбіт/с.

Основні характеристики розглянутих варіантів кодеків представлені у таблицях 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 – Характеристики аудіо кодеків

Кодек	Метод компресії	Швидкість, кбіт/с	Складність реалізації	Якість	Затримка, мс	Тривалість кадру, мс	Оцінка МОС
G.711	PCM	64	низька	дуже добра	дуже низька (0,125 мс)	0,125	4,1
G.729	CS-ACELP	8	помірна 25 MIPS	добра	середня (15 мс)	10	3,92
G.726	ADPCM	32/24/ 16	Низька 8 MIPS	добра (32), погана (16)	дуже низька (0,125 мс)	0,125	3,85 (32к)
G.723.1	MP-MLQ	5,3/6,4	помірна 16 MIPS	середня / добра	висока (37,5 мс)	30	3,7/3,9
G.728	LD-CELP	16	дуже висока 40 MIPS	добра	дуже низька (3...5)	4	3,61

Таблиця 3.2 – Інформаційні параметри аудіо кодеків

Тип аудіо кодера	Алгоритм кодирования	$R_{\text{cod}}$ , кбіт/с	$\tau_{\text{ac}}$ , мс	$\tau_{\text{la}}$ , мс	$\tau_{\text{cod}}$ , мс	$I_{\text{cod}}$ , біт
G.711	PCM	64	0,125	0	0,125	8
G.726	ADPCM	32	0,125	0	0,125	4*
G.723.1	MP-MLQ	6,3	30	7,5	37,5	189*
	ACELP	5,3	30	7,5	37,5	159*
G.729	CS-ACELP	8	10	5	15	80

\* – обсяг даних аудіо кодера доповнюється до цілого числа байт

Для стиснення відео можуть використовуватися різні стандарти. Але при цьому, можна стиснути відео абсолютно різними інструментами або

програмними засобами, що дає на виході абсолютно різні результати.

Стандарт H.261 для відеокодування був затверджений ІТУ-Т у 1990 році для передачі даних через мережу ISDN, де швидкості передачі кратні 64 кбіт/с. Він відноситься до сімейства стандартів H.26x для кодування відео та є частиною роботи експертної групи з кодування відео VCEG (Video Coding Experts Group) у складі ІТУ-Т.

Цей алгоритм кодування був розроблений для передачі відео на швидкостях від 40 кБіт/с до 2 МБіт/с. Стандарт підтримує формати CIF (Common Intermediate Format) та QCIF (Quarter Common Intermediate Format) з розмірами кадрів  $352 \times 288$  та  $176 \times 144$  відповідно (і використовує проріджування кольірних компонентів 4:2:0 до розмірів  $176 \times 144$  та  $88 \times 72$ ).

Стандарт H.263 був ухвалений ІТУ-Т 6 лютого 1998 року з метою кодування відео з низьким бітрейтом. Цей стандарт базується на рекомендації H.261, але вдосконалений для більш ефективного кодування та більшої стійкості до помилок через складнішу реалізацію.

Основна відмінність полягає у використанні напівпиксельної точності у алгоритмах компенсації руху, що відрізняється від піксельної точності в H.261. Також в H.263 застосовується згладжуючий фільтр для вилучення високочастотних просторових складових кадру, що підвищує ефективність процесу компенсації руху.

Стандарт H.264, відомий також як MPEG-4 Part 10 або AVC (Advanced Video Coding), є ліцензованим стандартом стиснення відео, призначеним для досягнення високого ступеня стиснення без втрати якості. Його основною метою є забезпечення високої якості відео при значному скороченні обсягу даних відеопотоку. Цей стандарт був розроблений спільно ІТУ-Т групою VCEG та ISO/IEC Moving Picture Experts Group (MPEG) в рамках спільної програми JVT (Joint Video Team).

MPEG (Moving Picture Experts Group) представляє собою групу стандартів для стиснення цифрової інформації, розроблених і стандартизованих експертною групою фахівців, утвореною під егідою ISO в 1988 році. Першим у цьому сімействі став вихідний стандарт відео та аудіо компресії MPEG-1. MPEG-1 був призначений для зберігання мультимедійної інформації на стандартних CD-ROM.

