

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інфокомунікацій
(повна назва)

Кафедра Інфокомунікаційної інженерії імені В.В. Поповського
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти другий (магістерський)
(повна назва)

Організація відеоконференцзв'язку підприємства
Organization of Enterprise Videoconferencing
(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи ТСМм-18-1
Лук Куанг Хунг
(прізвище, ініціали)

Спеціальність: 172 Телекомунікації та радіотехніка»
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми: освітньо-наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма: телекомунікаційні системи та мережі
(повна назва освітньої програми)

Керівник: доцент кафедри ІКІ ім. В.В. Поповського
Терещенко І.В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____
(підпис)

Лемешко О.В.
(прізвище, ініціали)

2020 р.

6. Консультанти розділів роботи

| Найменування розділу | Консультант (посада, прізвище, ім'я, по- батькові) | Позначка консультанта про виконання розділу | |
|----------------------|--|---|------|
| | | підпис | дата |
| Основна частина | Доцент Терещенко Ігор Володимирович | | |

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|---|---------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1 | Отримання завдання | 13.03.2020 | Виконано |
| 2 | Збір матеріалів для дослідження | 22.12.2019 | Виконано |
| 3 | Розробка вступу та 1 розділу | 30.01.2019 | Виконано |
| 4 | Розробка 2 розділу | 15.02.2020 | Виконано |
| 5 | Розробка 3 розділу | 15.03.2020 | Виконано |
| 6 | Розробка висновку | 30.04.2020 | Виконано |
| 7 | Оформлення атестаційної роботи | 15.05.2020 | Виконано |

Дата видачі завдання 13.03.2020

Студент _____ Лук Куанг Хунг
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ доцент Терещенко І.В.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 85 с., 19 рис., 14 табл., 42 джерела.

ЛОКАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА МЕРЕЖА, ВІДЕОКОНФЕРЕНЦЗВ'ЯЗОК, ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ, ЧАС ЗАТРИМКИ, ІНТЕНСИВНІСТЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ, КОЕФІЦІЄНТ ВИКОРИСТАННЯ, VPN, MPLS, ISDN

Об'єкт дослідження – процес формування трафіку у корпоративних мережах відеоконференцзв'язку.

Предмет дослідження – методи аналізу і розрахунку трафіку у корпоративних мережах відеоконференцзв'язку.

Метою атестаційної роботи є визначення і оптимізація вимог до формування трафіку мережі відеоконференцзв'язку підприємства залежно від принципів її організації і функціонального призначення.

У атестаційній роботі розглянуті принципи побудови мережі відеоконференцзв'язку підприємства і визначені вимоги до формування трафіку такої мережі.

ABSTRACT

The document contains 85 pages, 14 tables, 19 pictures, 42 references.

LOCAL INFORMATIVE NETWORK, VIDEOCONFERENCING, BANDWIDTH, DELAY TIME, SERVICE INTENSITY, UTILIZATION RATE, VPN, MPLS, ISDN.

The object of research is the process of generating traffic in corporate video conferencing networks.

The subject of the research is methods of analysis and calculation of traffic in corporate videoconferencing networks.

The goal of certification work is determination of requirements to the traffic formation of the enterprise videoconference network depending on principles of the organization and functional purpose.

