

**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
“ _____ ” _____ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА
РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР

Тема: «Відеоконференцзв'язок підприємства»

Виконавець: _____ Олександр РЕДЬКО
(підпис)

Керівник: _____ Геннадій СОКОЛОВ
(підпис)

Нормоконтролер: _____ Денис БАХТІЯРОВ
(підпис)

Київ 2023

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

“ ” 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Редько Олександра Георгійовича

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

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Відеоконференцзв'язок підприємства»
затверджена наказом ректора від «29» березня 2023 р. № 421/ст
2. Термін виконання роботи: з 22.05.2023 р. по 25.06.2023 р.
3. Вихідні дані до роботи: Із філії в канал Ethernet надходить $N = 10000$ пакетів за 2 хвилини, швидкість каналу $V = 100$ Мбіт / с, об'єм кадру 1500 байт
4. Зміст пояснювальної записки: Вступ, Аналіз організації відеоконференцзв'язку, VoIP та відеоконференції, Розрахунок відеоконференцзв'язку підприємства, Висновки
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: Персональна система телеприсутності, Інший класичний варіант – відеотелефон, Групові системи відеоконференцзв'язку, Галузеві системи відеоконференцзв'язку, Компактні переносні системи відеоконференцзв'язку, Класична система відеоконференцзв'язку, Архітектура відеоконференції на основі змішування, Архітектура відеоконференції на основі мультиплексування, Архітектура відеоконференції на основі паралельної передачі, Архітектура відеоконференції на основі масштабованого відеокодування, «Задоволеність користувачів» у R - Factor та MoS, Приклад зв'язку VoIP з розміром пакета 20 мс із затримкою та джиттером, Відеодзвінок 2 користувачів

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Розробити деталізований зміст розділів кваліфікаційної роботи	22.05.2023- 24.05.2023	Виконано
2	Вступ	25.05.2023	Виконано
3	АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ ВІДЕОКОНФЕРЕНЦІВ'ЯЗКУ	26.05.2023- 29.05.2023	Виконано
4	VOIP ТА ВІДЕОКОНФЕРЕНЦІЇ	30.05.2023- 07.06.2023	Виконано
5	РОЗРАХУНОК ВІДЕОКОНФЕРЕНЦІВ'ЯЗКУ ПІДПРИЄМСТВА	08.06.2023- 14.06.2023	Виконано
6	Усунення недоліків та захист кваліфікаційної роботи	15.06.2023- 25.06.2023	Виконано

7. Дата видачі завдання: “19” травня 2023 р.

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис керівника)

Геннадій СОКОЛОВ

(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання

(підпис випускника)

Олександр РЕДЬКО

(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота «Відеоконференцзв'язок підприємства» містить 82 сторінки, 27 рисунків, 15 таблиць, 16 використаних джерел.

VOIP, R-FACTOR, MOS, IP, QOS, H.264, ВКЗ, HD, TELEPRESENCE.

Об'єкт дослідження – є відеоконференцзв'язок підприємства.

Предмет дослідження – є аналіз, вивчення та розробка відеоконференцзв'язку в контексті підприємства.

Мета кваліфікаційної роботи – є дослідження та аналіз відеоконференцзв'язку підприємства як ефективного інструменту комунікації. Вона передбачає вивчення технологій та систем відеоконференцзв'язку, їхніх переваг та обмежень, а також впливу на організаційну ефективність та співпрацю внутрішніх та зовнішніх стейкхолдерів підприємства.

Метод дослідження – це методи аналізу, порівняння та огляду літературних джерел, наукових публікацій та практичних прикладів впровадження відеоконференцзв'язку в різних організаціях.

Матеріали кваліфікаційної роботи рекомендується застосовувати при використанні відеоконференцзв'язку на підприємствах, що сприяє покращенню комунікаційних процесів, збільшенню продуктивності та ефективності роботи, а також зниженню витрат на організацію зустрічей та подорожей. Отримання практичних рекомендацій на основі результатів дослідження допоможе підприємствам максимально використовувати потенціал відеоконференцзв'язку для досягнення своїх бізнес-цілей та забезпечення конкурентних переваг.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ ВІДЕОКОНФЕРЕНЦЗВ'ЯЗКУ	11
1.1. Основні поняття	11
1.2. Категорії відеоконференцзв'язку	13
1.2.1. Персональні системи	13
1.2.2. Групові системи	17
1.2.3. Галузеві системи	20
1.2.4. Мобільні системи	21
1.2.5. Архітектура мережі відеоконференцзв'язку	22
1.3. Класи відеоконференцзв'язку	25
1.4. Організація каналів зв'язку	28
1.5. Основні стандарти відеоконференцзв'язку	31
1.5.1. Стандарти стиснення відео	32
1.5.2. Стандарти стиснення звуку	33
1.5.3. Системи керування відеоконференцзв'язком	34
РОЗДІЛ 2. VOIP ТА ВІДЕОКОНФЕРЕНЦІЇ	36
2.1. Мінімальні вимоги до локальної мережі VoIP	36
2.1.1. Загальна інформація про VoIP	36
2.1.2. Загальна інформація про відео/відеоконференції з IP	38
2.2. Вимоги до навколишнього середовища у локальній мережі	39
2.2.1. Інфраструктура локальної мережі Ethernet зі швидкістю 100/1000 Мбіт/с	39
2.2.2. Власний порт на комутаторі або маршрутизаторі для кожного компонента, що бере участь в IP-мережі (без HUB як концентратори)	41
2.2.3. Мережні компоненти (маршрутизатори/комутатори), встановлені в мережі, повинні підтримувати QoS (Quality of Service)	42

2.2.4. Середнє завантаження мережі не може перевищувати 50% відповідної пропускнуої спроможності	44
2.3. Розділ VoIP/Video over IP від трафіку даних	47
2.4. wLAN	48
2.5. Додаткові умови довкілля в WAN (маршрути DSL, бездротового та лазерного зв'язку)	49
2.5.1. З'єднання між різними розташуваннями повинні бути доступні постійно та мати пріоритет	49
2.5.2. Смуга пропускання, необхідна для викликів і сигналів Video over IP і VoIP, має бути доступна у будь-який час як у висхідному, так і в низхідному напрямку .	50
2.5.3. Прозора передача потоків VoIP без затримок (брандмауери за допомогою Voice over IP)	53
2.6. Інші вимоги	55
2.7. Відеодзвінок крок за кроком	55
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ВІДЕОКОНФЕРЕНЦЗВ'ЯЗКУ ПІДПРИЄМСТВА	58
3.1. Розрахунок пропускнуої спроможності магістральної мережі	58
3.2 Розрахунок максимального допустимого загасання кабелю	66
3.3 Розрахунок перехідного згасання	67
3.4 Розрахунок ширини смуги частот за стандартом H.264	68
3.5 Оцінка якості передачі мовлення під час відеоконференцзв'язку	72
3.6 Алгоритм обробки черги пакетів	73
3.7. Оцінка середнього часу запізнення при пакетній передачі	75
3.8 Оптимальна довжина інформаційного пакету	76
ВИСНОВКИ	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	81

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

VoIP - Voice over Internet Protocol

LAN - Local Area Network

WAN - Wide Area Network

VoWIFI - Voice over Wi-Fi

R-Factor - Рейтинг-фактор (Rating Factor)

MoS - Mean Opinion Score

IP - Internet Protocol

IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers

QoS - Quality of Service

HUB - Мультипортовий концентратор (Hub)

Switch - Комутатор (Switch)

DSL - Digital Subscriber Line

PPP - Point-to-Point Protocol

wLAN - Wireless Local Area Network

H.264 - Advanced Video Coding (AVC)

Mbps - Megabits per second

TCP - Transmission Control Protocol

UDP - User Datagram Protocol

ICMP - Internet Control Message Protocol

VPN - Virtual Private Network

DNS - Domain Name System

DHCP - Dynamic Host Configuration Protocol

NAT - Network Address Translation

ISP - Internet Service Provider

ВСТУП

Актуальність теми. Відеоконференція - це інтерактивний інструмент, який включає аудіо, відео, комп'ютерні та комунікаційні технології для здійснення зв'язку віддалених територіально співрозмовників «віч-на-віч» у реальному часі, а також поділу всіх типів інформації, включаючи дані, звук, зображення, документи тощо подібне. По суті, відеоконференція дозволяє повноекранне відео, можливість оперативного обміну даними та документами роблять відеоконференції подолати бар'єр відстані, який нас поділяє.

Висока якість звуку та потужним інструментом з найширшим спектром практичного застосування.

Історія відеоконференцій починається з 1964 року, коли дослідницький підрозділ компанії AT&T представив Videophone - Першу аудіовізуальну систему електронної взаємодії двох осіб у режимі реального часу. На сьогодні досягнення в галузі комп'ютерної техніки дозволяють нам говорити про таку унікальну комунікаційну систему, як відеоконференція.

У сучасному світі, де глобалізація та розвиток інформаційних технологій відіграють ключову роль, швидкий та ефективний зв'язок між різними відділеннями, філіями та співробітниками підприємства стає стратегічно важливим фактором успіху. У цьому контексті велике значення має використання відеоконференцзв'язку.

Відеоконференцзв'язок є сучасним інструментом комунікації, який дозволяє співробітникам підприємства обмінюватися інформацією та взаємодіяти в реальному часі, незалежно від географічних відстаней. Він надає можливість проводити зустрічі, наради, презентації та співпрацювати навіть віддалено, знижуючи витрати на поїздки та час, що витрачається на організацію зустрічей.

Метою даної кваліфікаційної роботи є дослідження та аналіз відеоконференцзв'язку підприємства як ефективного інструменту комунікації. Вона передбачає ви-

вчення технологій та систем відеоконференцзв'язку, їхніх переваг та обмежень, а також впливу на організаційну ефективність та співпрацю внутрішніх та зовнішніх стейкхолдерів підприємства.

У процесі дослідження будуть використані методи аналізу, порівняння та огляду літературних джерел, наукових публікацій та практичних прикладів впровадження відеоконференцзв'язку в різних організаціях. Результати дослідження дозволять отримати більше інформації про відеоконференцзв'язок як інструмент підприємницького зв'язку та запропонувати рекомендації щодо його оптимального впровадження та використання в контексті конкретного підприємства.

Об'єктом дослідження даної кваліфікаційної роботи є відеоконференцзв'язок підприємства

Предметом дослідження даної кваліфікаційної роботи є аналіз, вивчення та розробка відеоконференцзв'язку в контексті підприємства. Це включає вивчення технологій, систем та рішень відеоконференцзв'язку, їхніх характеристик, переваг та обмежень, а також впливу на організаційну ефективність та співпрацю внутрішніх та зовнішніх стейкхолдерів підприємства.

Отримані результати роботи мають практичне значення у наступних аспектах:

Планування та налаштування VoIP та відеоконференційних систем: Результати досліджень надають важливу інформацію щодо мінімальних вимог до мережі для забезпечення якості передачі голосу та відео, а також до вимог до навколишнього середовища. Це допомагає планувати і налагоджувати системи VoIP та відеоконференцій з високою якістю передачі.

Оптимізація мережевої інфраструктури: Розрахунки пропускної спроможності, загасання кабелю та інші технічні параметри дозволяють зрозуміти, яка інфраструктура мережі необхідна для задоволення потреб VoIP та відеоконференцій. Це допомагає планувати і розгортати мережеву інфраструктуру з урахуванням вимог до якості передачі.

Оцінка якості передачі голосу та відео: Використання метрик, таких як R-Factor, MoS і інші, дозволяє оцінити якість голосового та відеопотоку під час використання

VoIP та відеоконференцій. Це дає змогу виявити проблеми зі затримкою, джиттером, втратою пакетів та іншими факторами, які можуть впливати на якість зв'язку.

Вдосконалення використання ресурсів мережі: Аналіз пропускної спроможності та ширини смуги дозволяє ефективно розподіляти ресурси мережі між голосовими, відео- та іншими даними. Це сприяє оптимальному використанню мережевих ресурсів і забезпеченню якості обслуговування для VoIP та відеоконференцзв'язку на підприємстві.

Апробація отриманих результатів. Основні положення роботи доповідалися та обговорювалися на таких конференціях:

- Науково-практична конференція «Проблеми експлуатації та захисту інформаційно-комунікаційних систем», м. Київ, 2023 р.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ ВІДЕОКОНФЕРЕНЦЗВ'ЯЗКУ

1.1. Основні поняття

Відеоконференція (videoconference) - область інформаційної технології, що забезпечує одночасно двосторонню передачу, обробку, перетворення та подання інтерактивної інформації на відстань у режимі реального часу за допомогою апаратно-програмних засобів обчислювальної техніки [1, 3, 4, 5].

Взаємодія в режимі відеоконференцій також називають сеансом відеоконференц-зв'язку.

Відеоконференцзв'язок (скорочена назва ВКЗ) - це телекомунікаційна технологія інтерактивної взаємодії двох і більше віддалених абонентів, при якій між ними можливий обмін аудіо- та відеоінформацією в реальному масштабі часу з урахуванням передачі керуючих даних.

Відеоконференція застосовується як засіб оперативного прийняття рішення у тій чи іншій ситуації; при надзвичайних ситуаціях; для скорочення витрат на відрядження в територіально розподілених організаціях; підвищення ефективності; проведення судових процесів з дистанційною участю засуджених, а також як один із елементів технологій телемедицини та дистанційного навчання.

У більшості державних та комерційних організаціях відеоконференція приносить великі результати та максимальну ефективність, а саме:

- знижує час на переїзди та пов'язані з ними витрати;
- прискорює процеси прийняття рішень у надзвичайних ситуаціях;
- скорочує час розгляду справ у судах загальної юрисдикції [2];
- збільшує продуктивність праці;
- вирішує кадрові питання та соціально-економічні ситуації;
- дає можливість приймати більш обґрунтовані рішення за рахунок залучення за потреби додаткових експертів;

- швидко та ефективно розподіляє ресурси, і так далі.

Для спілкування в режимі відеоконференції користувач повинен мати кінцевий пристрій (кодек) відеоконференц-зв'язку, відеотелефон або інший засіб обчислювальної техніки. Як правило, комплекс пристроїв для відеоконференц-зв'язку складається:

- центральний пристрій - кодек з відеокамерою та мікрофоном, що забезпечує кодування/декодування аудіо- та відео-інформації, захоплення та відображення контенту;
- пристрій відображення інформації та відтворення звуку.

Як кодек може використовуватися персональний комп'ютер із програмним забезпеченням для відеоконференцій.

Велику роль відеоконференції грають канали зв'язку, тобто транспортна мережа передачі. Для підключення до каналів зв'язку використовуються мережеві протоколи IP або ISDN.

Існує два режими роботи ВКС, які дозволяють проводити двосторонні (режим «точка-точка») та багатосторонні (режим «многоточка») відеоконференції.

Як правило, відеоконференцзв'язок у режимі «точка-точка» задовольняє потреби тільки на початковому етапі впровадження технології, і незабаром виникає необхідність одночасної взаємодії між кількома абонентами. Такий режим роботи називається багатоточковим або багатоточковим відеоконференцзв'язком. Для реалізації цього режиму потрібна наявність активації багатоточнової ліцензії в кодеку за умови, якщо пристрій підтримує цю функцію або спеціального відеосервера MCU (англ. Multipoint Control Unit), або програмно-апаратної системи управління.

Для впровадження відеоконференцзв'язку керівнику (особі, яка приймає рішення) організації необхідно визначити головну мету застосування: проведення нарад, підбір персоналу, оперативність під час прийняття рішень, здійснення контролю, дистанційне навчання, консультація лікарів, проведення судових засідань, допит свідків тощо. При цьому необхідно враховувати основні правила відеоконференцзв'язку:

- гарантована високошвидкісна послуга зв'язку або виділені канали зв'язку лише для сеансів відеоконференцій;

- стабільне та надійне електроживлення телекомунікаційного обладнання та відеоконференцзв'язку;
- оптимальні шумо- та ехо-поглинаючі особливості приміщення, в якому буде встановлено обладнання відеоконференцзв'язку;
- правильне розташування обладнання відеоконференцзв'язку по відношенню до світлового фону приміщення;
- коректне налаштування телекомунікаційного обладнання та відеоконференцзв'язку з обслуговування якості послуги зв'язку з пріоритезацією передачі даних;
- компетентний обслуговуючий технічний персонал;
- технічний супровід та передплата оновлення обладнання через сертифікованого виробником постачальника;

Враховуючи функції та цілі застосування, обладнання відеоконференцзв'язку систематизується на категорії та класи.

1.2. Категорії відеоконференцзв'язку

1.2.1 Персональні системи

Забезпечують можливість індивідуального відеоспілкування користувача в режимі реального часу, не залишаючи свого робочого місця. Конструктивно індивідуальні системи зазвичай виконуються як настільних терміналів чи вигляді програмних рішень [1, 3, 4].

Персональні системи для відеоконференцій доступні у трьох варіантах:

1. Системи персональної телеприсутності. Персональні системи телеприсутності - це апаратні комплекси, призначені саме для відеозв'язку. Повністю інтегрована система забезпечує зображення та звук у форматі HD та Full HD. Таке обладнання гарантує комфортне спілкування, стабільний безперебійний зв'язок, високу якість відео та звуку.



Рисунок 1.1. Персональна система телеприсутності

2. Відеотелефони. Інший класичний варіант – відеотелефон. У минулому багато виробників безуспішно намагалися просувати цю концепцію на ринку. Донедавна такі системи мали безліч недоліків, але з'явилися відеотелефони нового покоління і все змінилося.



Рисунок 1.2. Інший класичний варіант – відеотелефон

Які бувають наступних типів:

- **Відеософтфон на ноутбуке/ПК.** Відеософтфон - це програмне забезпечення для телефонії, яке встановлюється безпосередньо на ваш ноутбук/ПК. Він використовує вбудовану відеокамеру для передачі зображення, як і сучасний комп'ютер.



Рисунок 1.3. Відеософтфон на ноутбуке/ПК



Рисунок 1.4. Відеософтфон на смартфоні

- Відеософтфон на смартфоні.** Відеософтфон на смартфоні працює в принципі так само, як і софтфон на ноутбуці/ПК. Ви встановлюєте невелику програму для відеодзвінків і можете здійснювати відеодзвінки зі смартфона. Зазвичай операція поводитьься точно так само, як і на вашому телефоні. Камера зручно вбудована в кожен смартфон. Виробники додатків зазвичай ті ж самі, що й виробники ноутбуків та ПК.