У 1995 році був розроблений стандарт MPEG-2, який в подальшому отримав широке застосування в цифрових відеодисках DVD та при передачі сигналу кабельного та супутникового телебачення. Цей стандарт забезпечував значно вищу якість зображення: при 25 кадрах в секунду роздільна здатність екрану складала 720x576 точок для системи змінної фази PAL (Phase Alternating Line), а для системи національного комітету з телевізійних стандартів NTSC (National Television Standards Committee) — 720x480 при 30 кадрах/с. При цьому середня максимальна ширина потоку становила 9,8 Мбіт/с, що практично в 7 разів перевищувало Video CD. Ще однією очевидною перевагою MPEG-2 була можливість збереження п'ятиканальної аудіодоріжки (Dolby Digital 5.1 і DTS).

У 1998 році було представлено нове сімейство форматів стиснення відео MPEG-4, розроблене з метою покращення якості зображення при низьких швидкостях потоку даних. MPEG-2, спрямований на використання високих бітрейтів, не міг оптимально впоратися з цією задачею, тому алгоритми стиснення довелося значно модифікувати. Крім того, MPEG-2 не був придатним для зберігання відео високої чіткості (HD) з роздільною здатністю екрану від 1280x720 до 1920x1080 пікселів, що все більше набуває популярності. Середня максимальна ширина потоку дорівнює 9,8 Мбіт/с.

Характеристики відео-кодеків представлені в таблицях 3.3 та 3.4.

Таблиця 3.3 – Характеристики стандартів відео кодеків

Стандарти	Ширина відео потоку	Глибина кольору, біт	Частота кадрів, за с	Якість зображення	Роздільна здатність екрану
H.261	64 кбіт/с	8 (256 кольорів)	25 30	низька	352×288 176×144
H.263	64/128 кбіт/с	8 (28 кольорів)	25 30	середня	352×288 176×144
H.264	265 кбіт/с	16 (216 кольорів)	25	добра	640×480
MPEG-1	до 1,5 Мбіт/с	16 (216 кольорів)	25 30	добра	352×288 352×240
MPEG-2	9,8 Мбіт/с	24 (224 кольорів)	25 30	добра	720×576 720×840
MPEG-4	9,8 Мбіт/с	24 (224 кольорів)	25 30	добра	1280×720 1920×1080

Таблиця 3.4 – Інформаційні параметри профілів відео кодека H.264/AVC

Інформаційні параметри	Профілі кодека H.264/AVC			
	1	1b	1.1	1.2
Кількість макроблоків у кадрі зображення $h_{mbl}$	99	99	396	396
Макс. кількість макроблоків за секунду $\chi_{mbl}$	1485	1485	3000	6000
Кількість пікселів у макроблоці $P_{mbl}$ , біт	256	256	256	256
Кількості інформації у пікселі $I_p$ , біт	16	16	16	16
Кількість інформації у макроблоці $I_{cod}$ , біт	4096	4096	4096	4096

В даному розділі були розглянуті основні види аудіо та відеокодеків, проведено аналіз їх характеристик для подальшого розрахунку продуктивності системи при передачі медіатрафіку.

## 4 АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ПРИ ПЕРЕДАЧІ МЕДІАТРАФІКУ

### 4.1 Методи та механізми для уникнення перевантажень в IP-мережі

Ефективна передача медіаданих через IP-мережу вимагає уважного балансу між завантаженням ресурсів мережі та забезпеченням високої якості обслуговування. Ця проблема вирішується за допомогою різноманітних методів та механізмів для уникнення перевантажень в IP-мережі, таких як динамічна оптимізація шляхів передачі трафіку, використання ефективних методів комутації пакетів, управління чергами в вузлах мережі та використання механізмів фрагментації пакетів. Особливу увагу приділяють дослідженням навантаження в каналах взаємодіючих систем, зокрема, при передачі голосових та відеокадрів.

Метою даної роботи є аналіз продуктивності в каналах взаємодіючих систем при передачі даних кодеків IP телефонії.

Основними параметрами, які впливають на трафік медіа потоків є кількість корисної інформації аудіо та відео кодера  $I_{\text{cod}}$ , кількість службової інформації протоколів медіа системи  $\Delta I_{\text{sys}}$ , продуктивність кодера  $\chi_{\text{cod}}$ , швидкість кодування інформації кодером  $R_{\text{cod}}$  та швидкість передачі інформації медіа пакетів на виході системи  $R_{\text{cod}}$ .