In certification work principles of the videoconference network development for enterprise are considered and curtailed the requirements to the traffic formation of such network.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,..... | 8 |
| СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ | 8 |
| ВСТУП..... | 11 |
| 1. ПРИЗНАЧЕННЯ, ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ І ОСОБЛИВОСТІ ВІДЕОКОНФЕРЕНЦЗВ'ЯЗКУ ПІДПРИЄМСТВА..... | 15 |
| 1.1 Призначення, особливості і принципи організації відеоконференцзв'язку | 15 |
| 1.1.1 Основні категорії та класи відеоконференцзв'язку | 18 |
| 1.1.2 Інфраструктура мережі відеоконференцзв'язку | 19 |
| 1.2 Методи організації каналів зв'язку для систем ВКЗ..... | 24 |
| 1.3 Основні стандарти відеоконференцзв'язку (комунікаційні протоколи) | 26 |
| 1.3.1 Протоколи управління відеоконференцзв'язком | 30 |
| 1.3.2 Базова архітектура стандарту H.323 | 32 |
| 2 ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ СТАНДАРТІВ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ВІДЕОКОНФЕРЕНЦЗВ'ЯЗКУ ТА МЕТОДИКА ОЦІНКИ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО КАНАЛУ В МЕРЕЖІ ІР | 37 |
| 2.1 Компетенції міжнародного консорціуму мультимедійних телеконференцій..... | 37 |
| 2.2 Загальні рекомендації ІТУ по організації відеоконференцзв'язку | 39 |
| 2.3 Методика оцінки пропускної здатності мультимедійного каналу в мережі ІР | 40 |
| 2.4 Стандартизація якості обслуговування в мультисервісних СПД | 49 |
| 3. РОЗРАХУНОК ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ МЕРЕЖІ ВІДЕОКОНФЕРЕНЦЗВ'ЯЗКУ ПІДПРИЄМСТВА | 54 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.1 | Вимоги до пропускної здатності каналів зв'язку для відеоконференцій | 54 |
| 3.2 | Оцінка мінімальної пропускної здатності каналів зв'язку сервера відеоконференції | 57 |
| 3.3 | Особливості обслуговування інформаційного потоку відеоконференцзв'язку | 59 |
| 3.4 | Розрахунок параметрів системи відеоконференцзв'язку | 63 |
| 3.5 | Розрахунок ширини смуги частот каналу відеоконференцій за стандартом H.264 | 70 |
| 3.5.1 | Норми і параметри мережі для відеоконференцій | 70 |
| 3.6 | Приклад використання TrueConf Server в локальній мережі для організації відеоконференцзв'язку | 74 |
| | ЗАКЛЮЧЕННЯ | 78 |
| | ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ..... | 82 |

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АЛ – абонентська лінія

АМТС – автоматична міжміська телефона станція

АТС – автоматична телефонна станція

БД – база даних

ВС – вузлова станція

ВСК – виділений сигнальний канал

ВКЗ – відеоконференцзв'язок

ЗКС – загальний канал сигналізації

МТМ – міська телефонна мережа

ЕМЕ – єдина мережа електрозв'язку

ІМ – інтелектуальна мережа

К – конвертер сигналізації

КК – комутація каналів

КП – комутація пакетів

МАК – мультисервісний абонентський концентратор

МВ – мережевий вузол

МК – магістральний комутатор

МКД – мультисервісний комутатор доступу

МРК – міжрегіональна компанія

МСЕ – міжнародний союз електрозв'язку

МТА – мобільний телефон

ОВ – оптичне волокно

КС – крайова станція

ОЦК – основний цифровий канал

ПК – персональний комп'ютер

РАТС – районна АТС

КД – керівний документ

КТМ – керівний технічний матеріал

СЛ – сполучна лінія

СТМ – сільська телефонна мережа
ТА – телефонний апарат
ТК – транзитний комутатор
ТТ – телевізійний термінал
ТМЗК – телефонна мережа загального користування
РК – розподільна коробка
РРЛ – радіорелейний лінія
УАТС – установча автоматична телефонна станція
ЦМІО – цифрова мережа інтегрального обслуговування
ЦС – центральна станція
Ш – шлюз
ADSL – asymmetric digital subscriber line
API – application programming interface
ATM – asynchronous transfer mode
CO – central office
DB – data base
DCME – digital circuit multiplication equipment
DSS1 – digital subscriber signaling no. 1
DSLAM – digital subscriber line access multiplexer
DWDM – dense wavelength division multiplexing
EDSS – european digital subscriber signaling
ETSI – european telecommunications standards institute
IAD – integrated access device
IETF – internet engineering task force
IN – intellectual network
INAP – intelligent network application protocol
IP – internet protocol
IPDV – internet packet delay variation
IPTV – internet protocol television
ISDN – integrated services digital network
ISP – internet service provider
ISUP – ISDN user part