Рисунок 1.5. Відеотелефон для робочого столу

- **Відеотелефон для робочого столу.** Відносно новими на ринку є красиві настільні телефони, які мають інтегровану відеокамеру і водночас, наприклад, великий сенсорний екран для здійснення відеодзвінка на базі Android.

Залежно від моделі, цей екран можна також використовувати для проведення прямих відеоконференцій з 3 або 5 учасниками. Без будь-якої іншої системи відеоконференцзв'язку. У минулому було також кілька екзотичних SIP-відеотелефонів.

3. Програмні клієнти для відеоконференцій на PC та Mac. За допомогою професійного програмного забезпечення та веб-камери можна перетворити персональний комп'ютер на станцію для відеоконференцзв'язку.



Рисунок 1.6. Програмні клієнти для відеоконференцій на PC та Mac

1.2.2. Групові системи.

Призначені для групових сеансів відеоконференцзв'язку в переговорних (дорадчих) кімнатах. Групова система здатна перетворити приміщення будь-якого розміру на відеоконференц-студію для проведення інтерактивних нарад. До групових систем відносяться приставки відеоконференцзв'язку (set - top) стандартного дозволу та з підтримкою високої чіткості (High Definition). До цієї категорії належать і системи класу TelePresence (телеприсутність), які являють собою комплекс засобів, що забезпечує максимальний ефект присутності віддалених співрозмовників в одній кімнаті.



Рисунок 1.7. Групові системи відеоконференцзв'язку

Групові системи відеоконференцзв'язку бувають:

Компактні системи до 6 осіб. У невеликих системах всі програмні та апаратні компоненти, як правило, інтегровані в один вузол.

Переваги: мобільність і рухливість, систему зручно перевозити і легко встановлювати в новому приміщенні, встановлення по технології plug and play, можливість підключатися до будь-якого монітору, екрану або проектору.

Особливо добре персональні системи підходять для:

- виробництва та переробної промисловості, наприклад, для машинобудування;
- проектно-конструкторських і архітектурних бюро;

- агентств, юридичних фірм;
- обладнання віддалених робочих місць.

Компактні системи до 12 осіб

Переваги: дуже висока пропускна здатність, гнучкість і зручність в перевезенні, можливість підключення до будь-якого пристрою відображення, яке є в продажу, можливість розширення завдяки додатковим інтерфейсам.

Особливо добре компактні системи підходять для:

- виробництва та переробної промисловості;
- проектних і дослідницьких груп;
- проектно-конструкторських і архітектурних бюро;
- центрів віддаленої роботи.

Кімнатні системи преміум класу, розраховані на більш ніж 12 осіб.

Дані пристрої вищого класу здатні забезпечити максимально можливу якість передачі даних при оптимальному покритті приміщення інтернетом.

Особливо добре системи преміум класу підходять для:

- великих і багатоточкових конференцій;
- зборів акціонерів;
- використання в медицині, наприклад, для трансляції операцій.

Вибір правильного дисплея для групових систем.

Існує також формула, за допомогою якої можна розрахувати ідеальний розмір монітора: (відстань між співробітниками та екраном) / 3 = оптимальна висота екрану.

Звичайно, відстань між людиною, яка сидить спереду, і людиною, яка сидить в самому кінці, може бути різною. Тому коефіцієнт "3" може варіюватися від 1,5 для людини спереду до 4 для людини ззаду.

Мала переговорна кімната (2-6 осіб)



Рисунок 1.8. Мала переговорна кімната (2-6 осіб) для компактних систем

Якщо ви використовуєте один екран, ми рекомендуємо розмір близько 65". Однак, все, що знаходиться між 60" і 70", підійде. Відстань між ними має становити приблизно 3,3 м. Якщо ви хочете використовувати два монітори (1 x відеоконференція, 1 x ScreenSharing), вам слід використовувати 2 монітори з діагоналлю приблизно 55 дюймів.

Кімната для переговорів середнього розміру (6-12 осіб)



Рисунок 1.9. Кімната для переговорів середнього розміру (6-12 осіб) для компактних систем

Розмір одного екрану може бути 100" - 120". Відстань повинна бути не більше 6,7 м.

Велика конференц-зала (12-50 осіб)



Рисунок 1.10. Велика конференц-зала (12-50 осіб) для кімнатних систем преміум класу

Для переговорної кімнати такого розміру можна використовувати дуже великий LCD-дисплей або, залежно від кількості людей, прожектор. Розмір повинен бути 150-220".

1.2.3. Галузеві системи - це системи, які встановлюють у конкретній галузі. Наприклад, у медичній галузі дуже часто застосовують системи для проведення операцій (телемедицина), у судовій системі — для проведення дистанційних касаційних та наглядових судових процесів, у нафтогазовій, електроенергетичній, будівельній галузі для оперативності подання інформації, у вищих навчальних закладах – для захисту кваліфікаційної роботи.

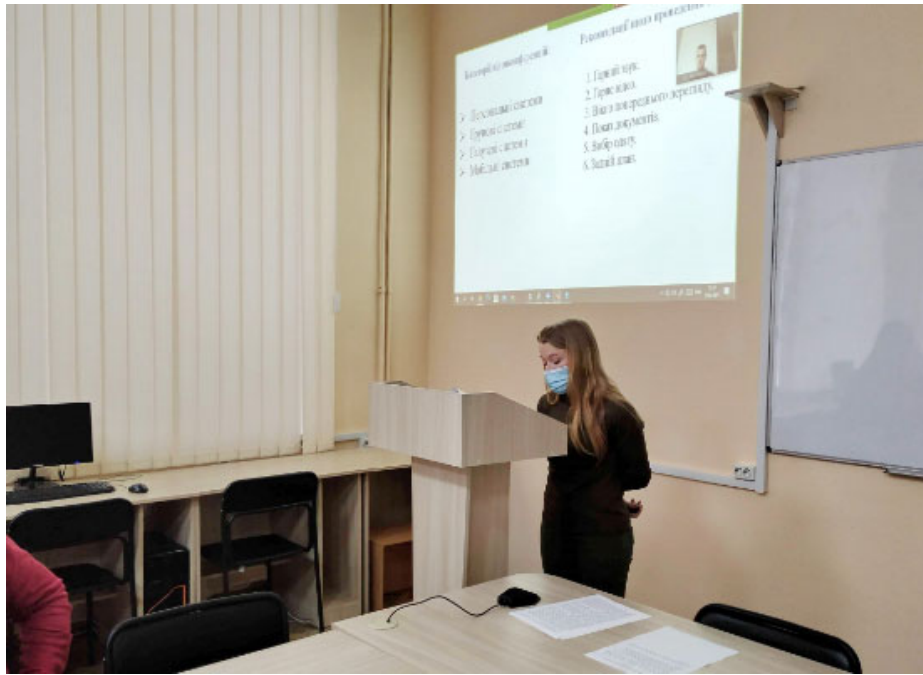


Рисунок 1.11. Галузеві системи відеоконференцзв'язку

1.2.4. Мобільні системи.

Це компактні переносні системи відеоконференцзв'язку для використання у віддалених районах та екстремальних умовах. Мобільні системи дозволяють за короткий час організувати сеанс відеоконференцзв'язку у нестандартних умовах. Ці системи зазвичай використовуються державними органами, що приймають оперативні рішення (військові, рятувальники, лікарі, служби екстреного реагування). Типовий приклад використання мобільних систем – організація ситуаційного центру.



Рисунок 1.12. Компактні переносні системи відеоконференцзв'язку

1.2.5. Архітектура мережі відеоконференцзв'язку.

До архітектури мережі відеоконференцзв'язку відноситься сукупність апаратно-програмних засобів, що застосовуються для доставки інформації та управління різними термінальними пристроями, та спеціалізованого програмного забезпечення. До складу архітектури входять - сервери багатоточкового відеоконференцзв'язку (Multipoint Control Unit), інтеграція з ями, системи управління відеоконференціями (облік, управління конфігурацією, безпекою, продуктивністю та помилками вузлів, ліній та кінцевого обладнання відеоконференцзв'язку), системи розподілу трафіку розподілених серверів, шлюзи для проходження трафіку через міжмережевими екранами, шлюзи з мобільними H.320.

Класична система ВКЗ будується на базі сервера багатоточкового відеозв'язку.

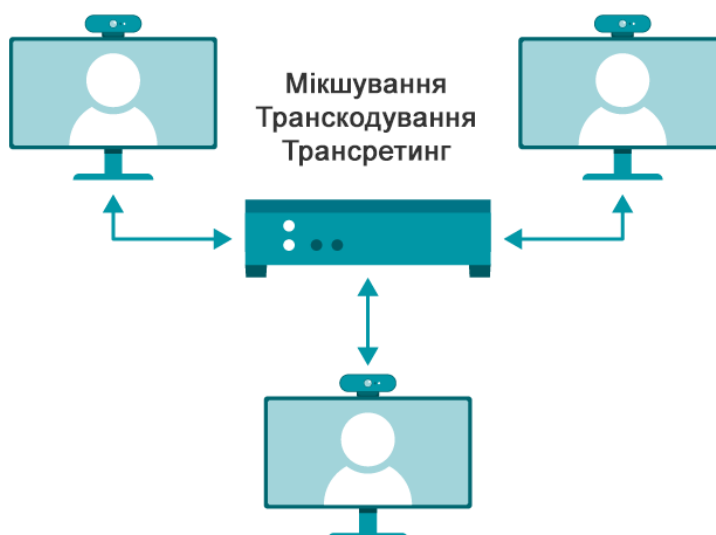


Рисунок 1.13. Класична система відеоконференцзв'язку

- Мікшування - можливість створення розкладки в тому вигляді, в якому вона була б зручна користувачеві.
- Транскодування дозволяє змінювати формат відеопотоку.
- Трансрейтинг надає можливість оптимізації швидкості передачі даних.

Архітектура відеоконференцій на основі змішування (MCU, Multipoint Control Unit):

- Об'єднує зменшені зображення учасників в єдиний відеопотік з розкладкою, що встановлена на терміналі.

- Стискає відеопотік до якості, що відповідає смузі пропускання до терміналу в даний момент часу.
- Надсилає відеопотік до терміналу.

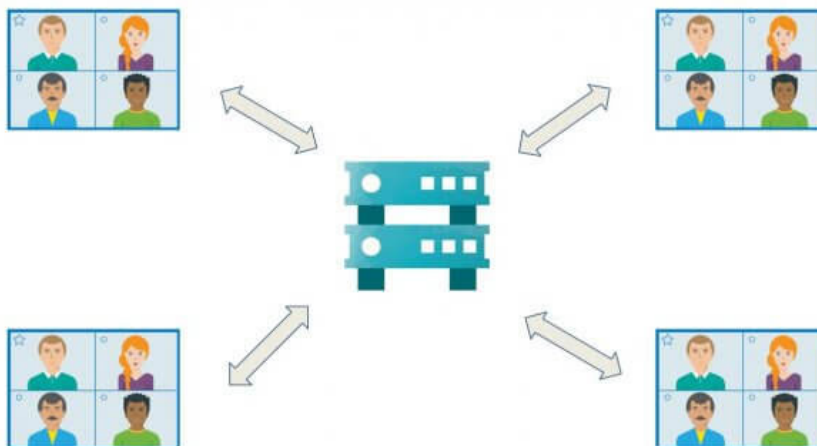


Рисунок 1.14. Архітектура відеоконференції на основі змішування

Архітектура відеоконференцій на основі мультиплексування (SFU, Selective Forwarding Unit) відбувається наступним чином (рис.11):

- Отримання сервером вхідних відеопотоків від всіх терміналів.
- Надсилання сервером до кожного терміналу кількох копій відеопотоків інших учасників без стиснення.
- Об'єднання терміналами вхідних відеопотоків.

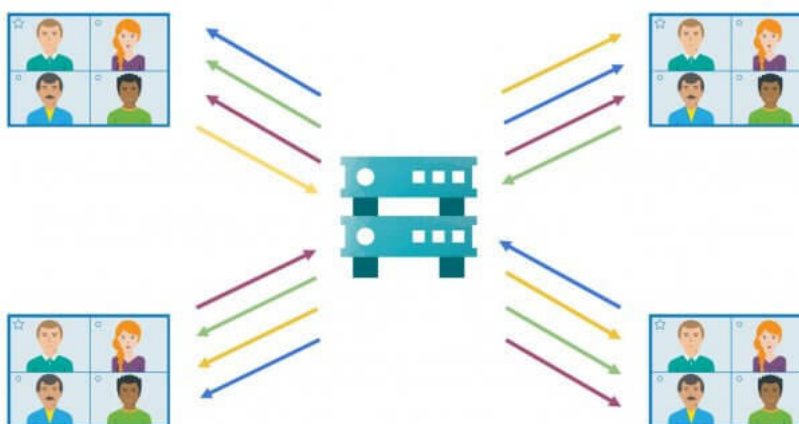


Рисунок 1.15. Архітектура відеоконференції на основі мультиплексування

Архітектура відеоконференцій на основі паралельної передачі (*Simulcast*) містить наступні етапи (рис.12):

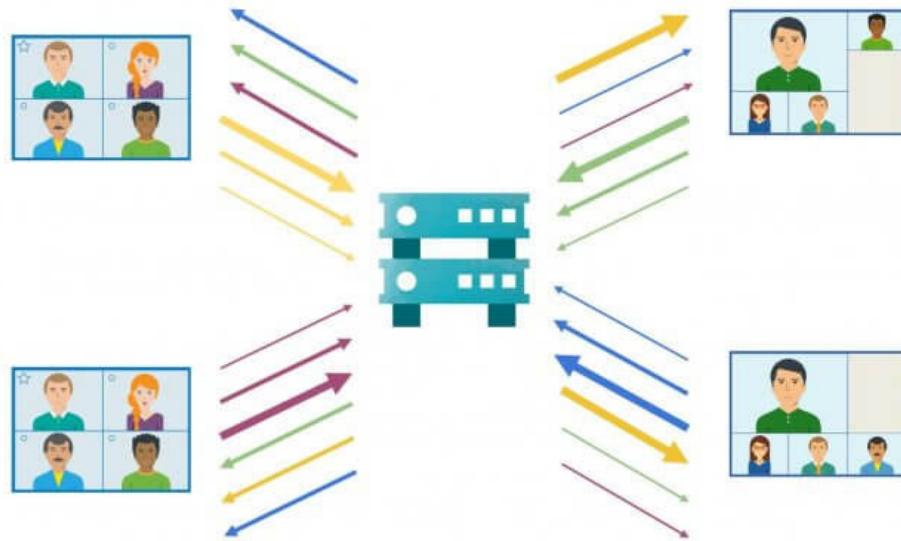


Рисунок 1.16. Архітектура відеоконференції на основі паралельної передачі

Архітектура відеоконференцій на основі масштабованого відеокодування (*SVC, Scalable Video Coding*) побудована за наступною схемою (рис.14):

- Клієнт формує SVC-потік за рахунок стиснення відеопотоку прошарками і надсилає його до ВКЗ-серверу. При цьому кількість прошарків у надісланому потоці визначається шириною каналу зв'язку і смуги пропускання.
- Сервер обробляє отримані SVC-потоки від усіх клієнтів, відсікаючи зайві прошарки без перекодування.
- Сервер повертає до кожного клієнта оброблені відеопотоки інших учасників.
- Клієнт формує розкладку відеоконференції.

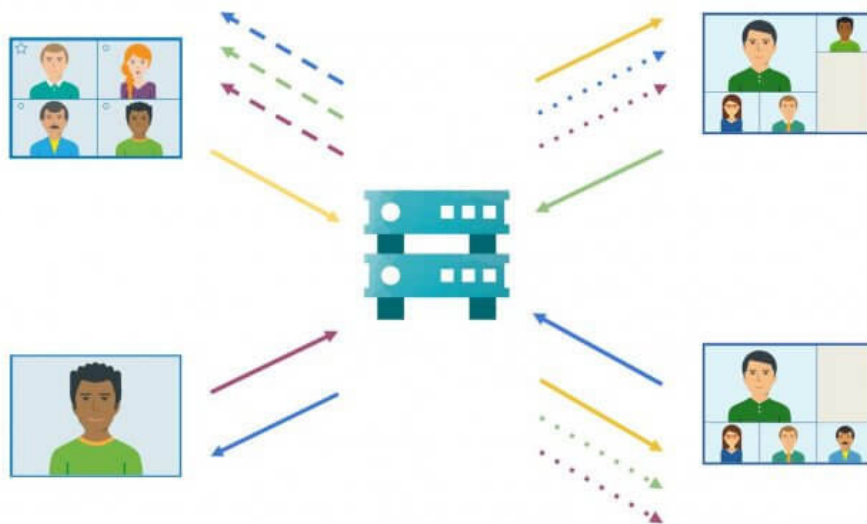


Рисунок 1.17. Архітектура відеоконференції на основі масштабованого відеокодування

1.3. Класи відеоконференцзв'язку

Категорії поділяються на класи, які включають п'ять різних класів [1, 3, 4, 5].

Програмні рішення (Software solution) встановлюються на персональний комп'ютер, ноутбук або мобільний пристрій. Як периферії для захоплення та відтворення відео та звуку можуть використовуватися як вбудовані у пристрій камера, мікрофон або динамік, так і зовнішні пристрої, такі як веб-камера, головна гарнітура або спікерфон.

Платні рішення, на відміну від безкоштовних, зазвичай забезпечують ширші функціональні можливості при проведенні конференцій (наприклад, підтримується велика кількість учасників) та сумісність з апаратними рішеннями відеоконференцзв'язку різних виробників (завдяки використанню відкритих стандартів) SIP і H.323).

Програмні рішення, як і апаратні, мають окрему клієнтську частину (аналог апаратного терміналу) та серверну (аналог MCU). Серверна частина, як клієнтська, працює на ПК. Серверні частини програмних рішень не здійснюють перекодування відеопотоків, а лише перенаправляють їх на клієнтські програми, що значно знижує системні вимоги до апаратної частини ПК, що використовуються в ролі сервера та зде-

шевлює рішення в цілому. Побудова «картинки» з кількох відеовікон під час групових відеоконференцій, а також кодування та декодування даних у програмних рішеннях здійснюється лише на клієнтській стороні. Використання технології SVC На серверній частині програмних рішень дозволяє в реальному часі змінювати якість потоків для кожного з учасників, не створюючи обчислювальне навантаження на сервер.

Переваги програмних рішень:

- можливість оновлень без необхідності заміни апаратної частини;
- не вимагають капітальних вкладень у інфраструктуру;
- немає потреби у додатковому устаткуванні для реалізації доп. можливостей (запис, спільна робота тощо);
- пристосовані для роботи на нестабільних каналах зв'язку, таких як Інтернет;
- поставляються як ліцензій.