Продуктивність відео кодера  $\chi_{\text{cod}}$  при відсутній агрегації макроблоків у медіа пакет визначають за формулою  $\chi_{\text{cod}} = \chi_{\text{mbl}}$ .

Продуктивність аудіо кодера  $\chi_{\text{cod}}$  при відсутній агрегації голосових кадрів у медіа пакет визначають за швидкістю кодування  $R_{\text{cod}}$  голосової інформації та кількістю інформації  $I_{\text{cod}}$  у голосових кадрах кодера :

$$\chi_{\text{cod}} = R_{\text{cod}} / I_{\text{cod}} . \quad (4.1)$$

При агрегації  $g$  кадрів кодера в медіа пакет продуктивність генерування кодером агрегатних медіа пакетів  $\chi_{\text{agg}}$  зменшується, а кількість інформації у агрегатному медіа пакеті кодера  $I_{\text{agg}}$  збільшується:

$$\chi_{\text{agg}} = \chi_{\text{cod}} / g , \quad (4.2)$$

$$I_{\text{agg}} = g I_{\text{cod}} . \quad (4.3)$$

4.2 Розрахунок продуктивності системи при передачі агрегатних аудіо та відео пакетів.

Продуктивність медіа системи залежить від продуктивності медіа (аудіо, відео) кодеків і не залежить від застосовуваних транспортних протоколів. Використовуючи формулу (4.2) проведемо аналіз продуктивності системи при передачі агрегатних голосових та відео пакетів. Розрахуємо продуктивність аудіо кодера  $\chi_{\text{cod}}$  та продуктивність генерування кодером агрегатних медіа пакетів  $\chi_{\text{agg}}$ .

Розрахунок продуктивності системи при передачі аудіо трафіку у залежності від кількості голосових кадрів в агрегатному аудіо пакеті.

Для аудіокодерів G.711, G.726:

- $X_{cod}=64000:8=8000$ ;
- $X_{agg}=8000:1=8000$  пакет/с, при  $g=1$ ;
- $X_{agg}=8000:2=4000$  пакет/с, при  $g=2$ ;
- $X_{agg}=8000:3=2666$  пакет/с, при  $g=3$ ;
- $X_{agg}=8000:4=2000$  пакет/с, при  $g=4$ ;
- $X_{agg}=8000:10=800$  пакет/с, при  $g=10$ ;
- $X_{agg}=8000:50=160$  пакет/с, при  $g=50$ ;
- $X_{agg}=8000:150=53,33$  пакет/с, при  $g=150$ ;
- $X_{agg}=8000:200=40$  пакет/с, при  $g=200$ .

Для аудіокодера G729:

- $X_{cod}=8000:80=100$ ;
- $X_{agg}=100:1=100$  пакет/с, при  $g=1$ ;
- $X_{agg}=100:2=50$  пакет/с, при  $g=2$ ;
- $X_{agg}=100:3=33,33$  пакет/с, при  $g=3$ ;
- $X_{agg}=100:4=25$  пакет/с, при  $g=4$ ;
- $X_{agg}=100:10=10$  пакет/с, при  $g=10$ .

Для аудіокодера G723.1:

- $X_{cod}=6300:189=33,33$ ;
- $X_{agg}=33,33:1=33,33$  пакет/с, при  $g=1$ ;
- $X_{agg}=33,33:2=16,66$  пакет/с, при  $g=2$ ;
- $X_{agg}=33,33:3=11,11$  пакет/с, при  $g=3$ ;
- $X_{agg}=33,33:4=8,33$  пакет/с, при  $g=4$ .

Результати розрахунків продуктивності системи при передачі аудіо трафіку у залежності від кількості голосових кадрів в агрегатному аудіо

пакеті представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Продуктивність системи при агрегації  $g$  голосових кадрів

Тип аудіо кодера	Продуктивність системи $\chi_{agg}$ , пакет/с								
	$g = 1$	$g = 2$	$g = 3$	$g = 4$	$g = 10$	$g = 50$	$g = 100$	$g = 150$	$g = 200$
G.711, G.726	8000	4000	2666	2000	800	160	80	53,33	40
G.729	100	50	33,33	25	10	-	-	-	-
G.723.1	33,33	16,66	11,11	8,33	-	-	-	-	-

Агрегація голосових кадрів більш ефективна для високошвидкісних кодерів. Зокрема, при агрегації 100 кадрів кодера G.711 у пакет продуктивність системи зменшується до 80 пак/с, а затримка збільшується до 12,5 мс, що не перевищує продуктивності та затримки кодера G.729 при відсутній функції агрегації кадрів. При агрегації голосових кадрів аудіо кодерів G.729 та G.723.1 у пакет через збільшення затримки агрегації пакету варто обмежити кількість агрегатних кадрів у пакеті значеннями  $g = 10$  та  $g = 4$  відповідно (рис. 4.1).