ITG – internet telephony gateway
ITU – international telecommunication union
IWF – inter-working function
JB – junction box
GSM – global system for mobile
LAN – local area network
LE – low end
Megaco – media gateway control
MGC – media gateway controller
MGCP – MGC protocol
MPLS – multiprotocol label switching
NGN – next generation network
OF – optical fiber
PC – personal computer
PDH – plesiochronous digital hierarchy
PSTN – public switch telephone network
QoS – quality of service
RTP – real-time transport protocol
SaaS – software as a service
SCP – service control point
SDH – synchronous digital hierarchy
SIP – session initiation protocol
SLA – service-level agreement
SNMP – simple network management protocol
STM – synchronous transport module
TDM – time division multiplexing
TCP/IP – transmission control protocol/internet protocol
VoIP – voice over internet protocol
WLL – wireless local loop

ВСТУП

Робота будь-якого підприємства безпосередньо залежить від якості і надійності корпоративних систем зв'язку. Незамінним засобом у сфері вирішення ділових питань як і раніше є телефонія. Сучасні корпоративні системи, що володіють високою продуктивністю і інтелектуальністю здатні підвищити рівень управління підприємством, допомагають ефективно контролювати діяльність підприємства, забезпечують підтримку виробничого процесу.

Залежно від потреб замовника, розмірів підприємства, ступеня територіальної роз'єднаності підрозділів і інших параметрів. Телекомунікаційні компанії пропонують різні за своїм призначенням, функціоналом і ємності рішення по організації корпоративних систем зв'язку: цифрові АТС; обладнання систем зв'язку; ІР-телефонію провідних світових виробників; відеоконференцзв'язок (ВКЗ).

Сучасні рішення відеоконференцзв'язку істотно розширюють поняття бізнес-комунікацій і дають можливість співробітникам і партнерам взаємодіяти не дивлячись на що розділяють їх відстані. При цьому співрозмовника не тільки видно і чути, але ще можлива демонстрація документів та інших предметів. Системи відеоконференцзв'язку сприяють зростанню динамічності та гнучкості бізнесу, оптимізують управління.

У всьому світі сьогодні технологія відеозв'язку позиціонується в першу чергу як ефективний засіб для оптимізації бізнес-процесів. Зокрема, мова йде про скорочення кількості ділових відряджень, економії на транспортних, представницьких та накладних витратах (особливо в умовах світової економічної кризи).

Програмні рішення для відеозв'язку і відеоконференцій

Для роботи програмних рішень для відеоконференцій і відеозв'язку потрібно ПК з підключеними до нього гарнітурою і вебкамерой. Ці програми бувають платними і безкоштовними (Skype та ін.). Їх головні переваги:

- мінімальні початкові інвестиції (камера + гарнітура);

- можливість проведення відеоконференцій з декількома учасниками (правда, її підтримують не всі програми);
- низька ціна (або взагалі повна безкоштовність).

Основні недоліки нинішніх програмних рішень для відеозв'язку:

- низька якість відеозображення (як низька частота кадрів, так і низьке розділення);
- різке погіршення якості в разі використання режиму відеоконференції;
- дуже високий рівень завантаження ПК, що робить паралельну роботу за комп'ютером некомфортною.

Апаратні рішення для відеозв'язку і відеоконференцій

Апаратні рішення для спілкування по відеозв'язку і відеоконференцій значно дорожче програмних, зате вони позбавлені всіх недоліків останніх. Апаратні рішення забезпечують телевізійне (включаючи HD) якість передачі зображення, підтримують підключення різноманітних зовнішніх джерел відеосигналу, гарантують стабільну роботу і мають масу інших достоїнств. Апаратні рішення для відеозв'язку, в свою чергу, вже сьогодні є цілком адекватною заміною бізнес відряджень, нарад керівників вищої ланки, виїзних тренінгів, семінарів тощо.

У технологічному плані сьогодні можна виділити три основні напрями розвитку систем ВКЗ:

1. Деякий час тому явно проявилася тенденція використовувати в бізнес-системах ВКЗ обладнання високої чіткості (720p, 1080p). Не можна сказати, що раніше системи HD не були представлені на ринку, проте сучасний бізнес вимагає все більш високої якості відеоспілкування. Разом з тим зростання попиту збігся з істотним падінням цін на апаратні компоненти (камери, відеопроцесори) HD систем, в результаті чого різниця в цінах між HD і SD обладнанням у провідних вендорів рідко перевищує 20-30%.