Загальні обмеження програмних рішень:

- призначені переважно для індивідуального використання (практично неможливо застосовувати для проведення групових сеансів відеоконференцзв'язку, наприклад, у переговорних кімнатах);
- Високе навантаження на центральний процесор ПК.

Відеоконференції стандартної якості (Standard Definition) мають на увазі підтримку чотирьох стандартних відеодозвіл: SQCIF (128 x 96), QCIF (176 x 144), CIF (352x288) та 4 CIF (704 x 576) на швидкостях передачі даних від 64 кбіт/с до 768 кбіт/с.

Дозволи SQCIF та QCIF спочатку були введені для повільних каналів зв'язку (від 64 Кбіт/с) і нині практично не використовуються. Дозвіл CIF підтримується на швидкостях від 256 Кбіт/с. Найвища стандартна роздільна здатність 4 CIF доступно на швидкостях від 384 Кбіт/с.

Мінімальні значення швидкостей передачі даних для того чи іншого дозволу можуть змінюватись в залежності від виробника обладнання.

Відеоконференції високої чіткості.

Клас високої чіткості (High Definition - HD) з'явився у зв'язку з випуском ринку систем ВКС з вищим дозволом, ніж 4 CIF, тобто дозвіл HD (1280x720), яке вимагає в

кілька разів більше пікселів для побудови зображення в порівнянні зі стандартним відеоконференцв'язком, і, для її передачі необхідна більш висока швидкість.

Появі відеоконференції високої чіткості сприяло кілька факторів:

- у західних країнах розпочався масовий перехід на цифрове телебачення, внаслідок якого монітори, фотоапарати, камери почали підтримувати технології високої чіткості;
- на додаток до H .323 був ратифікований стандарт стиснення відео H .264, забезпечує ефективніший алгоритм стиснення громіздких файлів передачі відео по мережі, зокрема бездротовий;
- Одночасно з цим на ринок було випущено нове покоління високопродуктивних спеціалізованих процесорів для обробки відео.

Термін «High Definition» жодним стандартом не визначається. Він з'явився як маркетингове поняття, що передбачає передачу відео з роздільною здатністю вище 4 CIF та його супровід якіснішим звуком. Якість зображення рівня HD може бути отримано за ширини каналу від 512 кбіт/с і вище. За відсутності необхідної смуги пропускання системи відеоконференцв'язку, що працюють з роздільною здатністю HD, зазвичай адаптуються під існуючий канал зв'язку, зменшуючи, відповідно, якість відео. Тобто, якщо смуги пропускання недостатньо для підтримки якості HD, система відеоконференцв'язку не відмовиться працювати, а автоматично знизить роздільну здатність зображення. Така функція вже реалізована на базі відеодвигунів компаній: Skype, SPIRIT DSP, Google, Microsoft, TrueConf та ін.

Телеприсутність (TelePresence) - технологія проведення сеансів відеоконференцв'язку з використанням декількох кодеків (апаратних обчислювальних блоків терміналу відеоконференцв'язку), що забезпечує максимально можливий ефект присутності за рахунок спеціальним чином встановлених екранів, меблів, оздоблення приміщення тощо.

Відмінності від обладнання відеоконференцв'язку високої чіткості:

- ефект спілкування співрозмовників у одній кімнаті;
- позиція та розмір співрозмовників;
- лінія погляду -»очі в очі";

- інструменти для спільної роботи;
- природне акустичне оточення;
- освітлення;
- оздоблення приміщення.

Ситуаційні/диспетчерські центри (Situation and Control Centers) або кімнати призначені для осіб, які приймають рішення та можуть бути використані в різних сферах діяльності. У загальному випадку ситуаційний центр складається із ситуаційної кімнати, оснащеної всіма комунікаціями, включаючи засоби відеоконференцзв'язку або телеприсутності та диспетчерського центру, що здійснює збір, аналіз та підготовку інформації для передачі до ситуаційної кімнати для ухвалення рішення. Також диспетчерська ситуаційна кімната забезпечує зв'язок ситуаційної кімнати із зовнішнім світом

Ситуаційні та диспетчерські центри надають можливість:

- експрес-аналізу поточного становища;
- моделювання сценаріїв можливих подій;
- експертної оцінки прийнятих рішень та їх оптимізації;
- вибору найефективнішого управлінського впливу на ту чи іншу ситуацію.

1.4. Організація каналів зв'язку

Основну роль відеоконференції грають канали зв'язку між абонентами. Розглянемо кілька методів організації каналів зв'язку відеоконференцій [1, 3, 4, 5].

У мережі Інтернет

Найпростіший і найдешевший метод організації відеоконференцзв'язку — через Інтернет. Однак якість сеансу зв'язку в цьому випадку може бути низькою, оскільки інтернет не є гарантованим каналом передачі аудіо- та відеоданих. До цього додається проблема безпеки відеоконференції, тобто вона може стати суспільним надбанням. Для організації відеоконференцзв'язку через Інтернет потрібно мати статичні IP -адреси та канали зв'язку з пропускнуою здатністю не менше 384 кБіт/с в обидві сторони (для вихідного та вхідного трафіку).

Трохи складніше налаштовується зв'язок протоколу інкапсуляції видової маршрутизації GRE (Англ. Generic Routing Encapsulation). Протокол належить до мережного рівня. Він може інкапсулювати інші протоколи, а потім здійснювати маршрутизацію всього набору до місця призначення. У даному випадку забезпечується мінімальний захист відеотрафіку в мережі інтернет, що дозволяє запобігти основній кількості «недосвідчених» вторгнень в інформаційну хмару відеоконференцзв'язку. Той самий принцип, хоч і набагато вищого рівня безпеки, закладено й у протоколі IPsec.

За протоколом ISDN

Абревіатура ISDN (Integrated Services Digital Network) розшифровується як цифрова мережа з інтеграцією послуг. Цифрові мережі з інтегральними послугами відносяться до мереж, в яких основним режимом зв'язку є комутаційний режим каналів, а дані обробляються в цифровій формі.

ISDN має ряд переваг у порівнянні з традиційними аналоговими мережами, однак, у порівнянні з новими телекомунікаційними технологіями передачі даних, має низку критичних недоліків:

- Важко відстежити, якому ділянці стався збій зв'язку;
- низька оперативність відновлення каналів зв'язку;
- невелика поширеність біля країни;
- лише кілька операторів зв'язку підтримують цю технологію;
- порівняно висока вартість застосування послуги зв'язку при міжрегіональному з'єднанні.

За технологією IP VPN MPLS.

Послуга зв'язку з технології IP VPN MPLS в даний час є однією з найнадійніших та найдешевших для організації відеоконференцій.

Цьому сприяє:

- VPN (Virtual Private Network) — віртуальна приватна мережа, тобто узагальнена назва технологій, що дозволяють забезпечити одне або кілька захищених мережевих мереж (логічну мережу) поверх іншої мережі.

- MPLS (Multiprotocol Label Switching) - мультипротокольна комутація за мітками, тобто механізм передачі даних, який емулює різні властивості мереж з комутацією каналів поверх мереж з комутацією пакетів.

Технологія IP VPN MPLS за рівнем захищеності середовища, що використовується, відноситься до довірчої зони. Вона використовується у випадках, коли середовище, що передає, можна вважати надійним і необхідно вирішити лише завдання створення віртуальної підмережі в рамках більшої мережі.

Протоколи організації відеоконференцзв'язку

Стандартні протоколи передачі даних мають зробити відеоконференції настільки ж поширеними, як телефонний і факсимільний зв'язок. Завдяки протоколам системи підтримки відеоконференцій різних виробників можуть без проблем встановлювати зв'язок між собою, як зв'язуються інші телекомунікаційні пристрої. Але перш, ніж почати розповідати про спеціалізовані протоколи відеоконференції, коротко дамо визначення протоколу [1, 3, 4].

Протокол для відеоконференції - це набір угод, який визначає обмін даними між різним програмним забезпеченням. Протоколи задають способи передачі даних та обробки помилок у мережі, а також дозволяють розробляти стандарти, які не прив'язані до конкретної апаратної платформи.

У 1990 року схвалено перший міжнародний стандарт у галузі технологій відеоконференцій — специфікація H.320 для підтримки відеоконференцій з ISDN. Потім ІТУ схвалив ще цілу серію рекомендацій, які стосуються відеоконференцій. Ця серія рекомендацій, часто звана H.32 x, крім H.320, включає стандарти H.321- H.324, які призначені для різних типів мереж передачі даних.

У другій половині 90-х років інтенсивного розвитку набули IP мережі та Інтернет. Вони перетворилися на економічне середовище передачі і стали практично повсюдними. Однак, на відміну від ISDN, IP мережі були погано пристосовані для передачі аудіо- та відеопотоків. Прагнення використовувати структуру IP- мереж, що склалася, призвело до появи в 1996 році стандарту H.323 — відеотелефони та термінальне обладнання для локальних мереж з негарантованою якістю обслуговування.

У 1998 році було схвалено другу версію цього стандарту H.323 v.2 - Мультимедійні системи зв'язку для мереж з комутацій пакетів (англ. Packet - заснований multimedia communication systems).

У вересні 1999 року було схвалено третю версію рекомендацій.

17 листопада 2001 року було схвалено четверту версію стандарту H.323. Зараз H.323 - один із найважливіших стандартів із цієї серії. H.323 - це рекомендації ІТУ - Т для мультимедійних програм у обчислювальних мережах, що не забезпечують гарантовану якість обслуговування (QoS). Такі мережі включають мережі пакетної комутації IP і IPX на базі Ethernet, Fast Ethernet і Token Ring.

1.5. Основні стандарти відеоконференцзв'язку

Стандарт мультимедійних програм H.323 з метою проведення аудіо- та відеоконференцій з телекомунікаційних мереж ІТУ - Т розробила серію рекомендацій H.32x. Ця серія включає ряд стандартів щодо забезпечення проведення відеоконференцій [1, 3, 4]:

- H.320 - по мережах ISDN;
- H.321 - по мережах Ш-ЦСІО та АТМ ;
- H.322 - по мережах з комутацією пакетів з гарантованою пропускнуою здатністю;
- H.323 - по мережах з комутацією пакетів з негарантованою пропускнуою здатністю;
- H.324 - по телефонних мережах загального користування;
- H.324/С - по мережах мобільного зв'язку;
- H.239 - підтримка двох потоків від різних джерел, зображення учасника та даних (друга камера або презентація) виводяться на два різні дисплеї або в режимі РІР на один екран.
- H.460.17/.18/.19 — підтримка проходження аудіо- та відеотрафіку відеоконференцзв'язку через NAT і Firewall.

Рекомендації ITU - Т, що входять до стандарту H.323, визначають порядок функціонування абонентських терміналів у мережах передачі даних з ресурсом, що розділяється, в основному не гарантують якості обслуговування.

Рекомендації H.323 передбачають:

- керування смугою пропускання;
- можливість взаємодії мереж;
- платформну незалежність;
- підтримку багатоточкових конференцій;
- підтримку багатоадресної передачі;
- стандарти для кодеків;
- підтримку групової адресації.

Управління смугою пропускання – передача аудіо- та відеоінформації, наприклад, у відеоконференціях, дуже інтенсивно навантажує канали зв'язку, і, якщо не стежити за зростанням цього навантаження, працездатність критично важливих мережевих сервісів може бути порушена. Тому рекомендації H.323 передбачають керування смугою пропускання. Можна обмежити як кількість одночасних з'єднань, і сумарну смугу пропускання всім додатків H.323. Ці обмеження допомагають зберегти необхідні ресурси для роботи інших мережних програм. Кожен термінал H.323 може керувати своєю смугою пропускання конкретної сесії конференції.

1.5.1. Стандарти стиснення відео

Основні відеостандарти [1, 3, 4]:

- Стандарт H.261 - розроблений організацією за стандартами телекомунікацій ITU. Насправді перший кадр у стандарті H.261 завжди є зображення стандарту JPEG, компресоване з втратами та з високим ступенем стиснення.
- Стандарт H.263 - це стандарт стиснення відео, призначений для передачі відео каналами з досить низькою пропускнуою здатністю (зазвичай нижче 128 кбіт/с). Застосовується у програмному забезпеченні відеоконференцій.
- Стандарт H.264 - це новий розширений кодек, також відомий як AVC і MPEG -4, Частина 10.

- Стандарт H.264 High Profile - це найпродуктивніший профайл H.264 з алгоритмом стиснення відео Context Adaptive Binary Arithmetic Coding (CABAC), вперше впроваджений на устаткуванні Polycom, дозволяє влаштовувати HD- відеоконференції на каналі від 512 кбіт/с, де найчастіше використовується стандарт H.263 та H.264.

1.5.2. Стандарти стиснення звуку

Деякі стандарти компресії аудіосигналу базуються на технології оцифрування звуку, що називається імпульсно-кодовою модуляцією або ІКМ [1, 3, 4.]

Головні аудіостандарти:

- Стандарт G.711 – це стандарт для аудіокомпанування, який в основному використовується в телефонії.
- Стандарт G.722 - широкосмуговий голосовий кодек стандарту ITU - T зі швидкістю 32-64 Кбіт/сек.
- Стандарт G.723 - це стандарт кодування мови, прийнятий організацією ITU - T 1988 року.
- Стандарт G.726 - кодек є стандартом ITU - T адаптивної імпульсно-кової модуляції - ADPCM і описує передачу голосу смугою 16, 24, 32, і 40 Кбіт/сек.
- Стандарт G.729 - це вузькосмуговий мовний кодек, який застосовується для ефективного цифрового представлення вузькосмугового телефонного мовлення (сигналу телефонної якості).

Для всіх типів кодеків справедливо правило: що менше щільність цифрового потоку, то більше відновлений сигнал відрізняється від оригіналу. Однак відновлений сигнал гібридних кодеків має цілком високі характеристики, відновлюється тембр мовного сигналу, його динамічні характеристики, іншими словами, його «впізнаваність» і «розпізнаваність».

Системи відеоконференцій базуються на досягненнях технологій засобів телекомунікацій та мультимедіа. Зображення та звук за допомогою засобів обчислювальної техніки передаються каналами зв'язку локальних і глобальних обчислювальних мереж.

Обмежуючими факторами для таких систем буде пропускна здатність каналу зв'язку та алгоритми компресії/декомпресії цифрового зображення та звуку.

1.5.3. Системи керування відеоконференцзв'язком

Існує загальносвітове правило — що більше мережа, то складніше мережею стає управляти. Для забезпечення надійності, підвищення ефективності, відмовостійкості та безпеки мереж відеоконференції використовуються технології, які отримали назву «системи управління мережами» [1, 3, 4].

До поняття «системи управління мережами відеоконференцій» мають входити:

- Обробка та аналіз помилок — забезпечення необхідними інструментами для виявлення збоїв та відмов мережевих та термінальних пристроїв, визначення їх причин та прийняття дій щодо відновлення працездатності.
- Керування конфігурацією — відстеження та налаштування конфігурації мережного апаратно-програмного забезпечення.
- Облік - Вимірювання використання та доступності мережевих ресурсів.
- Управління продуктивністю — вимірювання продуктивності мережі, збирання та аналіз статистичної інформації про поведінку мережі для її підтримки на прийнятному рівні як для оперативного управління мережею, так і для планування її розвитку.
- Управління безпекою — контроль доступу до обладнання та мережевих ресурсів з веденням журналів доступу для виявлення, запобігання та припинення не-санкціонованого доступу.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

У розділі 1 дипломної роботи було проведено аналіз організації відеоконференцзв'язку. Було визначено два основних режими роботи відеоконференцзв'язку - режим "точка-точка" і режим "многоточка", які дозволяють проводити двосторонні і багатосторонні відеоконференції відповідно.

Також були розглянуті різні категорії відеоконференцзв'язку, зокрема персональні системи, групові системи, галузеві системи та мобільні системи. Кожна з цих категорій має свої особливості та призначення, що дозволяють використовувати відеоконференцзв'язок у різних сферах та масштабах.

У розділі також було досліджено архітектуру мережі відеоконференцзв'язку, включаючи класичну систему на базі сервера багатоточкового відеозв'язку, архітектуру на основі змішування, мультиплексування, паралельної передачі та масштабованого відеокодування. Кожна з цих архітектур має свої переваги та особливості, що впливають на якість та можливості відеоконференцзв'язку.

Також були розглянуті різні методи організації каналів зв'язку, включаючи використання мережі Інтернет, протоколу ISDN та технології IP VPN MPLS. Кожен з цих методів має свої характеристики та обмеження, що необхідно враховувати при впровадженні відеоконференцзв'язку.

У розділі було також висвітлено основні стандарти стиснення відео та звуку, а також системи керування відеоконференцзв'язком. Ці стандарти та системи відіграють важливу роль у забезпеченні сумісності та якості відеоконференцзв'язку.

Отже, розділ 1 дипломної роботи надав загальний огляд організації відеоконференцзв'язку, з'ясувавши основні поняття, категорії, архітектуру, методи організації каналів зв'язку та стандарти, що становлять основу для подальшого дослідження та розробки відеоконференцзв'язку на підприємстві.

РОЗДІЛ 2

VOIP ТА ВІДЕОКОНФЕРЕНЦІЇ

2.1. Мінімальні вимоги до локальної мережі VoIP

2.1.1. Загальна інформація про VoIP

На відміну від «класичних» програм передачі даних (наприклад, електронної пошти), телефонія (в мережі даних) вимагає передачі з характеристиками реального часу. Таким чином, якість голосу та надійність голосового зв'язку залежать від використовуваної мережевої технології та її доступності.

Для забезпечення якості передачі голосу VoIP (передача голосу через IP) через LAN (локальні мережі), WAN (глобальні мережі) та VoWIFI (передача голосу через Wi-Fi) застосовуються такі мінімальні вимоги.

Таблиця 2.1.

Мінімальні вимоги для забезпечення якості передачі голосу VoIP по LAN, WAN та VoWIFI

Вимоги до IP- телефонії	Ділова якість*	Найкраща якість °
Jitter Джітгер (Затримка між приходами пакетів)	20 мс	20 мс
Delay Затримка (Тривалість)	від 80 до 150 мс	до 80 мс
Loss Втрата (Втрата пакету)	1% - 3%	до 1%

* Гарна якість зв'язку

° Дуже хороша якість зв'язку

MoS (Mean Opinion Score) – це стандарт оцінки передачі мовлення в мережі передачі даних. Він пропонує можливість порівняння якості передачі для різних голо-

сових кодувань та впливає на маршрут передачі. Значення MoS знаходиться у діапазоні значень від п'яти до одиниці, що відповідає якості голосу.