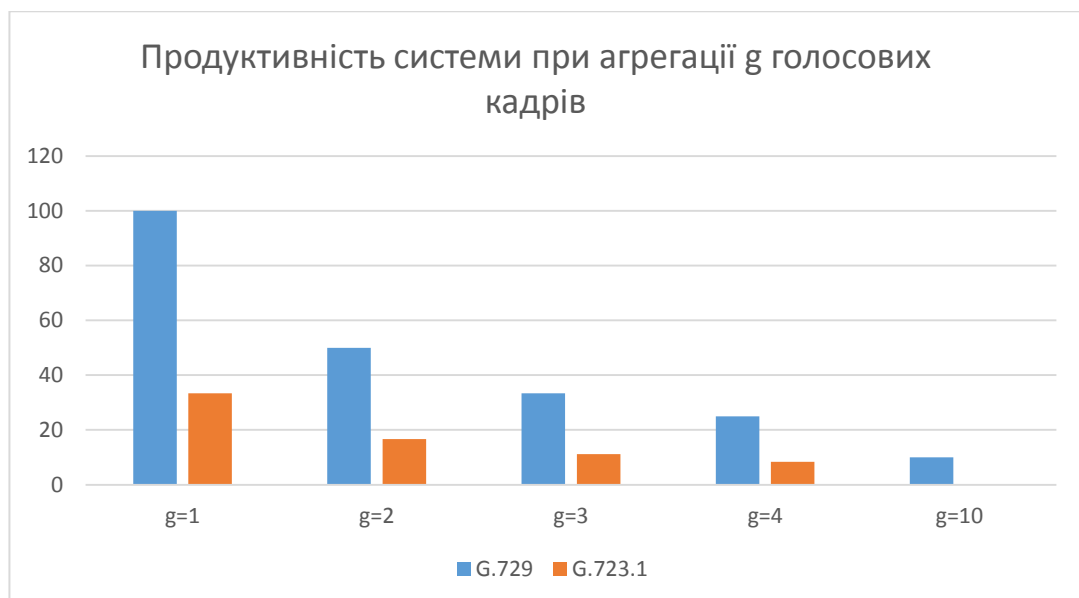


Рисунок 4.1 – Продуктивність системи при агрегації  $g$  голосових кадрів

Розрахунок продуктивності медіа системи з відео кодеками H.264/AVC у залежності від кількості макроблоків в агрегатному відео пакеті.

Для рівню кодера 1:

- $X_{agg}=1485:1=1485$  пакет/с, при  $g=1$ ;
- $X_{agg}=1485:2=742,5$  пакет/с, при  $g=2$ ;
- $X_{agg}=1485:3=495$  пакет/с, при  $g=3$ ;
- $X_{agg}=1485:4=371,2$  пакет/с, при  $g=4$ ;
- $X_{agg}=1485:5=297$  пакет/с, при  $g=5$ ;
- $X_{agg}=1485:6=247,5$  пакет/с, при  $g=6$ ;
- $X_{agg}=1485:7=212,1$  пакет/с, при  $g=7$ ;
- $X_{agg}=1485:8=185,6$  пакет/с, при  $g=8$ ;
- $X_{agg}=1485:9=165$  пакет/с, при  $g=9$ .

Для рівню кодера 1.1:

- $X_{agg}=3000:1=3000$  пакет/с, при  $g=1$ ;
- $X_{agg}=3000:2=1500$  пакет/с, при  $g=2$ ;
- $X_{agg}=3000:3=1000$  пакет/с, при  $g=3$ ;
- $X_{agg}=3000:4=750$  пакет/с, при  $g=4$ ;
- $X_{agg}=3000:5=600$  пакет/с, при  $g=5$ ;
- $X_{agg}=3000:6=500$  пакет/с, при  $g=6$ ;
- $X_{agg}=3000:7=428,5$  пакет/с, при  $g=7$ ;
- $X_{agg}=3000:8=375$  пакет/с, при  $g=8$ ;
- $X_{agg}=3000:9=333,3$  пакет/с, при  $g=9$ .