2. Практично на всіх рівнях ринку все більшої популярності набувають програмні рішення ВКЗ. Зрозуміло, що не всі типи терміналів або бриджив можуть бути програмними, проте індивідуальні мобільні робочі місця співробітників (ноутбуки) цілком логічно комплектувати саме програмними

клієнтами. При цьому не забуваємо про попередню тенденцію – навіть програмні клієнти рухаються в бік підтримки HD, зрозуміло, за умови, що робоче місце обладнане відповідною камерою.

З огляду на перший і другий вищезначені напрями у першому розділі атестаційної роботи розглянуті призначення, основні принципи організації і особливості відеоконференцзв'язку підприємства.

3. Провідні розробники систем ВКЗ все частіше розвивають свої системи на основі стандартних протоколів і технологій. Розробники зрозуміли, що замовника насторожують «закриті» системи, що не мають можливості взаємодії з аналогами інших виробників. Більшість систем сьогодні будується з підтримкою сигнальних протоколів SIP/H.323 (останній має тенденцію поступатися дорогою SIP) і кодеків H.263/H.264. В результаті, в систему, наприклад, Tandberg, як правило, без особливих труднощів вдається підключити термінали Polycom або іншого виробника.

Отже у другому розділі атестаційної роботи проаналізовані загальні рекомендації стандартів з організації відеоконференцзв'язку.

4. Перспективна тенденція надання послуг ВКЗ операторами за моделлю SaaS (Software as a Service), що означає «програмне забезпечення як послуга». Це система продажу програмного продукту, при якому доступ користувачеві надається через Internet. Для клієнта оренда послуги ВКЗ у хмарі дозволяє заощадити на капітальних витратах на покупку власної системи ВКЗ, а також на її обслуговуванні та навчанні фахівців. Натомість клієнт отримує можливість орендувати у міру необхідності потужності операторської системи ВКЗ, що знаходиться в хмарі. Для компаній, які користуються ВКЗ лише час від часу, такий підхід є економічно вигідним. Отже будь-якому випадку для раціонального планування потрібно оцінка трафіку.

Таким чином у третьому розділі атестаційної роботи проведено розрахунок пропускної здатності мережі відеоконференцзв'язку підприємства.

Вищезначене дозволяє визначити об'єкт, предмет та мету атестаційної роботи.

Об'єкт дослідження – процес формування трафіку у корпоративних мережах відеоконференцзв'язку.

Предмет дослідження – методи аналізу і розрахунку трафіку у корпоративних мережах відеоконференцзв'язку.

Метою атестаційної роботи є визначення і оптимізація вимог до формування трафіку мережі відеоконференцзв'язку підприємства залежно від принципів її організації і функціонального призначення. Окремі результати роботи опубліковані у [34, 35, 37].

Таким чином, в світі в цілому шириться присутність ВКЗ в бізнес середовищі, медицині та інших сферах. При цьому мова йде вже навіть не про відеоконференцзв'язку як такої, а про системи для спільної роботи, що дозволяють проводити презентації, обговорення документів, віддалене навчання і т. д.

1. ПРИЗНАЧЕННЯ, ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ І ОСОБЛИВОСТІ ВІДЕОКОНФЕРЕНЦЗВ'ЯЗКУ ПІДПРИЄМСТВА

Відеоконференція (ВК) або відеоконференцзв'язок – це вид телекомунікацій між двома і більше абонентами, який дозволяє їм бачити і чути один одного незалежно від розділяє їх відстані. Для організації відеоконференцій використовується технологія – відеоконференцзв'язок. Спілкування в режимі відеоконференцій також називають сеансом відеоконференц-зв'язку.

Під час сеансу ВК забезпечується інтерактивний обмін звуком і зображенням. Також абоненти можуть транслювати телеметричні дані, комп'ютерні дані, демонструвати документи та об'єкти з використанням додаткових відеокамер. Передача потоку звуку і відео по мережі передачі даних забезпечується шляхом кодування / декодування даних (аудіо та відео потоку) з використанням стандартизованих аудіо- і відео-кодеків.