Значення MoS "п'ять" означає відмінну якість голосу, а значення "три" вже відповідає поганий якості голосу, при якому зв'язок вже неможливий. Насправді значення 4,3 означає хорошу якість передачі.

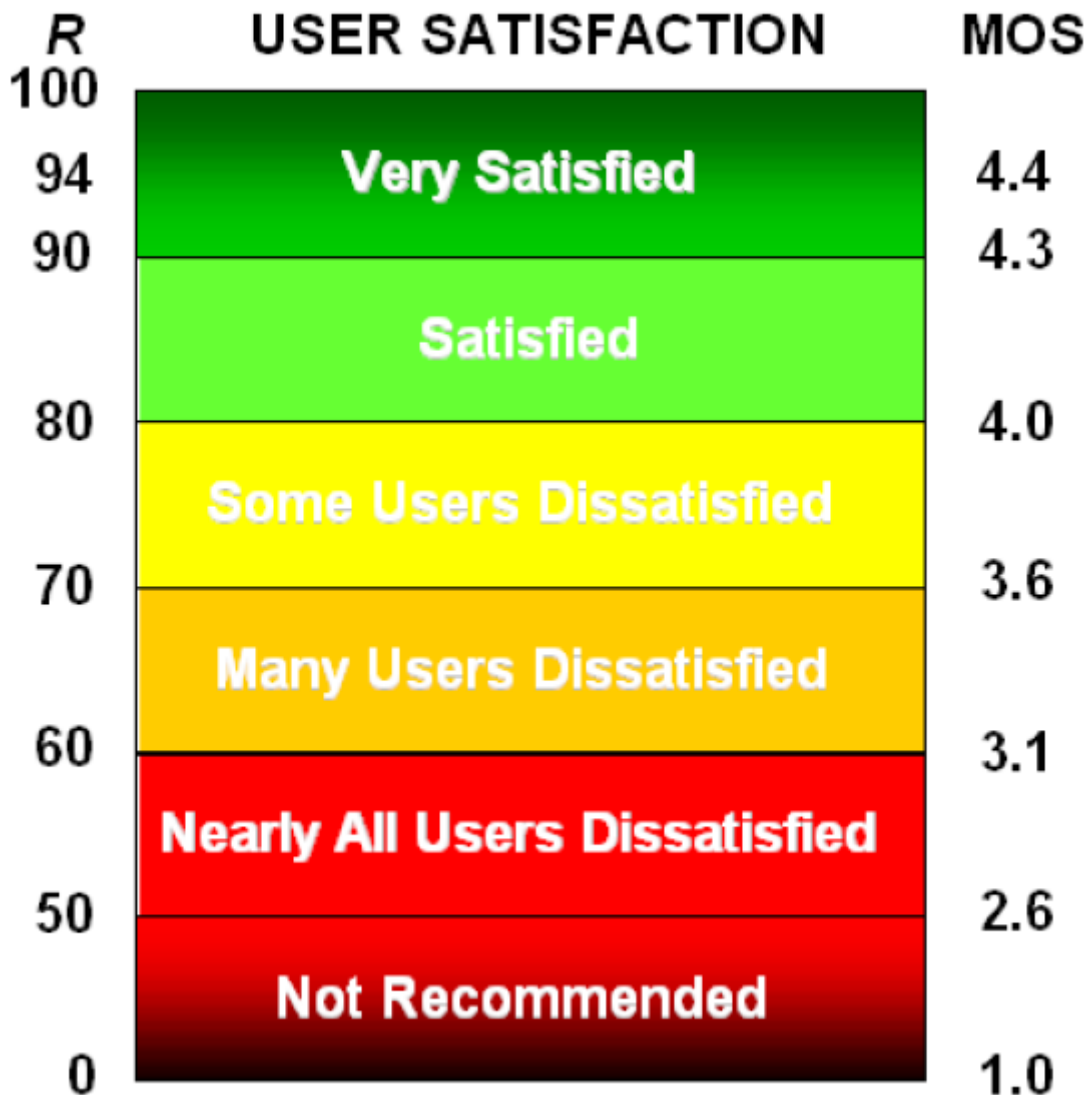


Рисунок 2.1. «Задоволеність користувачів» у R - Factor та MoS.

(R - Factor є альтернативним способом оцінки якості звуку.)

Як уже згадувалося вище, найбільш важливими критеріями якості передачі мовної інформації пакетно-орієнтованими мережами передачі даних є час затримки,

джиттер і втрати пакетів на відповідному маршруті. У Посібнику МСЕ G.109 використовується математична модель (E-модель) для опису впливу цих перешкод на якість мови.

2.1.2. Загальна інформація про відео/відеоконференції з IP

У порівнянні з VoIP слід зазначити, що у разі Video over IP крім голосу через мережу передачі даних передається ще один потік відеоданих, який необхідно синхронізувати з ним при виведенні.

Вимоги до передачі відео IP в мережі передачі даних аналогічні вимогам для VoIP.

Таблиця 2.2

Вимоги до передачі відео по IP у мережі передачі даних

Вимоги для передачі відео по IP (конференц-зв'язок)	
Jitter Джіттер (Затримка між приходами пакетів)	< 30 мс
Delay Затримка (Тривалість)	до 100 мс
Packet loss Втрата пакетів	до 2% (експлуатація з обмеженнями)
Packet size , max . Розмір пакета, макс. (Фрагментація)	1300 байт

Крім того, для відеозв'язку високої чіткості потрібна набагато більша пропускна здатність, ніж для VoIP. Вимоги можна побачити у таблиці 4, 5 (також 8, 9, 10).

При впровадженні відеозв'язку по IP слід також зазначити, що відеодані повинні мати особливий пріоритет та окремо від даних VoIP. Додаткову інформацію можна знайти у таблиці 6.

Найбільш поширеними є наступні три роздільні здатності/смуги пропускання, відповідно плюс кодек G.711 для голосових даних.

Найбільш поширені роздільні здатності /смуги пропускання

Роздільна здатність	Вимоги до пропускну здатності
HD1080i	2048 Мбіт/с (плюс 90 кбіт/с для голосу)
HD720p (1280*720 при 30fps)	1024 Мбіт/с (плюс 90 кбіт/с для голосу)
CIF (352*288 при 24fps) - без HD	200 кбіт/с (плюс 90 кбіт/с для голосу)

Залежно від доступної смуги пропускання та якості відповідного наскрізного відеоз'єднання Avaya ADVD (A175 або Flare) може динамічно адаптувати або змінювати потрібну смугу пропускання відео за умови, що ці динамічні параметри налаштовані в CM/SM.

Як і для VoIP, рекомендації щодо якості передачі відео по IP також вимірюються з використанням значення MoS (MoS-A (аудіо), MoS-V (відео) та MoS-AV).

2.2. Вимоги до навколишнього середовища у локальній мережі

2.2.1. Інфраструктура локальної мережі Ethernet зі швидкістю 100/1000 Мбіт/с

Сучасні кабелі Ethernet (мідні або оптоволоконні кабелі) з'єднують робочі станції зі швидкістю до 1000 Мбіт/с та інфраструктури зі швидкістю $n \cdot 10$ Гбіт/с та більше. Це впливає на пропускну здатність, доступну на робочих станціях та додатки, які можна використовувати на цих станціях. У наступних таблицях коротко показані вимоги до смуги пропускання для підключення IP-терміналу з відео та без відео та різних кодеків у локальній мережі.

Якщо якість відео обмежена відповідним чином (і налаштуваннями в CM і SM), потрібна пропускну здатність відео для ADVD (для наскрізних з'єднань) може бути зменшена до 200 кбіт/с плюс голосовий кодек. Якість відео різко погіршується з HD до CIF.

Мінімальні вимоги до пропускної спроможності на відеоканал у локальній мережі без сигналізації, без підтримки активності „keeralive“ та без голосового кодека.

Відео кодек	Якість	HD-роздільна здатність	Мережеве навантаження на відеодзвінок, у кожному напрямку (без голосу; плюс голосовий кодек)
H.264	Superior HD Поліпшений HD		Макс. 4 Мбіт/с
H.264		HD1080p при 30fps *	від 2,0 до 1,8 Мбіт/с (за замовчуванням ADVD) *
H.264		HD720p (1280*720) при 60fps	
H.264	Adequate HD Адекватне HD	HD720p (1280*720) при 30fps	від 1000 до 900 кбіт/с
H.264		Q720p (640*360) при 30fps	<900 кбіт/с та >300 кбіт/с
H.263	CIF (Базовий формат передачі відео , що використовується в відеоконференціях)	352*288 при 30fps (AVD тільки до 24fps)	<300кбіт/с до 200кбіт/с
H.264		1280*720 при 30fps	768 кбіт/с

* "за замовчуванням" („default“)

Мінімальні вимоги до пропускної спроможності на голосовий канал у локальній мережі без сигналізації, без підтримки активності „keeralive“ (з 66 байтами службових даних для кадрування пакетів).

Кодек	Бітрейт	Корисне навантаження	Мережеве навантаження на IP-телефон
G.711	64 кбіт/с	10 мс	117 кбіт/с
G.711	64 кбіт/с	20 мс *	90 кбіт/с
G.711	64 кбіт/с	30 мс	82 кбіт/с
G.729	8 кбіт/с	10 мс	61 кбіт/с
G.729	8 кбіт/с	20 мс	34 кбіт/с
G.729	8 кбіт/с	30 мс	26 кбіт/с

* Рекомендовані настройки

2.2.2. Власний порт на комутаторі або маршрутизаторі для кожного компонента, що бере участь в IP-мережі (без HUB як концентратори)

Колізії

У так званій "загальній медіамережі" доступна смуга пропускання ділиться між активними користувачами (мережевими компонентами).

Це вірно лише тоді, коли мережі пов'язані HUB замість комутаторів. У мережі на базі HUB відбуваються колізії Ethernet-пакетів, що призводить до відкидання пакетів. Залежно від програми, що використовується, відхилені пакети повторюються відправником. Однак це неможливо з голосовими пакетами VoIP, тому що для голосових даних використовується протокол UDP/RTP, який не забезпечує безпеку передачі пакетів. Отже, продуктивність кожного підключеного пристрою в мережі знижується, коли все більше і більше користувачів працюють у мережі. Кожен підключений пристрій зменшує доступну смугу пропускання. Це призводить до збільшення часу відгуку для всіх підключених пристроїв.

Тому замість HUB рекомендується використовувати комутатори та маршрутизатори.

Комутатор проти концентратора (Switch vs. HUB)

Мережеві компоненти вже розділені на рівні OSI 2 за допомогою комутаторів L2 (мережеві компоненти, які працюють на рівні OSI 2). Таким чином, кожному сегменту мережі доступна максимальна пропускна здатність (відповідного сегмента). Таким чином, збільшення кількості активних користувачів у мережі лише обмежений вплив на продуктивність мережі.

Втрати пакетів через колізії також відбуваються, якщо Ethernet-інтерфейс пристрою не працює в повнодуплексному режимі (одночасне відправлення та прийом). В принципі HUB не дозволяють працювати в повнодуплексному режимі.

Налаштування підключення (автоузгодження)

Параметри з'єднання між відповідними мережевими пристроями можуть узгоджуватися автоматично за допомогою автоузгодження або вручну. Важливо, щоб це узгодження параметрів з'єднання також відбувалося синхронно (або автоматично або вручну, на обох кінцевих пристроях, на обох сторонах відповідного мережного з'єднувального кабелю). В іншому випадку виникнуть так звані дуплексні невідповідності, що в свою чергу призведе до втрати пакетів .

Налаштування підключення тривіальне, але важливе!

2.2.3. Мережні компоненти (маршрутизатори/комутатори), встановлені в мережі, повинні підтримувати QoS (Quality of Service).

Стандарти QoS відповідно до IEEE 802.1p або DiffServ (RFC 2474) повинні підтримуватися для визначення пріоритетів VoIP, відео поверх IP та даних.

QoS забезпечує відповідність заданим параметрам (джиттер, втрата пакетів та загальна затримка) для передачі всіх потоків VoIP та відео по IP. У цьому випадку пакети VoIP передаються переважно, хоча це відбувається за рахунок пакетів із нижчим пріоритетом.

Пікові навантаження (сплески) постійно викликають значні затримки у передачі пакетів у багатьох корпоративних мережах. Залежно від робочого навантаження

та перевантаження це може призвести до значної втрати даних. Однак інші параметри передачі, такі як затримка або джиттер, можуть призвести до збоїв у роботі окремих служб або всієї комунікації в цілому, якщо вони перевищують певні допустимі значення. Для забезпечення якості обслуговування на MAC IEEE визначає стандарт 802.1p.

Як показано в таблиці, відеодані повинні мати особливий пріоритет від VoIP та даних і, як наслідок, розміщуватися в окремих чергах окремо від VoIP.

Відповідні розміри черг залежать від відеодзвінків і роздільній здатності (і, отже, повинні бути адаптовані до смуги пропускання, що використовується).

Таблиця 2.6

Вимоги стандарту IEEE 802.1p

	Відео	Аудіо	Сигналізація
Загальна політика QoS для голосу/відео та сигналізації	Cos: 5 EF DSCP 46 (ToS десяткове значення 184)		
Фрагментація маршрутизатора	10 мс макс.		
Окремий QoS для голосу/відео та сигналізації	Cos: 4 AF41 DSCP 34 (ToS десяткове значення 136)	Cos: 5 EF DSCP 46 (ToS десяткове значення 184)	Cos: 3 CS3 (DSCP 24) або AF31 (DSCP 26) або AF41 (DSCP 34)

ToS означає Type of Service, **DSCP** - Differentiated Services Code Point, **CoS** - Class of Service, **QoS** - Quality of Service. Термін QoS поєднує три термінів ToS, DSCP, CoS. QoS - Quality of Service (якість обслуговування) виражається в побудові і обробці черги пакетів з різним пріоритетом по одному з алгоритмів **DWRED**

(Distributed Weighted Random Early Detection), **WFQ** (weighted fair queueing), **CAR** (Committed Access Rate).

2.2.4. Середнє завантаження мережі не може перевищувати 50% відповідної пропускної спроможності.

Це дозволяє підтримувати характерні значення, що лежать в основі VoIP та Video over IP (джиттер, втрата пакетів та загальна затримка), для транспортування всіх потоків VoIP та Video over IP навіть у періоди пікового навантаження.

Мережеві навантаження, викликані додатками передачі даних, зазвичай виникають періодично, також звані сплесками.

Затримка (Delay) – максимум 150 мс

Затримка описує різницю у часі між відправкою та отриманням інформації («наскрізна», для VoIP «з рота на вухо»). Загальна затримка не повинна перевищувати 150 мс. При цьому від 40 до 60 мс вже потрібно для кодування/декодування та IP-стеків (кадрування IP-пакетів). Це залишає близько 100 мс для транспортування інформації (IP-пакетів) по всьому мережному шляху з кінця до кінця.

Затримка між приходом пакетів (джиттер) – джиттер не більше 20 мс

На якість мови впливає час передачі пакетів голосових даних при їх транспортуванні. Ці флуктуації затримки по всьому транспортному шляху (від початку остаточно) називаються джиттером.

Буфер джиттера може компенсувати ці коливання часу передачі у певних межах. Буфер джиттера збирає певну кількість пакетів у приймачі, зазвичай від 3 до 10 пакетів. Однак буфер джиттера збільшує наскрізний час передачі пакета мовлення за рахунок буферизації.

Буфер джиттера може закінчитися, коли більше не надходять пакети, або переповнитися, якщо, наприклад, пакети спочатку були затримані, а потім прибувають до одержувача пачкою (дуже швидко один за одним майже одночасно). Обидва призводять до втрати пакетів.

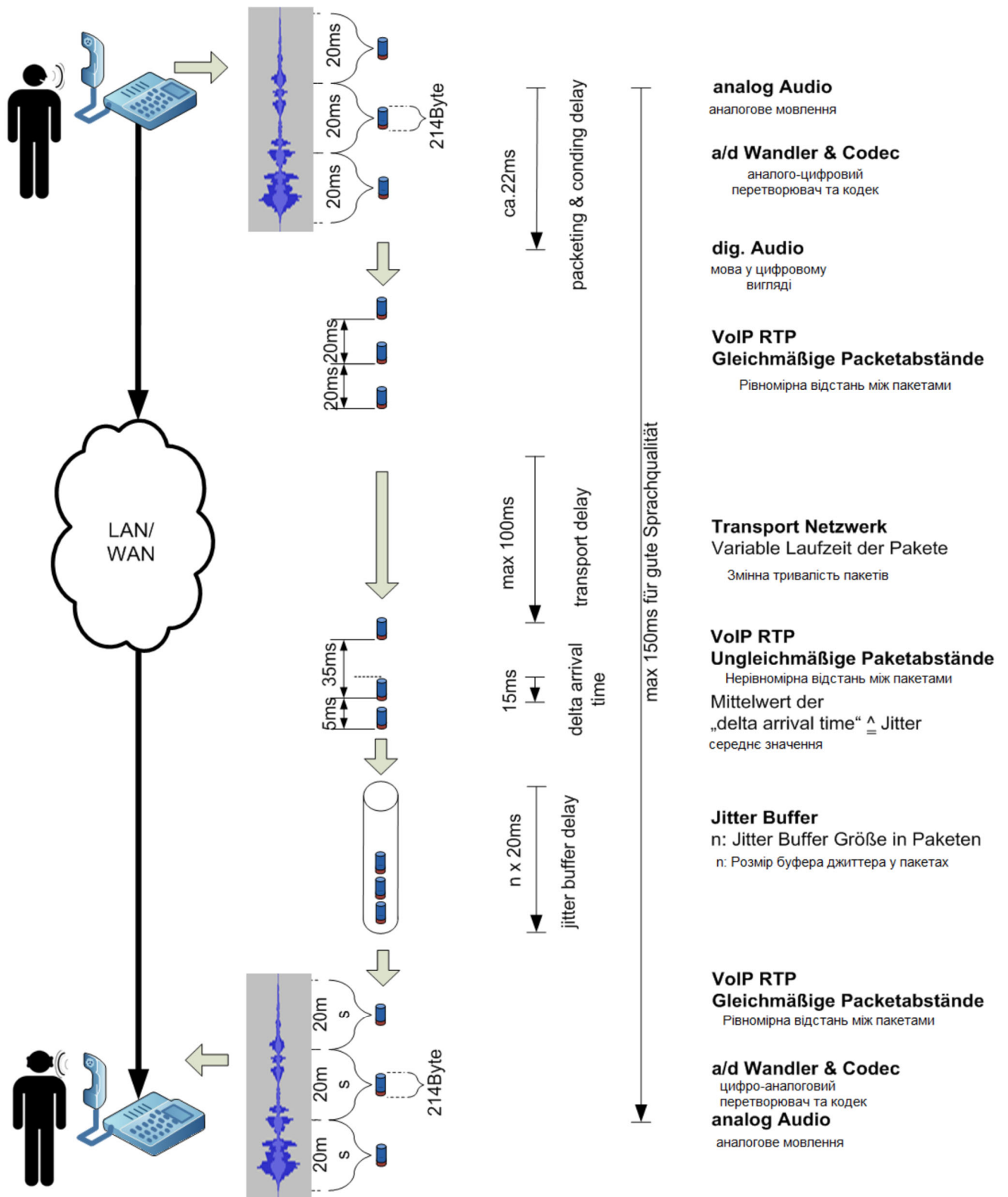


Рисунок 2.2. Приклад зв'язку VoIP з розміром пакета 20 мс із затримкою та джитте-ром

Примітка. Значення джиттера, виміряні або розраховані пристроями VoIP (відповідно до RFC), відображають суму інтервалу між останніми 16 пакетами RTP і тому не можуть правильно відображати фактичний інтервал між пакетами. Тому важливо оцінювати мінімальний та максимальний джиттер на додаток до значення джиттера.