Для рівню кодера 1.2:

- $X_{agg}=6000:1=6000$  пакет/с, при  $g=1$ ;
- $X_{agg}=6000:2=3000$  пакет/с, при  $g=2$ ;
- $X_{agg}=6000:3=2000$  пакет/с, при  $g=3$ ;

- $X_{agg}=6000:4=1500$  пакет/с, при  $g=4$ ;
- $X_{agg}=6000:5=1200$  пакет/с, при  $g=5$ ;
- $X_{agg}=6000:6=1000$  пакет/с, при  $g=6$ ;
- $X_{agg}=6000:7=857,1$  пакет/с, при  $g=7$ ;
- $X_{agg}=6000:8=750$  пакет/с, при  $g=8$ ;
- $X_{agg}=6000:9=666,6$  пакет/с, при  $g=9$ .

Результати розрахунків продуктивності медіа системи з відео кодеками H.264/AVC у залежності від кількості макроблоків в агрегатному відео пакеті представлені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Продуктивність системи з відео кодеками H.264/AVC при агрегації  $g$  макроблоків у відео пакет

Рівень кодера H.264/AVC	Продуктивність системи $X_{agg}$ , пакет/с								
	$g = 1$	$g = 2$	$g = 3$	$g = 4$	$g = 5$	$g = 6$	$g = 7$	$g = 8$	$g = 9$
1	1485	742,5	495	371,2	297	247,5	212,1	185,6	165
1.1	3000	1500	1000	750	600	500	428,5	375	333,3
1.2	6000	3000	2000	1500	1200	1000	857,1	750	666,6

Продуктивність відео системи при агрегації  $g$  макроблоків відео кадру кодера у пакет зменшується (рис. 4.2). Але через збільшення обсягу пакету та затримки агрегації пакету необхідно обмежити кількість агрегатних макроблоків кодера H.264/AVC у відео пакеті.