1.1 Призначення, особливості і принципи організації відеоконференцзв'язку

Відеоконференція (англ. Videoconference) – галузь інформаційної технології, що забезпечує одночасно двосторонню передачу, обробку, перетворення і подання інтерактивної інформації на відстань в режимі реального часу за допомогою апаратно-програмних засобів телекомунікаційної техніки.

Взаємодія в режимі відеоконференцій також називають сеансом відеоконференцзв'язку.

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

Цілі впровадження відеоконференцзв'язку.

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

У багатьох державних і комерційних організаціях відеоконференція приносить великі результати і максимальну ефективність, а саме:

- знижує час на переїзди і пов'язані з ними витрати;
- прискорює процеси прийняття рішень в надзвичайних ситуаціях;
- скорочує час розгляду справ у судах загальної юрисдикції;
- збільшує продуктивність праці;
- вирішує кадрові питання і соціально-економічні ситуації;
- дає можливість приймати більш обґрунтовані рішення за рахунок залучення при необхідності додаткових експертів;
- швидко і ефективно розподіляє ресурси, і так далі.

Для спілкування в режимі відеоконференції абонент повинен мати термінальний пристрій (кодек) відеоконференцзв'язку, відеотелефон або інший засіб. Як правило, в комплекс пристроїв для відеоконференцзв'язку входить:

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

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

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

Існує два режими роботи ВКЗ, які дозволяють проводити двосторонні (режим «точка-точка») і багатосторонні (режим «багатоточка») відеоконференції.

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

Завдання впровадження відеоконференцзв'язку.

Для впровадження відеоконференцзв'язку керівнику необхідно визначити головну мету застосування: проведення нарад, підбір персоналу, оперативність при прийнятті рішень, здійснення контролю, дистанційне навчання, консультація, проведення судових засідань, допит свідків тощо. При цьому необхідно враховувати основні правила відеоконференцзв'язку:

- гарантована високошвидкісна послуга зв'язку або виділені канали зв'язку тільки для сеансів відеоконференцій;
- стабільне і надійне електроживлення телекомунікаційного обладнання та відеоконференцзв'язку;
- оптимальні шумо- і ехо- поглинаючі особливості приміщення, в якому буде встановлено обладнання відеоконференцзв'язку;
- правильне розташування обладнання відеоконференцзв'язку по відношенню до світлового фону приміщення;
- коректна настройка телекомунікаційного обладнання і відеоконференцзв'язку задля якості послуги зв'язку з пріоритизації передачі даних;
- компетентний обслуговуючий технічний персонал;
- технічний супровід і підписка на оновлення обладнання через сертифікованого виробником постачальника.

Далі розглянемо основні категорії та класи відеоконференцзв'язку

1.1.1 Основні категорії та класи відеоконференцзв'язку

З огляду на функції і цілі застосування, обладнання відеоконференцзв'язку систематизується за категоріями та класами.

1. Персональні системи. Персональні системи забезпечують можливість індивідуального відеоспілкування користувача в режимі реального часу, не покидаючи свого робочого місця. Конструктивно індивідуальні системи зазвичай виконуються у вигляді настільних терміналів або у вигляді програмних рішень.

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

3. Галузеві системи. Галузеві системи – це системи, які застосовуються безпосередньо в певній галузі. Наприклад, у медичній галузі дуже часто застосовують системи для проведення операцій (телемедицина), в судовій системі – для проведення дистанційних касаційних і наглядових судових процесів, в нафтогазовій, енергетичній, будівельній галузі для оперативності подання інформації.

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

навантаження розподілено між серверів, шлюзи для проходження трафіку через міжмережеві екрани, шлюзи з мобільними мережами та абонентами.

Категорії підрозділяються на класи, які включають в себе п'ять різних класів.

1. Програмне рішення.

Програмні рішення (англ. Software solution) встановлюються на персональний комп'ютер, ноутбук або мобільний пристрій. Як периферії для захоплення і відтворення відео і звуку можуть використовуватися, як вбудовані в 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 більш широкі функціональні можливості при проведенні конференцій (наприклад, підтримується велика кількість учасників) і сумісність з апаратними рішеннями відеоконференцзв'язку різних виробників (завдяки використанню відкритих стандартів SIP і H.323).