Коефіцієнт втрати пакетів - 3% або менші втрати пакетів

Коефіцієнт втрати пакетів відбиває відсоток втрачених пакетів даних шляху передачі. Стосовно VoIP це відповідає відсотку втрачених пакетів даних VoIP. Загальна втрата пакетів складається з втрат на різних ділянках, таких як LAN та WAN. Втрати у буфері джиттера додаються до втрат на транспортних маршрутах. Існує безліч причин втрати пакетів. Наприклад, перевантажені маршрутизатори, перевантажені лінії Ethernet, невідповідність дуплексного режиму або переповнення буфера джиттера можуть призвести до втрати пакетів. Втрати пакетів у буфері джиттера можна зменшити, зменшивши затримку між приходом пакетів на транспортних маршрутах.

Щоб уникнути втрати пакетів, на мережному шляху мають бути реалізовані механізми пріорітизації. Рівень втрати пакетів до 1% ледь помітний, якщо втрата пакетів рівномірно розподілена в часі і використовуються кодеки, що не стискають. Якщо втрати перевищують 3% пакетів, що передаються, якість передачі мови значно погіршується.

Модель E

Мережеві параметри (затримка, джиттер і втрата пакетів), необхідні для передачі (мови) по пакетно-орієнтованій мережі, розраховуються в E-моделі МСЕ (ITU).

Щоб уникнути значних втрат якості зв'язку мережеві параметри E - моделі повинні бути у певних співвідношеннях друг з одним.

Максимальні значення E-моделі

Параметри мережі:	Досяжна якість VoIP:	
	Дуже добре	добре
(Специфікація максимальних значень)		
Delay – затримка (від кінця-до кінця) в мс:	< 80 мс	від 80 до 150 мс
Джиттер (затримка між приходом пакетів) у мс:	< 20 мс	< 20 мс
Packet loss – втрата пакетів у %:	<1%	від 1 до 3%
Пріоритизація (L2/L3 – 802.1q / DifServ) для мультимедійних даних	Рекомендується для медіа та сигнальних даних	
Окремий VoIP або відео через IP vLAN	рекомендується не більше 512 IP-пристроїв на vLAN	

2.3. Розділ VoIP/Video over IP від трафіку даних

Окрім використання комутованих мереж, має сенс відокремити дані VoIP (і відео через IP) від решти трафіку Ethernet. Цього можна досягти дуже легко, використовуючи виділену vLAN для даних VoIP (і відео через IP). Тому немає необхідності встановлювати додаткові мережеві компоненти (апаратне забезпечення), щоб розділити навантаження додатків (VoIP, відео та дані).

Крім того, ширококомовне розповсюдження обмежується поділом на окремі vLAN або ширококомовні домени (VoIP/Video-vLAN та vLAN даних). Це значно знижує ризик ширококомовних штормів ((*Broadcast storm, broadcast radiation*) — накопичення великих об'ємів *broadcast* та *multicast* трафіку в комп'ютерній мережі). В одному домені VoIP/відеомовлення має працювати не більше 512 кінцевих пристроїв. Крім того, дані додатків (VoIP/відео та «звичайні» дані), що розділені на окремі віртуальні локальні мережі, можуть бути легко та цілеспрямовано розставлені за пріоритетами.

2.4. WLAN

При налаштуванні WLAN для зв'язку VoIP або Video over IP на додаток до згаданих пунктів необхідно враховувати такі факти.

WLAN інфраструктура:

- Планування/вимірювання радіополя
- Ідентифікація джерел перешкод/перешкод від силового обладнання (аналіз ВЧ-спектру)
- Вибір частоти та присвоєння частоти (802.11 a/b/g/n)
- Завантаженість каналів – визначення вільних каналів WLAN, і які вже використовуються.
- Спостереження за доступною пропускнуою спроможністю у «загальному середовищі» (бездротовий інтерфейс).
- Потужність передачі (100% або нижче)
- Антени для визначення напрямку випромінювання КВ сигналу
- Окрема VoIP VLAN в інфраструктурі WLAN
- Приоритизація голосових та сигнальних пакетів VoIP в інфраструктурі WLAN
- Роумінг та хендовер усередині WLAN (безкоштовні канали)
- Прихованість інфраструктури WiFi

Безпека :

- Робота з/ідентифікація "Rough-Access Points"
- Шифрування голосового зв'язку у WLAN
- Безпека портів 802.1x (в інфраструктурі LAN)
- Постійний моніторинг інфраструктури WLAN

2.5. Додаткові умови довкілля в WAN (маршрути DSL, бездротового та лазерного зв'язку)

Якщо VoIP має бути пов'язаний через глобальні мережі, застосовуються такі мінімальні вимоги:

2.5.1. З'єднання між різними розташуваннями повинні бути доступні постійно та мати пріоритет.

Користувачі телефонів очікують сигналу виклику станції, коли беруть слухавку телефону. Доступність 99,999% відповідає загальному часу простою лише п'ять хвилин на рік.

Оскільки телефонія зазвичай є важливим бізнес-додатком, маршрути WAN, що використовуються для VoIP, мають бути високодоступними. Тому для максимальної безперебійної роботи VoIP необхідний механізм резервування помилок, що гарантує максимально короткий час перемикання у разі збою з'єднання WAN. Вимкнення або час перемикання більше 20-50 мс призводить до помітного погіршення якості відповідного VoIP-з'єднання.

Угоди про рівень обслуговування провайдера (SLA), доступність та якість.

SLA, укладені з провайдерами WAN, повинні відображати важливість маршрутів WAN.

Моніторинг WAN для перевірки SLA

Усі WAN-з'єднання слід відстежувати для виявлення збоїв та тимчасових збоїв.

QoS через пріоритезацію

Для даних VoIP на маршрутах WAN повинна використовуватися щонайменше одна прозора пріоритизація VoIP, узгоджена з провайдером. Повинна бути передбачена можливість послідовного (наскрізного) призначення пріоритетів голосових та сигнальних даних, а також повідомлень підтримки активності.

Втрата пакетів через пікові навантаження

Пікові навантаження можуть призвести до перевантаження та значних втрат да-

них у глобальних мережах. Як уже було описано, їм необхідно протидіяти з відповідним розташуванням пріоритетів.

В якості альтернативи та/або на додаток до WAN-з'єднання у зовнішніх локаціях (або філіях) можуть використовуватися локальні шлюзи зі з'єднанням для цифрового обміну.

2.5.2. Смуга пропускання, необхідна для викликів і сигналів Video over IP і VoIP, має бути доступна у будь-який час як у висхідному, так і в низхідному напрямку.

Як правило, докладна інформація зазвичай доступна тільки з мережі передачі даних як основа для розрахунку навантаження. На жаль, класичні телефонні системи надають мало або взагалі не надають докладної статистики про обсяг внутрішніх викликів або характер навантаження окремих пристроїв/груп пристроїв. Однак груба оцінка цієї інформації необхідна для визначення розмірів та оцінки необхідної смуги пропускання для VoIP-телефонії (LAN і WAN). Існуючі з'єднання S_{2M} із загальнодоступною мережею надають інформацію про зовнішній телефонний трафік (навантаження або обсяг).

У наступних таблицях показано два найчастіше використовуваних кодекси VoIP з зазвичай використовуваними розмірами пакетів і вимогами до пропускнуої спроможності (включаючи заголовок IP/UDP) і вимогами до пропускнуої спроможності для передачі відео по IP.

Вимоги до пропускнуої спроможності

Якщо якість відео обмежена відповідним чином (і налаштуваннями в CM та SM), потрібна смуга пропускання відео для ADVD (для наскрізних з'єднань) може бути зменшена до 200 кбіт/с плюс голосовий кодек. Якість відео різко погіршується HD до CIF.

Мінімальні вимоги до пропускної спроможності на відеоканал, без сигналізації, без підтримки активності „keepalive“ та без голосового кодека

Відео кодек	Якість	HD- роздільна здатність	Мережеве навантаження на відеодзвінок, у кожному напрямку (без голосу; плюс голосовий кодек)
H.264	Superior HD		Макс . 4 Мбіт/с
H.264		HD1080p при 30fps *	від 2,0 до 1,8 Мбіт/с (за замовчуванням ADVD) *
H.264		HD720p (1280 * 720) при 60fps	
H.264	Adequate HD	HD720p (1280 * 720) при 30fps	від 1000 до 900 кбіт/с
H.264		Q720p (640*360) при 30fps	<900 кбіт/с & >300 кбіт/с
H.263	CIF	352*288 при 30fps (ADVD тільки до 24fps)	<300кбіт/с до 200кбіт/с
H.264		1280*720 при 30fps	768 кбіт/с

* "за замовчуванням" („default“)

Мінімальні вимоги до пропускної спроможності на IP-термінал/голосовий канал у локальній мережі, без сигналізації, без підтримки активності „keeralive“ (із службовими даними 66 байт для кадрування пакетів)

Кодек	Бітрейт	Корисне наванта-	Мережеве на-	За допомогою VPN
G.711	64 кбіт/с	10 мс	117 кбіт/с	140 кбіт/с
G.711	64 кбіт/с	20 мс *	90 кбіт/с	108 кбіт/с
G.711	64 кбіт/с	30 мс	82 кбіт/с	98 кбіт/с
G.729	8 кбіт/с	10 мс	61 кбіт/с	73 кбіт/с
G.729	8 кбіт/с	20 мс	34 кбіт/с	41 кбіт/с
G.729	8 кбіт/с	30 мс	26 кбіт/с	31 кбіт/с

* Рекомендовані настройки

Таблиця 2.10

Мінімальні вимоги до пропускної спроможності на IP-термінал/голосовий канал у глобальній мережі (з мережею PPP), без сигналізації, без підтримки активності „keeralive“ (з 47 байтами службових даних для кадрування пакетів)

Кодек	Бітрейт	Корисне на-	Навантаження	За допомогою
G.711	64 кбіт/с	10 мс	WAN (PPP) на	VPN
G.711	64 кбіт/с	10 мс	102 кбіт/с	122 кбіт/с
G.711	64 кбіт/с	20 мс *	83 кбіт/с	99 кбіт/с
G.711	64 кбіт/с	30 мс	77 кбіт/с	92 кбіт/с
G.729	8 кбіт/с	10 мс	46 кбіт/с	55 кбіт/с
G.729	8 кбіт/с	20 мс	27 кбіт/с	32 кбіт/с
G.729	8 кбіт/с	30 мс	21 кбіт/с	25 кбіт/с

* Рекомендовані настройки

Синхронне та асинхронне WAN-з'єднання

Обережно з асинхронною WAN-з'єднанням!

Як правило, DSL-з'єднання пропонуються як асинхронні з'єднання. При асинхронних з'єднаннях швидкість передачі (завантаження) значно відрізняється від швидкості прийому даних (скачування). При синхронних з'єднаннях швидкість надсилання

та отримання даних однакова. Тому синхронні канали глобальної мережі переважно асинхронних каналів глобальної мережі.

При підключенні до глобальної мережі необхідно враховувати, що розрахункова пропускна здатність потрібна для висхідного та низхідного потоків даних VoIP і відео IP (тобто синхронно).

VPN

Скільки користувачів або філій можна підключити через VPN, залежить від того, скільки паралельних тунельних підключень може встановити та обробити VPN-шлюз. Таким чином, швидкість установки і пропускна здатність тунелю є важливими показниками VPN, що добре функціонує.

Будь-який тип шифрування (включаючи VPN-підключення) збільшує вимоги до додаткової смуги пропускання (таблиці 8, 9, 10).

Крім того, шифрування та дешифрування створюють навантаження на обчислювальну потужність VPN-шлюзів, що може проявлятися в більш низькій пропускній здатності та можливих затримках, включаючи джиттер

2.5.3. Прозора передача потоків VoIP без затримок (брандмауери за допомогою Voice over IP).

Брандмауери зазвичай захищають мережі компанії на зовнішніх кордонах. При використанні міжмережєвих екранів у лінії передачі голосових потоків необхідно дотримуватися наступних моментів:

Поведінка VoIP-сервісів у режимі реального часу

Через те, що послуги VoIP працюють у режимі реального часу, вони не повинні затримуватися під час проходження через брандмауер. Навіть найменша затримка призводить до погіршення якості мови (впливаючи на затримку та джиттер і, отже, значення MOS).

Використання брандмауера з підтримкою VoIP

З багатьма брандмауерами проблеми стають очевидними лише зі збільшенням обсягу даних/голосових даних. У міру збільшення кількості голосових потоків затримка, що генерується міжмережєвим екраном, вже може перевищувати ліміт 20 або

навіть 50 мілісекунд (мс). Цей негативний вплив на затримку автоматично призводить до погіршення якості голосу. Звичайно, розмір пакета також впливає на продуктивність брандмауера. Усі компоненти мережі вимагають значно більше внутрішніх ресурсів передачі (однієї й тієї інформації) невеликими пакетами, ніж передачі тієї ж інформації великими пакетами. Типовий трафік VoIP має розмір пакета від 80 до 250 байт. Сучасні брандмауери зазвичай мають кілька високопродуктивних інтерфейсів введення та виведення, але ресурси продуктивності брандмауера зазвичай відносно швидко досягають діапазону насичення при великій кількості невеликих пакетів, якщо брандмауер не оптимізований для цього типу трафіку даних (Firewall з підтримкою VoIP).

ALG (шлюз прикладного рівня (Application Layer Gateways))

ALG (шлюзи прикладного рівня) контролюють вміст даних та виявляють порушення протоколу. Трафік VoIP вимагає більш ретельної перевірки пакетів H.323 та SIP з боку ALG. ALG, що спеціалізуються на певних комунікаційних протоколах, можуть аналізувати SIP або H.323, наприклад, фільтрувати запити та за необхідності вносити корективи. Що стосується брандмауерів, ALG вирішують, чи дозволено і в якій формі дозволено та передається з спілкування. Як і брандмауери, ALG можуть негативно впливати на VoIP-трафік через затримки та джиттери.

VPN

Якщо брандмауер також бере на себе функцію VPN-шлюзу, необхідно переконатися, що це не викликає додаткових затримок під час тунелювання та шифрування/дешифрування. Альтернативою є використання голосових проксі серверів, що спеціалізуються на обробці мультимедійного трафіку. Ці компоненти сигналізують міжмережевому екрані, які порти слід відкрити і як повинні виконуватися додаткові завдання, такі як перетворення мережевих адрес (NAT). Тут також необхідно враховувати затримки, викликані проксі.

SBC (Session Border Controller)

Прикордонні контролери сеансів все частіше беруть на себе завдання брандмауера та ALG на зовнішніх кордонах мереж (стосовно глобальної мережі) для програм

на основі SIP, таких як VoIP. Ці пристрої, спеціально розроблені для сеансів SIP, дозволяють фільтрувати та впливати на сеанси SIP та їх вміст, але не підходять для «нормального» трафіку даних або блокують його.

2.6. Інші вимоги

Підтримка активності

(Keepalive - це повідомлення, що надсилається одним пристроєм іншому, щоб перевірити, чи працює зв'язок між ними, або запобігти розриву зв'язку, інакше кажучи це таймер свіжості TCP-з'єднання).

Ті ж мережні вимоги (див. вимоги до навколишнього середовища в LAN та WAN) застосовуються до повідомлень «підтвердження активності» („keepalive“) від телекомунікаційних систем та IP-телефонів.

Надання та налаштування DHCP

Сервер DHCP також потрібний для роботи IP-телефону в локальній мережі.

Відповідна конфігурація специфічних для постачальника опцій DHCP-сервера залежить від обраного рішення IP-комунікації та кінцевих IP-пристроїв/телефонів.

Надання та налаштування серверів TFTP та HTTP/TLS

Для роботи IP-телефонів у локальній мережі потрібні сервери HTTP, HTTP/TLS або FTP/TFTP. Сервер надається оператором ЛОМ. IP-телефони запитують свою конфігурацію і, при необхідності, оновлення прошивки з цих серверів при введенні в експлуатацію.

2.7. Відеодзвінок крок за кроком

В принципі, SIP-відеодзвінок налаштовується так само, як і SIP-аудіодзвінок. У протоколі SIP передається додаткова інформація про відео, наприклад, який відеокодек буде використовуватися. За наявності 2 учасників для медіа-даних RTP відкривається 2 потоки для передачі аудіо і 2 потоки для передачі відео. Отже, кожному учаснику потрібен 1 потік для передачі аудіоданих і 1 потік для передачі відеоданих. Якщо

учасників більше, сервер відеоконференції змішує зображення всіх учасників разом. Потім змішане зображення відеоконференції передається у відеопотоці SIP.