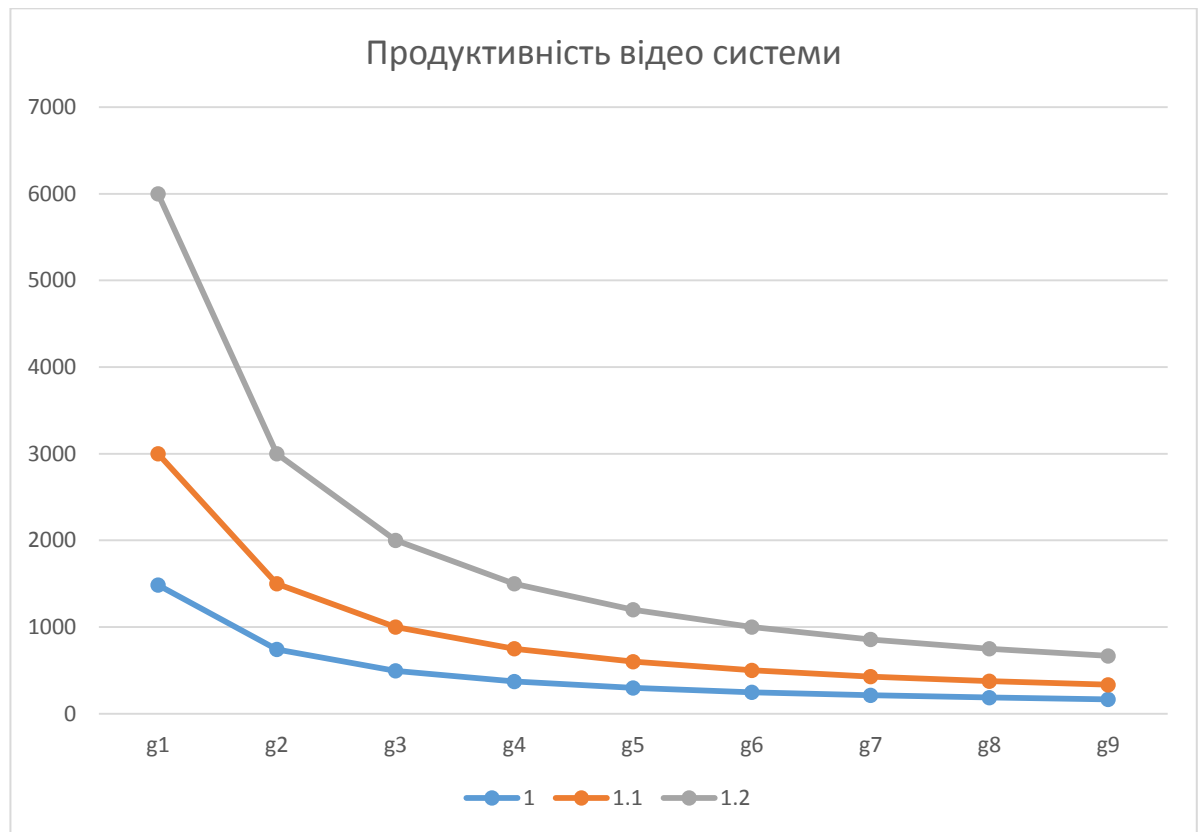


Рисунок 4.2 – Продуктивність системи при агрегації  $g$  відео кадрів

По проведеному дослідженню можна сказати що завантаженість каналу значно зменшується якщо використовувати агрегацію аудіо, відео кодеків.

Агрегація голосових кадрів більш ефективна для високошвидкісних кодерів. Зокрема, при агрегації 100 кадрів кодера G.711 у пакет продуктивність системи зменшується до 80 пак/с, а затримка збільшується до 12,5 мс, що не перевищує продуктивності та затримки кодера G.729 при відсутній функції агрегації кадрів.

Результати розрахунків продуктивності системи при передачі аудіо трафіку залежать від кількості голосових кадрів в агрегатному аудіо пакеті.

Найбільшою інформаційною надмірністю володіють потоки голосових пакетів, що генеруються кодеком G.726 (32 кбіт/с), а найменшою - G.723.1

(5,3 кбіт/с).

Для мінімізації надлишковості переданої голосової інформації системи доцільно налаштувати із застосуванням низько швидкісного кодека G.723.1

## ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі були розглядені обчислювальні мережі, їх види та види їх топологій. Розглянуто технології передачі даних в комп'ютерних мережах. Приведено приклади використання обчислювальних мереж в задачах медіавиробництва, а саме методи спільного доступу до ресурсів, обміну файлами, синхронізації робочих процесів за допомогою комп'ютерної мережі. Наведено приклади технологій потокового передавання даних та мереж доставки контенту.

Було проведено аналіз параметрів протоколів та технологій передачі медіатрафіку, розібрано основні параметри та характеристики аудіо та відео кодеків. Була розрахована продуктивність медіасистеми при агрегації аудіо та відеокадрів. З розрахунків було побачено, що агрегація голосових кадрів більш ефективна для високошвидкісних кодерів та що завантаженість каналу значно зменшується якщо використовувати агрегацію аудіо, відео кодеків. Доведно що найбільшою інформаційною надмірністю володіють потоки голосових пакетів, що генеруються кодеком G.726 (32 кбіт/с), а найменшою - G.723.1 (5,3 кбіт/с).