Програмні рішення, як і апаратні, мають окремі клієнтську частину (аналог апаратного терміналу) і серверну (аналог MCU). Серверна частина, як і клієнтська, працює на ПК. Серверні частини програмних рішень не здійснюють перекодування відеопотоків, а тільки перенаправляють їх на клієнтські програми, що значно знижує системні вимоги до апаратної частини ПК, які використовуються в ролі сервера і здешевлює рішення в цілому. Побудова «картинки» з декількох відеоокон під час групових відеоконференцій, а також кодування і декодування даних в програмних рішеннях здійснюється тільки на клієнтській стороні. Використання технології SVC на серверній частині програмних рішень дозволяє в реальному часі змінювати якість потоків для кожного з учасників, не створюючи телекомунікаційне навантаження на сервер.

Переваги програмних рішень:

- можливість оновлень без необхідності заміни апаратної частини;
- не вимагають капітальних вкладень в інфраструктуру;
- немає необхідності в додатковому обладнанні для реалізації доп. можливостей (запис, спільна робота і т. п.);

- пристосовані для роботи на нестабільних каналах зв'язку, таких як інтернет;
- поставляються у вигляді ліцензій;
- Загальні обмеження програмних рішень;
- призначені в основному для індивідуального використання (практично неможливо застосовувати для проведення групових сеансів відеоконференцзв'язку, наприклад, в переговорних кімнатах);
- високе навантаження на центральний процесор ПК.

2. Відеоконференції стандартної якості.

Відеоконференції стандартної якості (англ. Standard Definition) мають на увазі підтримку чотирьох стандартів роздільної здатності відео: SQCIF (128x96), QCIF (176x144), CIF (352x288) і 4CIF (704x576) на швидкостях передачі даних від 64 Кбіт/с до 768 Кбіт/с.

Роздільності SQCIF і QCIF спочатку були введені для повільних каналів зв'язку (від 64 Кбіт/с) і в даний час практично не використовуються. Роздільність CIF підтримується на швидкостях від 256 Кбіт/с. Найвища стандартна роздільність 4CIF є на швидкостях від 384 Кбіт/с.

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

3. Відеоконференції високої чіткості.

Клас високої чіткості (англ. High Definition або англ. HD) з'явився в зв'язку з випуском на ринок систем ВКЗ з більш високою роздільною здатністю, ніж 4CIF, тобто дозвіл HD (1280x720), яке вимагає в кілька разів більше пікселів для побудови зображення в порівнянні зі стандартною відеоконференцзв'язком, і, відповідно, для її передачі необхідна більш висока швидкість.

Появі відеоконференції високої чіткості сприяло кілька чинників:

- в західних країнах почався масовий перехід на цифрове телебачення, в результаті якого монітори, фотоапарати, камери стали підтримувати технології високої чіткості;
- на додаток до H.323 був ратифікований стандарт стиснення відео H.264, що забезпечує більш ефективний алгоритм стиснення громіздких файлів для передачі відео по мережі, в тому числі бездротового;

- одночасно з цим на ринок було випущено нове покоління високопродуктивних спеціалізованих процесорів для обробки відео.

Термін «High Definition» ніяким стандартом не визначається. Він з'явився як маркетингове поняття, що припускає передачу відеозображення з роздільністю вище 4CIF і його супровід більш якісним звуком. Якість зображення рівня HD може бути отримано при ширині каналу від 512 Кбіт/с і вище. При відсутності необхідної смуги пропускання системи відеоконференцзв'язку, що працюють з дозволом HD, зазвичай адаптуються під існуючий канал зв'язку, зменшуючи, відповідно, якість відеозображення. Тобто, якщо смуги пропускання недостатньо для підтримки якості HD, то система відеоконференцзв'язку не відмовиться працювати, а автоматично знизить здатність зображення. Така функція вже реалізована на базі відеодвіжков компаній: Skype, Google, Microsoft, TrueConf та інших.

4. Телеприсутність.