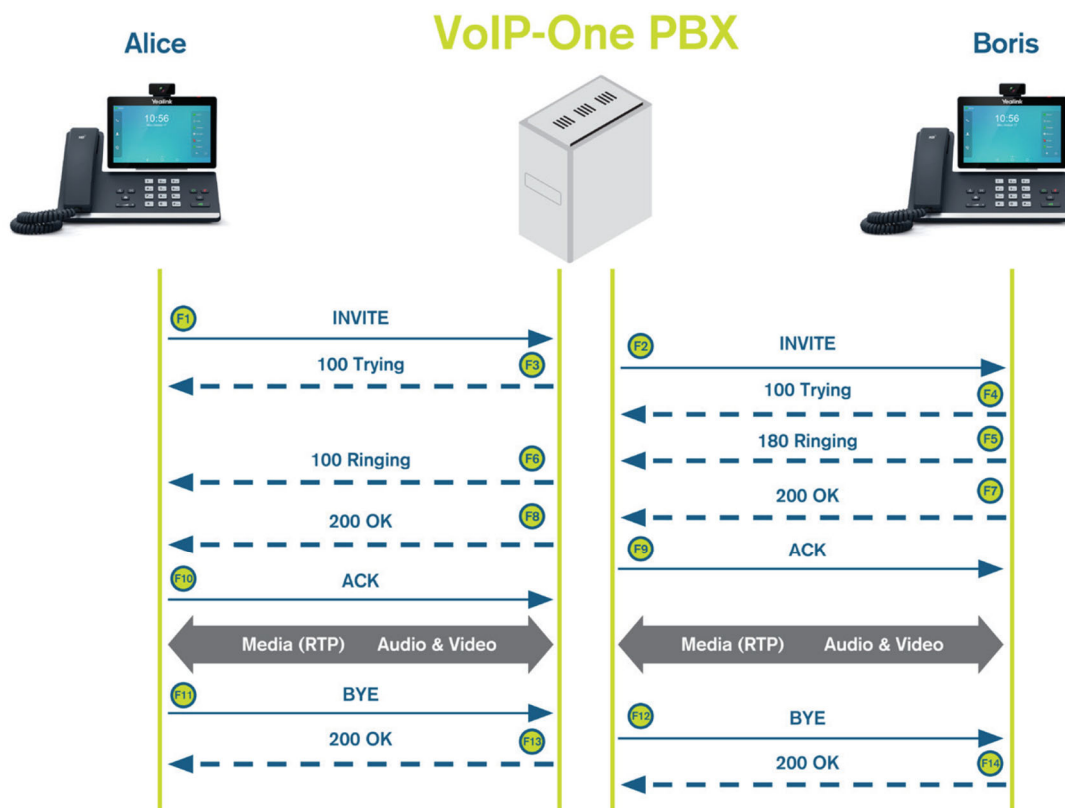


Рисунок 2.3. Відеодзвінок 2 користувачів

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

У розділі 2 дипломної роботи були розглянуті мінімальні вимоги до локальної мережі для VoIP і відеоконференцій. Для забезпечення якості передачі голосу VoIP по LAN, WAN та VoWiFi було розглянуто показники "Задоволеність користувачів" у R-Factor та MoS.

Також були визначені вимоги до передачі відео по IP у мережі передачі даних, включаючи роздільну здатність та смугу пропускання. Було зазначено, що середнє завантаження мережі не повинно перевищувати 50% відповідної пропускнуої спроможності, а затримка та джиттер повинні бути на прийнятному рівні.

Для локальної мережі Ethernet зі швидкістю 100/1000 Мбіт/с були вказані мінімальні вимоги до пропускної спроможності на відеоканал, а також необхідність власного порту на комутаторі або маршрутизаторі для кожного компонента.

Окрема увага була приділена QoS (Quality of Service) та вимогам стандарту IEEE 802.1p. Також були визначені додаткові умови довкілля в WAN та безпека в бездротових мережах.

Усі ці вимоги та умови мають велике значення для забезпечення якісного та безперебійного відеоконференцзв'язку і виконання вимог користувачів.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ВІДЕОКОНФЕРЕНЦВ'ЯЗКУ ПІДПРИЄМСТВА

3.1. Розрахунок пропускної спроможності магістральної мережі

Інформація відеоконференцв'язок, що передається між підрозділами компанії передається по Ethernet мережі. Це найбільш вузьке місце інформаційного потоку між двома віддаленими один від одного філіями - канал зв'язку глобальної мережі, пропускна здатність якого дозволяє обмінюватися інформацією має бути такою, щоб не було затримок.

Пропускна здатність - швидкісна характеристика, яка визначає співвідношення максимальної кількості вхідних одиниць інформації до одиниці часу в каналі зв'язку [12].

Для розрахунку пропускної спроможності каналу Ethernet спочатку обчислимо весь обсяг інформації, що передається. Зробимо необхідне припущення, що під час передачі кадрів відеоконференції з пристрою Polycom HDX 9000 із філії в канал Ethernet надходить $N = 10000$ пакетів за 2 хвилини, швидкість каналу $V = 100$ Мбіт / с, об'єм кадру 1500 байт:

Час надходження пакетів

$$t = Q/V, \tag{3.1}$$

Тоді

$$t = \frac{(1500 \cdot 8)}{640000} = 0,02\text{с.}$$

Загальний обсяг інформації, що передається, визначимо за формулою (3.2)

$$Q_{\text{ЗАГ}} = 1500 \cdot 8 \cdot 10000, \text{ біт} \tag{3.2}$$

$$Q_{\text{ЗАГ}} = 1500 \cdot 8 \cdot 10000 = 120000000 \text{ біт}$$

Для подальших розрахунків необхідно знати кількість пакетів, що передаються. Технологія Ethernet передбачає використання пакетів довжиною до 1518 байт, з яких 1500 байт є інформаційними та 18 байт адресною інформацією.

Необхідну кількість пакетів для передачі корисної інформації розрахуємо за формулою (3.3)

$$N_{\text{пакетів}} = \left\lceil \frac{Q_{\text{заг}}}{1500} \right\rceil + 1 \quad (3.3)$$

де $Q_{\text{заг}}$ - обсяг інформації, що передається (біт);

1500 - Довжина інформаційної (корисної) частини одного пакета (байт).

$$N_{\text{пакетів}} = \frac{120000000}{(1500 \cdot 8)} + 1 = 10001 \text{ пакет.}$$

Для розрахунку необхідної пропускної спроможності каналу зв'язку Ethernet скористаємося математичним апаратом теорії масового обслуговування. Вихідними даними для розрахунку будуть знайдене вище число пакетів, що передаються, і довжина інформаційної частини одного пакета.

Для використання теорії масового обслуговування необхідно знати співвідношення між швидкістю надходження пакетів та швидкістю обслуговування.

Швидкість надходження пакетів можна визначити виходячи з кількості пакетів, що передаються за формулою (3.4)

$$V = \frac{N_{\text{пак}}}{T}, \quad (3.4)$$

де $N_{\text{пак}}$ - кількість пакетів, що передаються;

T – тривалість передачі, 2 хв.

За цих умов швидкість надходження кадрів дорівнює

$$V = 10001 / (2 \cdot 60) \approx 83 \text{ пакет/с.}$$

Загальна довжина пакету

$$L_{\text{пак}} = L_{\text{адр}} + L_{\text{інф}}, \quad (3.5)$$

де $L_{\text{інф}}$ – довжина інформаційної частини пакета;

$L_{\text{адр}}$ – довжина адресної частини пакета.

Для повідомлення Ethernet довжина інформаційної частини $L_{\text{інф}} = 1500$ байт і довжина адресної частини $L_{\text{адр}} = 18$ байт, отже загальна довжина пакета дорівнює

$$L_{\text{пакет}} = 1500 + 18 = 1518 \text{ байт.}$$

Для розрахунку швидкості обслуговування задамо деяку фіксовану швидкість роботи каналу Ethernet. Час обслуговування одного пакета визначається за такою формулою (3.6)

$$t_{\text{обсл.пак}} = (L_{\text{пак}} \cdot 8) / V_{\text{кан}}, \quad (3.6)$$

де $L_{\text{пак}}$ - довжина пакета, що передається (байт);

$V_{\text{кан}}$ – швидкість каналу, (біт/с).

Час передачі пакета ототожнюється із часом обслуговування. Швидкість обслуговування є зворотною величиною часу обслуговування

$$V_{\text{обсл}} = \frac{1}{t_{\text{обсл.пак}}} = \frac{V_{\text{кан}}}{L_{\text{пак}} \cdot 8}, \quad (3.7)$$

Внаслідок розрахунку швидкості обслуговування можливі дві ситуації:

- швидкість обслуговування пакетів виявляється більшою, ніж швидкість надходження пакетів. У цьому випадку пропускної спроможності каналу виявляється більш ніж достатньою;
- швидкість обслуговування пакетів виявляється меншою, ніж швидкість надходження пакетів. В цьому випадку пропускна здатність магістрального каналу виявляється недостатньою. В даному випадку здійснює буферизацію даних: пакети накопичуються в буферній пам'яті доти, доки не будуть передані попередні пакети. У разі виникають чергу і затримки. Теорія масового обслуговування дозволяє оцінити час затримки з швидкості роботи лінії зв'язку.

Результати розрахунку швидкості роботи магістрального Ethernet каналу від 600 кбіт/с до 4 Мбіт/с з кроком зміни швидкості 100 кбіт/с занесені до таблиці 3.1, для 10 перших значень і останнього.

Результати розрахунку швидкості обслуговування в Ethernet каналі

Швидкість передачі пакетів у каналі біт/с	$t_{\text{обс.кад.}}, \text{с}$	$V_{\text{обс.}}, \text{пакетів/с}$
1	2	3
1000000	0,012144	82,34519104
1100000	0,01104	90,57971014
1200000	0,01012	98,81422925
1300000	0,009342	107,0487484
1400000	0,008674	115,2832675
1500000	0,008096	123,5177866
1600000	0,00759	131,7523057
1700000	0,007144	139,9868248
1800000	0,006747	148,2213439
1900000	0,006392	156,455863
2000000	0,006072	164,6903821
2100000	0,005783	172,9249012
2200000	0,00552	181,1594203
2300000	0,00528	189,3939394
2400000	0,00506	197,6284585
2500000	0,004858	205,8629776
2600000	0,004671	214,0974967
2700000	0,004498	222,3320158
2800000	0,004337	230,5665349
2900000	0,004188	238,801054
3000000	0,004048	247,0355731
3100000	0,003917	255,2700922
3200000	0,003795	263,5046113
3300000	0,00368	271,7391304
3400000	0,003572	279,9736495
3500000	0,00347	288,2081686
3600000	0,003373	296,4426877
3700000	0,003282	304,6772069
3800000	0,003196	312,911726
3900000	0,003114	321,1462451
4000000	0,003036	329,3807642

Тепер розрахуємо рівень використання Ethernet каналу. Для цього скористаємося формулою (3.8)

$$P = \frac{V}{V_{\text{обсл.}}}, \quad (3.8)$$

де V – швидкість надходження пакетів;

$V_{\text{обсл.}}$ - Швидкість обслуговування пакетів.

Знаючи ступінь використання каналу, можна розрахувати ймовірність відсутності пакетів в Ethernet каналі за формулою 3.9.

$$P_0 = 1 - P, \quad (3.9)$$

де P – ступінь використання магістрального каналу.

Розрахунок ступеня використання та ймовірності відсутності пакетів у каналі здійснюється за допомогою програми Microsoft Excel для різних швидкостей передачі в Ethernet каналі. Результат роботи програми для 10 перших значень і останнього наведено в таблиці 3.2.

За результатами розрахунку будемо графік залежності ступеня використання каналу та ймовірності відсутності пакетів від пропускної спроможності каналу (див. рис. 3.1).

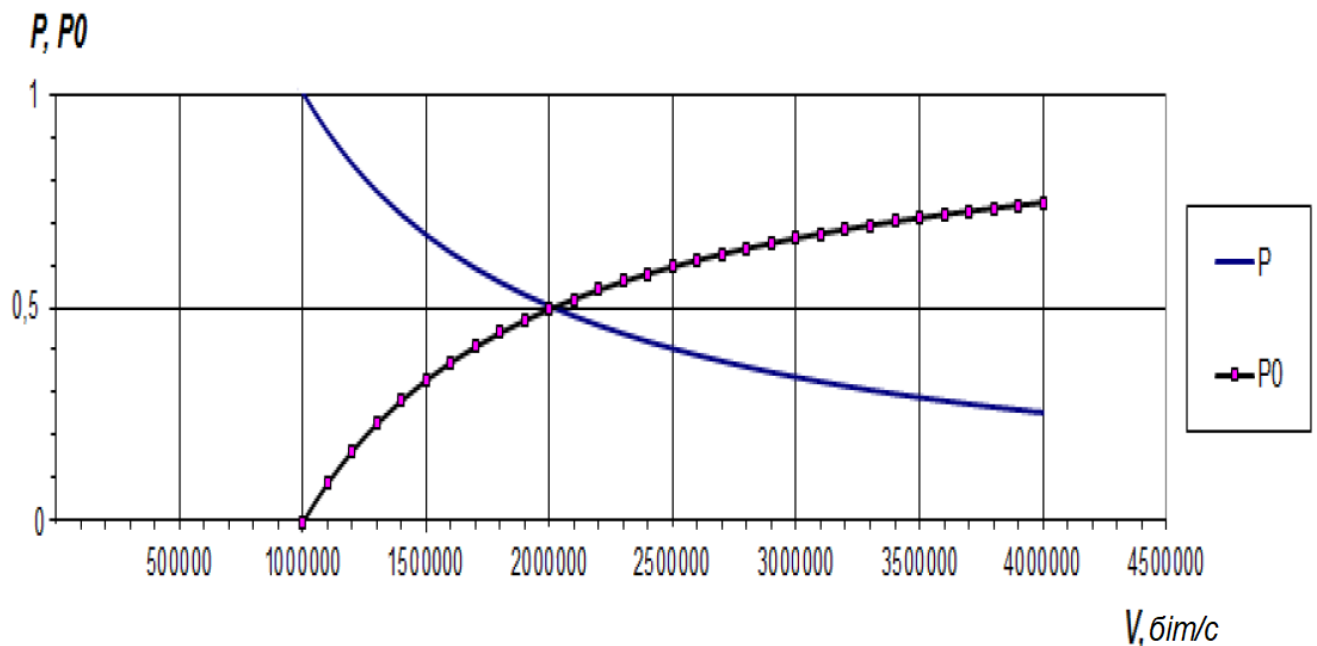


Рисунок 3.1. Залежність ступеня використання каналу та ймовірності відсутності пакетів від пропускної спроможності каналу

Ступінь обслуговування та ймовірність відсутності пакетів

Швидкість передачі пакетів у магістральному каналі біт/с	P	P ₀
1	2	3
1000000	1,007952	-0,007952
1100000	0,91632	0,08368
1200000	0,83996	0,16004
1300000	0,775347692	0,224652308
1400000	0,719965714	0,280034286
1500000	0,671968	0,328032
1600000	0,62997	0,37003
1700000	0,592912941	0,407087059
1800000	0,559973333	0,440026667
1900000	0,530501053	0,469498947
2000000	0,503976	0,496024
2100000	0,479977143	0,520022857
2200000	0,45816	0,54184
2300000	0,43824	0,56176
2400000	0,41998	0,58002
2500000	0,4031808	0,5968192
2600000	0,387673846	0,612326154
2700000	0,373315556	0,626684444
2800000	0,359982857	0,640017143
2900000	0,347569655	0,652430345
3000000	0,335984	0,664016
3100000	0,325145806	0,674854194
3200000	0,314985	0,685015
3300000	0,30544	0,69456
3400000	0,296456471	0,703543529
3500000	0,287986286	0,712013714
3600000	0,279986667	0,720013333
3700000	0,272419459	0,727580541
3800000	0,265250526	0,734749474
3900000	0,258449231	0,741550769
4000000	0,251988	0,748012

З рисунка 3.1 видно, що з зменшення ступеня використання каналу ймовірність відсутності пакетів зростає. Оптимальна пропускна здатність Ethernet каналу відповідає точці перетину двох кривих. З малюнка видно, що оптимальна пропускна здатність каналу Ethernet становить 2 Мбіт/с. Отже, пропускна спроможність нашого каналу є достатньою. Після проведеного розрахунку та аналізу слід дійти невтішного висновку, що магістральний канал це система обслуговування “з очікуванням”, тобто. пакетна система. Отже, для оптимальної пропускної здатності каналу Ethernet можна визначити такі параметри як:

- середня кількість пакетів, що одночасно розташовуються в системі;
- середня кількість пакетів, що очікують обслуговування в черзі;
- середній час знаходження пакета в системі;
- середній час очікування у черзі.

Середню кількість пакетів, що одночасно перебувають у системі визначимо за формулою (3.10)

$$L = \frac{V}{V_{\text{обсл}} - V}, \quad (3.10)$$

де L - середня кількість пакетів одночасно що знаходяться в системі;

V – середня швидкість надходження пакетів;

$V_{\text{обсл}}$ - середня швидкість обслуговування.

$$L = \frac{83}{164,69 - 83} \approx 1,01 \text{ пак}$$

Для визначення кількості пакетів, що очікують на обслуговування в черзі, скористаємося формулою (3.11)

$$L_q = P \cdot L, \quad (3.11)$$

де L_q - середня кількість пакетів, що чекають на обслуговування;

P – ступінь використання каналу.

Число пакетів, що чекають обслуговування буде:

$$L_q = 0,504 \cdot 1,01 = 0,509 \text{ пакетів.}$$

Середній час перебування пакета у системі є величина, зворотня різниці між швидкістю обслуговування і швидкістю надходження пакетів, тобто. визначається формулою (3.12)

$$W = \frac{1}{V_{\text{обсл}} - V}, \quad (3.12)$$

де W – середній час знаходження пакета в системі;

$V_{\text{обсл}}$ - Швидкість обслуговування;

V – швидкість надходження пакетів.

Час знаходження пакета у системі:

$$W = \frac{1}{164,69 - 83} = 0,012 \text{ с.}$$

Таким чином, можна сказати, що викликана наявністю черг затримка пакетів при передачі магістральним Ethernet каналу пропускною здатністю 2 Мбіт/с складе в середньому 0,012 секунд. Слід зазначити, що це час становить лише частину повного часу перебування пакета у системі. Необхідно також враховувати час розповсюдження сигналу за фізичним середовищем. Важливим параметром, що характеризує чергу, є час очікування у черзі, що визначається за формулою (3.13)

$$W_q = W \cdot P, \quad (3.13)$$

де W_q – час очікування в черзі;

W - час перебування пакета у системі.