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. С.М. Порошин, В.М. Карташов, В.В. Усик, Р.І. Цехмістро, І.С.Беліков. Технології створення складових мультимедійного контенту. Анімація та web-анімація. Навчальний посібник –Харків, НТУ.ХПІ, 2022.-314с.
2. М.А. Омаров Основи технологій сучасної web-анімації. [ Текст] Навчальний посібник /М.А. Омаров, В.М. Карташов, Р.І. Цехмістро, В.В. Усик – Харків ХНУРЕ- 2022р.- 214с
3. Оліфер В.Г. Оліфер В.А. Комп'ютерні мережі. — 2020. — Вып. 202. — С. 173-182-. DOI:10.30837/rt.2020.3.202.19
4. Карташов В.М., Корытцев И.В., Олейников В.Н., Зубков О.В., Шейко С.А., Бабкин С.И., Обработка сигналов при пеленгации и определении дальности до малоразмерных бпла в оптическом и инфракрасном диапазонах // Радиотехника. (Харьков). — 2020. — Вып. 202. — С. 125-135. DOI:10.30837/rt.2020.3.202.13
5. Карташов В.М., Корытцев И.В., Олейников В.Н., Зубков О.В., Шейко С.А., Бабкин С.И. Оптико-электронные методы обнаружения воздушных объектов и измерения их координат// радиотехника. (Харьков). — 2020. — Вып. 202. — С. 153-59. DOI:10.30837/rt.2020.3.202.16
6. Карташов В.М., Корытцев И.В., Олейников В.Н., Зубков О.В., Шейко С.А., Бабкин С.И. Эффективность детектирования и распознавания изображений дронов по видеопотоку стационарной видекамеры // Радиотехника. (Харьков). — 2020. — Вып. 202. — С. 136-146. DOI:10.30837/rt.2020.3.202.14
7. Рябуха В.П., Карташов В.М. Методы обнаружения-распознавания радиолокационных, акустических, оптических и инфракрасных сигналов беспилотных летательных аппаратов / В.П. Рябуха, В.М. Карташов// Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. — 2020. — Т. 63, № 11. — С. 1–35.

8. В.М. Карташов, В.Н. Олейников, В.И. Леонидов, Канд. техн. наук, В.В. Воронин, А.И. Капуста, И.С. Селезнев, Е.В. Першин/ Комплексная обработка сигналов интегрированной системы наблюдения беспилотных летательных аппаратов с использованием целеуказания//радиотехника. (Харьков). — 2020. — вып. 203. — с. 1-13.
9. Карташов В.М., Олейников В.М., Коритцев І.В., Бабкін С.І., Зубков О.В., Шейко С.О., Рябуха В.П., Селезньов І.С. Комплексна обробка оптичних, інфрачервоних, радіолокаційних і акустичних сигналів беспілотних літальних апаратів// Створення і модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах: Збірник 20 науко-технічної конференції., 3-4 вересня 2020 р., м. Чернігів. — С. 105-107.
10. Карташов В.М., Олейников В.М., Селезньов І.С. Методи вимірювання кутових координат беспілотних літальних апаратів// 7 Міжнародна науково-практична конференція Метрологія, інформаційно-вимірювальні технології та системи МІВТС-2020, 18-18 лютого, 2020, Харків. –С.54-55.
11. V. Kartashov, V. Oleynikov, I. Koryttsev, O. Zubkov, S. Babkin, S. Sheiko, "Processing and Recognition of Small Unmanned Vehicles Sound Signals," International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PICS and T, 2018, Proceedings 31, January 2019; pp. 392–396.
12. V. Oleynikov, O. Zubkov, V. Kartashov, I. Koryttsev, S. Sheiko, S. Babkin, "Experimental estimation of direction finding to unmanned air vehicles algorithms efficiency by their acoustic emission," 2019 International Scientific-Practical Conference «Problems of Infocommunications – Science and Technology, PICS and T 2019 – Proceeding», 2019, pp. 175–178.
13. V. Kartashov, V. Oleynikov, O. Zubkov, S. Sheiko, "Optical detection of unmanned air vehicles on a video stream in a real-time," The Fourth International Conference on Information and Telecommunication

Technologies and Radio Electronics (UkrMiCo'2019), 9–13 September 2019, Odessa, Ukraine, 4 p. DOI: [10.1109/UkrMiCo47782.2019.9165362](https://doi.org/10.1109/UkrMiCo47782.2019.9165362)

14. Карташов В.М., Корытцев И.В., Олейников В.Н., Зубков О.В., Шейко С.А., Бабкин С.И., Левский Н.А., Селезнев И.С. Алгоритмы пеленгации беспилотных летательных аппаратов по их акустическому излучению// Радиотехника. (Харьков). — 2019. — Вып. 196. — С. 22-31.
15. В.А. Тихонов, В.М. Карташов, В.М. Олейников, В.И. Леонидов, Л.П. Тимошенко, И.С. Селезнев, Н.В. Рыбников. Обнаружение-распознавание беспилотных летательных аппаратов с использованием составной модели авторегрессии их акустического излучения// Вісник НТУУ «КПІ». Радіотехніка. Радіоапаратобудування. - 2020.- Вип. №81. – С.38-46. (Web of Science)