Час очікування в черзі дорівнює:

$$W_q = 0,012 \cdot 0,504 = 0,006 \text{ с.}$$

Час перебування пакета в системі включає час очікування в черзі. Різниця часу знаходження та часу очікування дає час обслуговування одного пакета або час передачі сигнальним каналом:

$$t_{\text{пер}} = t_{\text{обсл.пакета}} = W - W_q, \quad (3.14)$$

$$t_{\text{пер}} = t_{\text{обсл.пак}} = 0,012 - 0,006 = 0,006 \text{ с.}$$

Висновок: Розрахований таким чином час обслуговування загалом (з урахуванням похибок оточення) збігається з розрахованим раніше.

3.2 Розрахунок максимального допустимого загасання кабелю

Під час поширення електромагнітного сигналу крученою парою він поступово втрачає свою енергію. Цей ефект називається ослабленням або загасанням (attenuation, insertion loss). Загасання прийнято оцінювати в децибелах як різницю між рівнями сигналів на виході передавача і вході приймача. 1 дБ відповідає зміні потужності в 1.26 раза або напруги в 1.12 раза [13]. У кабельній техніці розрізняють власне та робоче загасання кабелю. Під власним загасанням кабелю розуміють його загасання під час роботи в ідеальних умовах. Під ідеальними умовами в цьому разі мається на увазі суворі рівність вихідного опору джерела сигналу і опору навантаження хвильовому опору кабелю в усьому робочому діапазоні частот. Експериментально власне загасання кабелю можна знайти на підставі його визначення як різниці рівнів вхідного і вихідного сигналів у тому випадку, якщо опір джерела сигналу і навантаження дорівнюють між собою і хвильовому опору кабелю. У процесі реальної експлуатації ця умова виконується не у всіх випадках, що зазвичай супроводжується збільшенням загасання. Таке загасання називається робочим. Що менша величина загасання, то потужнішим є сигнал на вході приймача, і тим стійкішим за інших рівних умов виявляється зв'язок. Загасання викликається насамперед активним опором і втратами в діелектричній ізоляції. Певним чином на загасання також впливають випромінювання електромагнітної енергії та відбиття. На довжині 100 метрів і за температури 20°C частотна характеристика $A(f)$ максимально допустимого загасання, починаючи з 0.772 МГц, для кабелю категорії 5 визначається за формулою 3.15, таким чином:

$$A(f) = k_1 \sqrt{f} + k_2 \sqrt{f} + k_3 \sqrt{f} \text{ [дБ]}, \quad (3.15)$$

где A – максимально допустимое затухание;

f [МГц] – частота сигнала (0,772);

k_1, k_2, k_3 – константы, определяемые в зависимости от категории кабеля (k_1 – 1,967, k_2 – 0,023, k_3 – 0,05).

$$A(f) = k_1\sqrt{f} + k_2\sqrt{f} + k_3\sqrt{f} = \\ = 1,967\sqrt{0,772 \cdot 10^6} + 0,023\sqrt{0,772 \cdot 10^6} + 0,05\sqrt{0,772 \cdot 10^6} = 1,7 \cdot 10^3 \text{ дБ.}$$

Будь-який провідник, яким тече змінний струм, є джерелом випромінювання в навколишній простір. Воно відбирає у сигналу енергію і веде до зростання загасання сигналу. Це різко зростає із збільшенням частоти сигналу. Зі зростанням частоти втрати на електромагнітне випромінювання зростає. Для мінімізації втрат на випромінювання застосовують балансову передачу та скручування провідників пари.

3.3 Розрахунок перехідного згасання

При передачі сигналу частина його енергії внаслідок неідеальності балансування кручений пари перетворюється на електромагнітне випромінювання, що викликає наведені струми у сусідніх парах. Цей ефект називається перехідними наведеннями. Наведення, накладаючись на корисні сигнали, що передаються по сусідніх парах, відіграють роль перешкод, при значному рівні можуть призводити до помилок прийому, і знижують якість зв'язку [13].

Різниця між рівнями сигналу, що передається, і створеної ним перешкоди на сусідній парі називається перехідним згасанням. У техніці СКС перехідне згасання має запозичене з англійської технічної літератури позначення NEXT (Near End Crosstalk). Чим вище значення NEXT, тим менший рівень має наведення у сусідніх парах, і, отже, тим якіснішим є кабель. З практичної точки зору, цікава частотна залежність перехідного згасання від довжини лінії. Пара, що впливає, і пара схильна до впливу, прокладаються паралельно один одному під загальною захисною оболонкою. Завдяки цьому їх провідники можуть розглядатися як обкладки конденсатора.

Це означає, що зі зростанням частоти перехідне згасання падає.

Характеристики кабелю згасання, перехресних наведень та імпедансу наведені в таблиці 3.3:

- опір - 9.38 Ом/100м;
- ємність – 4.59 нФ/100 м на частоті 1 кГц.

□ Додатково стандарт фіксує мінімально допустиме значення NEXT на частотах менше 0.772 МГц, що буває необхідним для деяких додатків. Нормовані значення у разі подаються у табличній формі. Стандарти нормують лише мінімальну величину параметра NEXT.

Таблиця 3.3

Характеристики кабелю UTP

Частота, МГц	Згасання, дБ/100м	NEXT, дБ	Імпеданс, Ом
0,064	-	-	125+15
0.128	-	-	115+15
0.256	-	-	110+15
0.772	1.8	64	100+15
1.0	2.0	62	100+15
4.0	4.1	53	100+15
8.0	5.8	48	100+15
10.0	6.5	47	100+15
16.0	8.2	44	100+15
20.0	9.3	42	100+15
25.0	10.4	41	100+15
31.25	11.7	40	100+15
62.5	17.0	36	100+15
100	22.0	32	100+15

3.4 Розрахунок ширини смуги частот за стандартом H.264

Розрахуємо залежність смуги частот залежно від кількості користувачів, що беруть участь у відеоконференції при передачі та прийомі [14. 15].

Швидкість передачі аудіо для високої, середньої та низької якості

$$S_{\text{audio}} = 0,064 \text{ Мбіт/с.}$$

Швидкість передачі аудіо для дуже низької якості

$$S_{\text{audio}} = 0,016 \text{ Мбіт/с.}$$

Швидкість передачі відео з високою роздільною здатністю (LR Video)

$$S_{\text{LRvideo}} = 0,192 \text{ Мбіт/с}$$

Залежність смуги частот від користувачів відеоконференції

Кількість користувачів у відеоконференції	Якість смуги (S_{video} Мбіт/с)			
	Висока	Середня	Низька	Дуже низька
2- користувач	3	1,5	0,768	0,128
3- користувач	2,25	1,125	0,6	0,128
4- користувач		0,937	0,45	0,128
....				
20 - користувач	1,875	1,875	0,45	0,128

Розрахуємо ширину смуги частот при передачі аудіо та відео за різної якості, коли у відеоконференції 2, 3, 4 та 20 користувачів за формулами 3.16 та 3.17 відповідно

$$S_{\text{Пер}2,3,4} = S_{\text{video}} + S_{\text{audio}}, \quad (3.16)$$

$$S_{\text{Пер}5...20} = S_{\text{video}} + S_{\text{audio}} + S_{\text{LRvideo}}, \quad (3.17)$$

Розрахуємо залежність за стандартної конференції (великий вид плюс аудіо).

При 2-ох, 3-х і 4-х користувачів за формулою 3.16 на високій якості

$$S_{\text{Пер}2} = 3 + 0,064 = 3,6 \text{ Мбіт/с},$$

$$S_{\text{Пер}3} = 2,25 + 0,064 = 2,31 \text{ Мбіт/с},$$

$$S_{\text{Пер}4} = 1,875 + 0,064 = 1,94 \text{ Мбіт/с},$$

Розрахунок залежності під час розширеної конференції (великий вид плюс зменшений вигляд плюс аудіо).

При 5-ти та більше користувачів за формулою 3.17 на високій якості

$$S_{\text{Пер}5,6...20} = 1,875 + 0,064 \cdot 0,192 = 2,13 \text{ Мбіт / с.}$$

Проведемо аналогічний розрахунок за інших якостей смуги частот і результати зведемо в таблицю 3.5.

Розрахуємо ширину смуги частот при прийомі аудіо та відео за різної якості, коли у відеоконференції 2, 3, 4 та 20 користувачів за формулами 3.18, 3.19 та 3.20

$$S_{\text{Пер}2} = S_{\text{Пер}2}, \quad (3.18)$$

$$S_{\text{Пер}3,4} = S_{\text{Пер}2,4} \cdot (N - 1), \quad (3.19)$$

$$S_{\text{Пер}5,6...20} = 3 \cdot S_{\text{video}} + (N - 1) S_{\text{LRvideo}} + (N - 1) S_{\text{audio}}, \quad (3.20)$$

де N – кількість користувачів відеоконференції.

Розрахуємо залежність за стандартної конференції (великий вид плюс аудіо).

При 2-ох, 3-х і 4-х користувачів на високій якості

$$S_{\text{Пер}2} = 3,6 \text{ Мбіт/с,}$$

$$S_{\text{Пер}3} = 2,31 \cdot (3 - 1) = 4,62 \text{ Мбіт/с,}$$

$$S_{\text{Пер}4} = 1,94 \cdot (4 - 1) = 5,82 \text{ Мбіт/с.}$$

Розрахунок залежності під час розширеної конференції (великий вид плюс зменшений вигляд плюс аудіо).

Таблиця 3.5

Залежність ширини смуги частот від кількості користувачів у відеоконференції

Кількість користувачів конференції	Якість пропускної здатності (Мбіт/с)							
	Висока		Середня		Низька		Дуже низька	
	Передача	Прийом	Передача	Прийом	Передача	Прийом	Передача	Прийом
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Стандартна конференція (великий вигляд + аудіо)								
2	3,06	3,06	1,56	1,56	0,83	0,83	0,144	0,144
3	2,31	4,63	1,19	2,38	0,66	1,32	0,144	0,288
4	1,94	5,82	1	3	0,51	1,53	0,144	0,432
Розширена конференція (Великий вигляд + Зменшений вигляд + аудіо)								
5	2,13	6,07	1,19	3,259	0,71	1,798	0,384	0,64
6	2,13	6,33	1,19	3,515	0,71	2,054	0,384	0,848
7	2,13	6,59	1,19	3,771	0,71	2,31	0,384	1,056
8	2,13	6,84	1,19	4,027	0,71	2,566	0,384	1,264
9	2,13	7,1	1,19	4,283	0,71	2,822	0,384	1,472
10	2,13	7,35	1,19	4,539	0,71	3,078	0,384	1,68
11	2,13	7,61	1,19	4,795	0,71	3,334	0,384	1,888
12	2,13	7,87	1,19	5,051	0,71	3,59	0,384	2,096
13	2,13	8,12	1,19	5,307	0,71	3,846	0,384	2,304
14	2,13	8,38	1,19	5,563	0,71	4,102	0,384	2,512
15	2,13	8,63	1,19	5,819	0,71	4,358	0,384	2,72
16	2,13	8,89	1,19	6,075	0,71	4,614	0,384	2,928
17	2,13	9,15	1,19	6,331	0,71	4,87	0,384	3,136
18	2,13	9,4	1,19	6,587	0,71	5,126	0,384	3,344
19	2,13	9,66	1,19	6,843	0,71	5,382	0,384	3,552
20	2,13	9,91	1,19	7,099	0,71	5,638	0,384	3,76

При 5-ти та більше користувачів за формулою 3.20 на високій якості

$$S_{\text{Пер}5} = 3 \cdot 1,875 + ((5-4) \cdot 0,192) + ((5-1) \cdot 0,064) = 6,07 \text{ Мбіт/с,}$$

$$S_{\text{Пер}20} = 3 \cdot 1,875 + ((20 - 4) \cdot 0,192) + ((20 - 1) \cdot 0,064) = 9,91 \text{ Мбіт/с.}$$

Провидимо аналогічний розрахунок за інших якостей смуги частот і результати зведемо в таблицю 3.5.

З таблиці 3.5 будемо графіки залежності рисунки 3.2, 3.3, 3.4, 3.5.

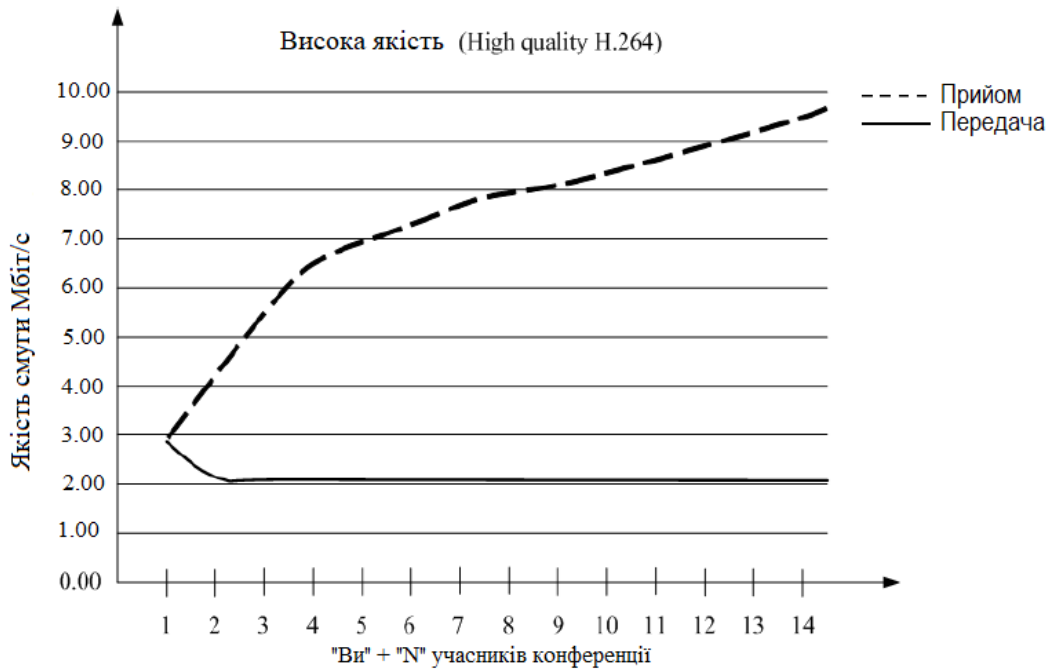


Рисунок 3.2. Залежність ширини смуги частот від кількості користувачів у відеоконференції, висока якість

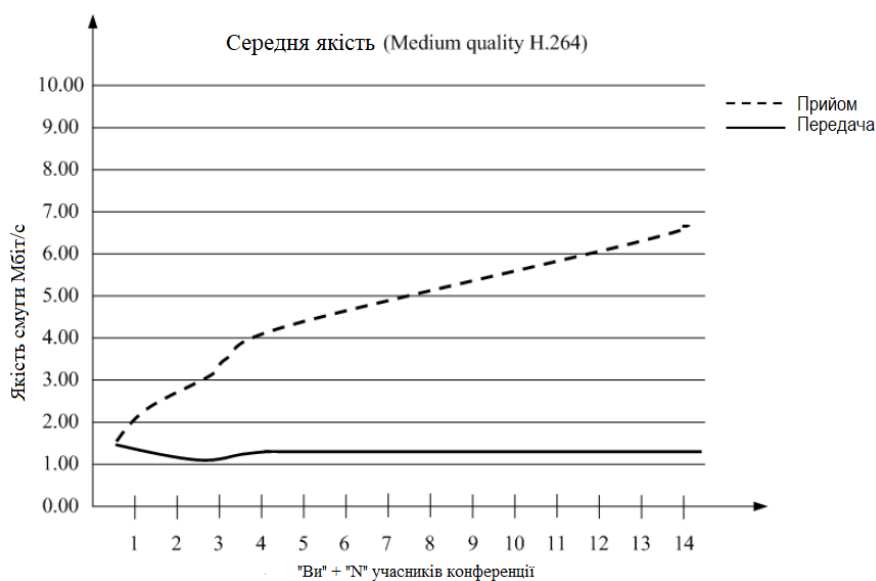


Рисунок 3.3. Залежність ширини смуги частот від кількості користувачів у відеоконференції, середня якість

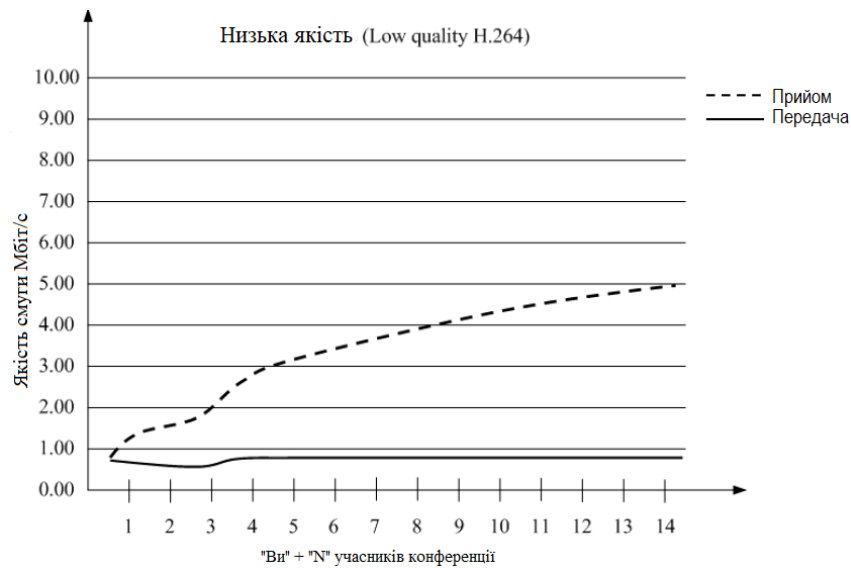


Рисунок 3.4. Залежність ширини смуги частот від кількості користувачів у відеоконференції, низька якість

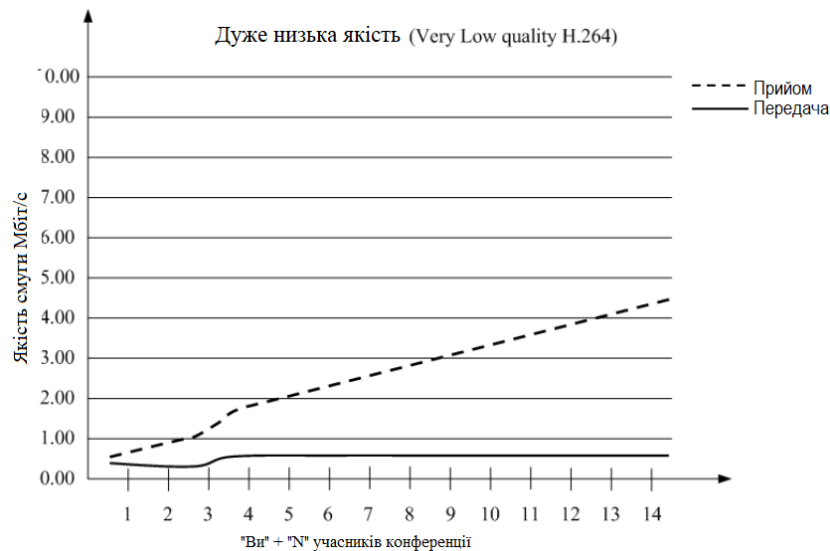


Рисунок 3.5. Залежність ширини смуги частот від кількості користувачів у відеоконференції, дуже низька якість

3.5 Оцінка якості передачі мовлення під час відеоконференцзв'язку

Система відеоконференцзв'язку працює за технологією IP. Зробимо розрахунок коефіцієнта використання системи відеоконференцзв'язку. Цей коефіцієнт обчислюється як відношення необхідної від цієї системи швидкості обслуговування R_0 до пропускної спроможності системи R_K тобто. [16]

$$K_{\text{вик}} = R_0 / R_K, \quad (3.21)$$

$K_{\text{вик}}$ системи відповідає умові $0 \leq K_{\text{вик}} \leq 1$

математичне очікування частки використовуваної пропускної спроможності системи, що ближче $K_{\text{вик}}$ до одиниці, то більше вписувалося чергу очікування повідомлення. Час перебування повідомлення T в концентраторі для n -повідомлення.

$$T = t_{\text{обсл}} + t_{\text{оч}} = L/R_k + nL/R_k. \quad (3.22)$$

Повідомлення, що знаходиться в буферній пам'яті, обслуговуються вихідним каналом з пропускною здатністю R_k кбіт/с.

$$t_{\text{оч}} = (K_{\text{вик}} / (1 - K_{\text{вик}})) \cdot t_{\text{обсл}} \quad (3.23)$$

$$t_{\text{обсл}} = L / R_k, \quad (3.24)$$

де L – Середня довжина повідомлення, $L=50$ біт.

Вихідні дані

при $R_k = 2,048$ Мбіт/с, $R_o = 1,7$ Мбіт/с.

$$K_{\text{вик}} = 1,7/2,048 = 0,83 \quad (3.25)$$

умовие $0 \leq K_{\text{вик}} \leq 1$ соблюдается. Теперь находим $t_{\text{обсл}}$, $t_{\text{оч}}$

$$t_{\text{обсл}} = \frac{50}{2048 \cdot 10^3} = 24,4 \text{ мкс}, \quad (3.26)$$

$$t_{\text{оч}} = (0,83 / (1 - 0,83)) \cdot 24,4 \cdot 10^{-6} = 119,1 \text{ мкс}.$$

Звідси і час перебування повідомлення

$$T = 24,4 + 119,1 = 143,5 \text{ мкс}.$$

3.6 Алгоритм обробки черги пакетів

Прийmemo такі припущення [16]:

– m -терміналів, підключених до маршрутизатора, встановили з'єднання та є учасниками діалогу з нескінченною тривалістю;

– кожен термінал обслуговується двома буферами для накопичення пакетів. Термінал формує пакет та поміщає його в буфер. Наступний пакет міститься в цей же буфер, який до цього моменту повинен бути очищений, інакше новий пакет записується на місце попереднього;

– передбачається наступна процедура обробки пакетів (рисунок 3.6).

Термінал формує порожні чи непусти пакети в інтервали часу $r\tau_{\text{пак}} + i\Delta$, де $r=0,1,2,\dots$, де Δ - параметр, який можливо регулюється вхідним маршрутизатором. Оскільки неможливо засинхронізувати ці моменти часу з моментами підключення абонентів, то можливе або урізання мовного пакета, або додавання порожнього пакета один раз на початку діалогу.

– буфер, що відповідає терміналу, обробляється в моменти часу $rh+i\Delta$. Якщо в даний момент сформований не порожній пакет, він поміщається в чергу для подальшої передачі. Черга обробляється відповідно до процедури FIFO («перший прийшов-перший обслужений»);

– передбачається, що поведінка абонента не залежить від стану черги.

Щоб уникнути затримок або пропадання пакетів для передачі мови в реальному часі, необхідно забезпечити $\tau_{\text{пак}} \leq m\Delta$. Пакети надходять у чергу з послідовністю $r\tau_{\text{пак}} + i\Delta$ з ймовірністю $P_i(r)$ і $\tau_{\text{пак}}$ визначає тривалість кадру. До основних параметрів, визначальних технічні можливості тракту передачі пакетів, ставляться такі:

- m – число абонентів, які встановили зв'язок із вхідним маршрутизатором;
- R_i – швидкість передачі від терміналу кбіт/с;
- R_k – пропускна здатність тракту між маршрутизаторами кбіт/с;
- L_i – довжина інформаційної частини пакета біт;
- $L_{\text{сл}}$ – службові біти (преамбула та кінцевик) пакета, біт.

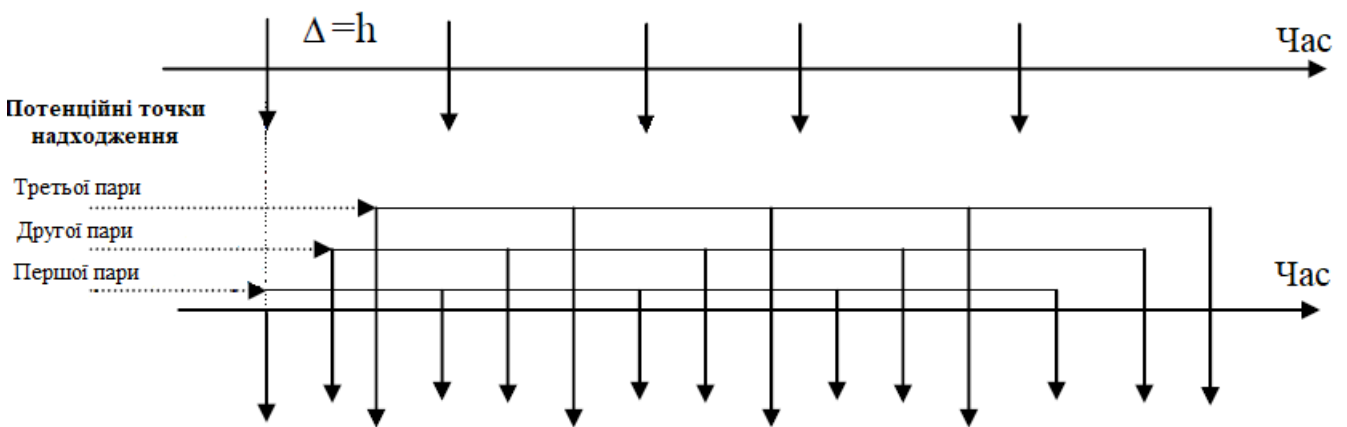


Рисунок 3.6 – Геометрична природа потоку надходжень

Час передачі (обслуговування) пакета визначається за аналогією з виразом

$$t_{обс} = M = \frac{L_H + L_{cc}}{R_k} \quad (3.27)$$

Вимоги до затримки залежать від декількох визначальних параметрів, таких як число транзитів від джерела до місця призначення, ємність лінії зв'язку, розмір пакета.

При $R_k = 2,048$ Мбіт/с, $L_i = 200$ біт, $L_{сл} = 164,6$ біт, $R_i = 1,7$ Мбіт/с.

Час обслуговування пакету

$$t_{обсл} = \frac{200 + 164,6}{2048 \cdot 10^3} = 178 \text{ мкс},$$

$$K_{вик} = \frac{1,7}{2,048} = 0,83.$$

3.7 Оцінка середнього часу запізнення при пакетній передачі

Вважаючи [16]

$$K = mK_u / 2R_k,$$

Отримаємо

$$m(T) = \frac{Lu + \frac{L_{cc}}{Rk} \cdot Lu(0,75 - \frac{k}{2}) - \frac{k}{2} \cdot L_{cc}}{Lu(1 - \frac{k}{2}) - k \cdot L_{cc}}, \quad (3.28)$$

де $0 \leq k \leq 1$; $k = 0,175$.

У свою чергу,

$$K_{исп} = k(1 + A), \quad (3.29)$$

де

$$A = \frac{R_H}{R_k} \quad (3.30)$$

При $R_k = 2,048$ Мбіт/с, $L_i = 200$ біт, $L_{сл} = 164,6$ біт, $R_i = 1,7$ Мбіт/с.

$$m(T) = \frac{200 + \frac{164,6}{2048 \cdot 10^3} \cdot 200 \cdot (0,75 - \frac{0,175}{2}) - \frac{0,175}{2} \cdot 164,6}{200 \cdot (1 - \frac{0,175}{2}) - 0,175 \cdot 164,6} = 1,21.$$

3.8 Оптимальна довжина інформаційного пакету

Представляє оцінку впливу отриманих результатів на можливість появи пакетів p , оцінювана співвідношенням [16]

$$p(\tau_i = 1) = p \quad (3.31)$$

У цьому випадку слід враховувати співвідношення

$$m(T) = \frac{2 - K_{ucn} - P}{2(1 - K_{ucn})} \mu. \quad (3.32)$$

Таким чином, загальний середній час затримки прийме вигляд:

$$m(T_{\Sigma}) = \frac{2 - K_{ucn} - P}{2(1 - K_{ucn})} \mu + \frac{L_{cl} + L_{cl}}{R_u} \quad (3.33)$$

За аналогією з вище викладеним знайдемо загальну довжину інформаційного пакету L_{opt} із рівняння

$$\frac{d}{dL_u} m(T_{\Sigma}) = 0 \quad (3.34)$$

Виконавши необхідні перетворення, знайдемо

$$\frac{1}{2R_k} (2R_k L_u - mR_u L_u - mR_u L_{cl})^2 + \frac{1}{R_u} (2R_u L_u - mR_u L_{cl})^2 + (1-p) \{ L_u [L_u (2R_k - mR_u) - mR_u L_{cl}] - mR_u L_{cl} L_u - mR_u L_{cl} \} = 0. \quad (3.35)$$

А після перетворення

$$aL^2 + bL_u + c = 0 \quad (3.36)$$

де

$$a = 4R_k + \frac{m^2 R_k^2}{2R_k} - 3mR_u + \frac{4R_k}{R_u} + m^2 R_u - 4m R_k - 2R_k P + mR_u P; \quad (3.37)$$

$$b = \frac{m^2 R_u L_{cl}}{R_k} - 4mR_u L_{cl} + 2m^2 L_u L_{cl} - 4mR_k L_{cl} + 2mR_u L_{cl} P, \quad (3.38)$$

$$c = m^2 R_u L_{cl}^2 - mR_u L_{cl}^2 + \frac{m^2 R_u^2 L_{cl}}{2R_k} + mR_u L_{cl}^2 P. \quad (3.39)$$

Звідки шукане рішення має вигляд

$$L_{opt} = -\frac{b}{2a} + \frac{\sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (3.40)$$

Підставляємо дані, отримаємо - ймовірність $p = 0.015$.

При $R_k=19,2$ кбіт/с, $L_i=50$ біт, $L_{cl}=14,59$ біт, $R_i=5,6$ кбіт/с $m=15$

$$a = 4 \cdot 2048 \cdot 10^3 + \left(\frac{15^2 \cdot (2048 \cdot 10^3)^2}{2 \cdot 2048 \cdot 10^3} \right) - 3 \cdot 15 \cdot 1700 \cdot 10^3 + \frac{4 \cdot (2048 \cdot 10^3)}{1700 \cdot 10^3} + 15^2 \cdot 1700 \cdot 10^3 - 4 \cdot 15 \cdot 2048 \cdot 10^3 - 2 \cdot 2048 \cdot 10^3 \cdot 0,015 + 15 \cdot 1700 \cdot 10^3 \cdot 0,015 = 725,99$$

$$L_{opt} = 614 \text{ байт.}$$

Аналіз чисельних результатів показує, що в загальному випадку оптимальна затримка з кінця в кінець (за оптимальної довжини пакета) залежить:

- пропускну здатність каналу зв'язку R_k ;
- довжини інформаційної частини пакету L_i ;
- довжини службової частини пакету L_{cl} ;
- швидкості передачі від терміналу R_i ;
- числа абонентів, що одночасно встановили зв'язок m .

Насправді ці параметри вважатимуться заданими. Заголовок є функцією мережного протоколу, що включає план і число адрес, що допускаються в мережі.

В основному є два керовані параметри: довжина пакета L і числа віртуальних каналів, які можна організувати по каналу зв'язку.

Система відеоконференцзв'язку, що встановлюється у залі нарад головного офісу підприємства, дозволяє створювати конференцію, до якої можуть підключатися всі фахівці підприємства незалежно від того, в якій філії міст Київ, Харків чи Полтава вони знаходяться.

До складу аудіовізуального комплексу входять такі підсистеми, як:

- Система відображення графічної та відеоінформації.
- Устаткування для звукопідсилення мови та музики.
- Конференц-система.
- Система відеоконференцзв'язку.
- Комплекс протоколювання переговорів.

- Кошти централізованого управління АВ комплексом.
- IT-інфраструктура.



Рисунок 3.7. Відеоконференцзв'язок із використанням технології «Телеприсутності»

Все обладнання контролюється з місця голови та представляє максимально простий та зрозумілий інтерфейс управління. В обладнання використовується технологія телеприсутності «Tele Presence» – це обладнання відеоконференцзв'язку останнього покоління, воно створює зображення високої чіткості та тривимірний звук, ефект живого звуку досягається на технологічному рівні завдяки шумоізоляції, ретельно підбраному освітленню, маскуванню обладнання та застосуванню великих моніторів, що дозволяють транслиувати зображення у масштабі 1:1 (рисунок 3.7).

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

У розділі 3 дипломної роботи були проведені розрахунки та оцінки, пов'язані з відеоконференцзв'язком підприємства.

Спочатку був проведений розрахунок пропускної спроможності магістральної мережі, що визначає необхідну пропускну здатність для передачі відеоданих.

Далі, було здійснено розрахунок максимального допустимого загасання кабелю, що впливає на якість передачі сигналу.

Також було проведено розрахунок перехідного згасання, яке виникає при передачі сигналу через різні типи кабелю.

Для кодування відеоданих використовується стандарт H.264, тому було проведено розрахунок ширини смуги частот, необхідної для передачі відео згідно з цим стандартом.

Для оцінки якості передачі мовлення під час відеоконференцзв'язку були використані відповідні показники та алгоритми обробки черги пакетів.

Нарешті, було визначено оптимальну довжину інформаційного пакету, яка впливає на ефективність передачі даних.

Результати цих розрахунків та оцінок є важливими для встановлення оптимальних параметрів та налаштувань відеоконференційної системи підприємства з метою забезпечення надійної та якісної комунікації.

ВИСНОВКИ

В рамках першого розділу була розглянута загальна характеристика відеоконференційного зв'язку та його основні принципи. Було визначено, що відеоконференції є важливим інструментом комунікації для підприємств, що дозволяє здійснювати віртуальні зустрічі та спілкування між співробітниками, клієнтами та партнерами з використанням аудіо та відео зв'язку. Розділ також охопив основні переваги та виклики, пов'язані з відеоконференціями, а також оглянував різноманітні технології, протоколи та обладнання, які використовуються у цій сфері.

У другому розділі були розглянуті мінімальні вимоги до локальної мережі VoIP та відеоконференцій. Було визначено необхідність забезпечення якості передачі голосу та відео, а також викладено вимоги до локальної мережі, що включають пропускну спроможність, власні порти на комутаторі або маршрутизаторі, підтримку QoS (Quality of Service) та інші аспекти. Розділ також займався описом вимог до навколишнього середовища, такого як інфраструктура локальної мережі та вимоги до мережних компонентів.

В третьому розділі були проведені розрахунки та оцінки, пов'язані з відеоконференцзв'язком підприємства. Було розраховано пропускну спроможність магістральної мережі, максимальне допустиме загасання кабелю, перехідне згасання та ширину смуги частот за стандартом H.264. Також була оцінена якість передачі мовлення та розглянуті алгоритми обробки черги пакетів. Розділ завершився визначенням оптимальної довжини інформаційного пакету.

В цілому, розділи 1, 2 і 3 роботи дозволили детально розібратись у важливих аспектах відеоконференційного зв'язку та його впливу на мережеву інфраструктуру підприємства. Результати розрахунків і оцінок забезпечують необхідну базу для правильного проектування, розробки та налаштування відеоконференц системи з метою забезпечення високої якості та надійності комунікації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2011). *Computer Networks*. Pearson Education.
2. Stallings, W. (2013). *Data and Computer Communications*. Pearson Education.
3. Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2017). *Computer Networking: A Top-Down Approach*. Pearson Education.
4. Cisco. (2020). *Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2019-2024*.
5. Rosenberg, J. (2006). *SIP: Understanding the Session Initiation Protocol*. Artech House.
6. H.323 standard (1996). International Telecommunication Union.
7. Jain, R. (2004). *The Art of Computer Systems Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation, and Modeling*. Wiley-Interscience.
8. Sisalem, D., & Schulzrinne, H. (2005). Voice over IP performance monitoring. *IEEE Communications Magazine*, 43(9), 95-101.
9. ITU-T Recommendation G.107 (2015). The E-model, a computational model for use in transmission planning.
10. ITU-T Recommendation G.729 (2012). Coding of speech at 8 kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear prediction.
11. ITU-T Recommendation H.264 (2017). Advanced video coding for generic audiovisual services.
12. Clark, D. (1988). The Design Philosophy of the DARPA Internet Protocols. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 18(4), 106-114.
13. Al-Shaer, E., & Hamed, H. H. (2010). Firewall Policy Advisor: Optimize Firewall Policies with Reliability and Efficiency. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 7(2), 81-95.

14. Li, C., Blake, S., & DeSanti, C. (2019). RFC 2475: An Architecture for Differentiated Services.

15. <https://www.hsa.org.ua/blog/videokonferentszv-yazok-realizatsiya-mozhlyvosti-uchasti-u-sudovomu-zasidanni-poza-mezhamy-prymishhennyam-sudu>

16. <https://posibniki.com.ua/post-ir-telefoniya-ta-videokonferenciya-u-kis#:~:text=%D0%86%D0%A0%2D%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D1%84%D0%BE%D0%BD%D1%96%D1%8F%20%E2%80%94%D1%86%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F%2C,%D1%84%D0%B0%D0%BA%D1%81%D1%96%D0%B2%20%D1%83%20%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B8%D0%BC%D1%96%20%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%83>.

Розміщення додатків (якщо потрібно)