Телеприсутність (англ. Telepresence) – технологія проведення сеансів відеоконференцзв'язку з використанням декількох кодеків (апаратних телекомунікаційних блоків терміналу відеоконференцзв'язку), що забезпечує максимально можливий ефект присутності за рахунок спеціальним чином встановлених екранів, меблів, обробки приміщення і т. п.

Відмінності від обладнання відеоконференцзв'язку високої чіткості:

- ефект спілкування співрозмовників в одній кімнаті;
- позиція і розмір співрозмовників;
- лінія погляду – «очі в очі»;
- інструменти для спільної роботи;
- природне акустичне оточення;
- освітлення;
- обробка приміщення.

Однією з основних новацій, реалізованих за останні кілька років, підтримка в деяких зразках обладнання, наприклад в обладнанні Polycom, технології H.264 High Profile, яка дозволяє приблизно вдвічі знизити необхідну для відеозв'язку пропускну здатність (табл. 1.1). Polycom першою вийшла на ринок з такою технологією. Вона дає можливість не тільки реалізувати

високоякісний відеозв'язок на менш швидкісних каналах, а й знизити загальну вартість мережі ВКЗ.

Таблиця. 1.1 – Порівняння вимог систем ВКЗ до пропускної здатності каналів при використанні кодеків H.264 Baseline Profile і H.264 High Profile

| Роздільна здатність | H264 Baseline Profile (норма в галузі сьогодні) | H.264 High Profile |
|----------------------------|--|---------------------------|
| CIF30 | 128 Кбіт/с | 64 Кбіт/с |
| 4CIF30 | 256 Кбіт/с | 128 Кбіт/с |
| 4CIF60 | 1024 Кбіт/с | 512 Кбіт/с |
| 720p30 | 1024 Кбіт/с | 512 Кбіт/с |
| 720p60 | 1512 Кбіт/с | 832 Кбіт/с |
| 1080p30 | 2048 Кбіт/с | 1024 Кбіт/с |

5. Ситуаційні і диспетчерські центри.

Ситуаційні/диспетчерські центри (англ. Situation and Control Centers) або кімнати призначені для осіб, які приймають рішення і можуть бути використані в різних областях діяльності. У загальному випадку ситуаційний центр складається з ситуаційної кімнати, оснащеної всіма комунікаціями, включаючи кошти відеоконференцзв'язку або телеприсутності і диспетчерського центру, який здійснює збір, аналіз і підготовку інформації для передачі в ситуаційну кімнату для ухвалення рішення. Також диспетчерська ситуаційної кімнати забезпечує зв'язок ситуаційної кімнати із зовнішнім світом.

Ситуаційні і диспетчерські центри надають можливість:

- експрес-аналізу поточного стану;
- моделювання сценаріїв можливих подій;
- експертної оцінки прийнятих рішень і їх оптимізації;
- вибору найбільш ефективного управлінського впливу на ту чи іншу ситуацію і так далі.

1.2 Методи організації каналів зв'язку для систем ВКЗ

Основну роль у відеоконференції відіграють канали зв'язку між абонентами. Розглянемо кілька методів організації каналів зв'язку для відеоконференцій.

1. Організація ВКЗ в мережі Internet.

Найпростіший і дешевий метод організації відеоконференцзв'язку – через Інтернет. Однак якість сеансу зв'язку в даному випадку може бути низьким, так як 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 Internet потрібно мати статичні IP-адреси і канали зв'язку з пропускнуою здатністю не менше 384 Кбіт/с в обидва боки (для вихідного та вхідного трафіку).

Трохи складніше налаштовується зв'язок по протоколу інкапсуляції видовий маршрутизації GRE (англ. Generic Routing Encapsulation). Протокол належить до мережевого рівня. Він може інкапсулювати інші протоколи, а потім здійснювати маршрутизацію всього набору до місця призначення. В даному випадку забезпечується мінімальний захист відеотрафіка в мережі, що дозволяє запобігти основне число «недосвідчених» вторгнень в інформаційне середовище відеоконференцзв'язку. Той же принцип, хоч і набагато більш високого рівня безпеки, закладений і в протоколі IP.

2. Організація ВКЗ за протоколом ISDN.

Абревіатура ISDN (англ. 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 режим комутації каналів, а дані обробляються в цифровій формі, як показано на рис.1.2 [7].

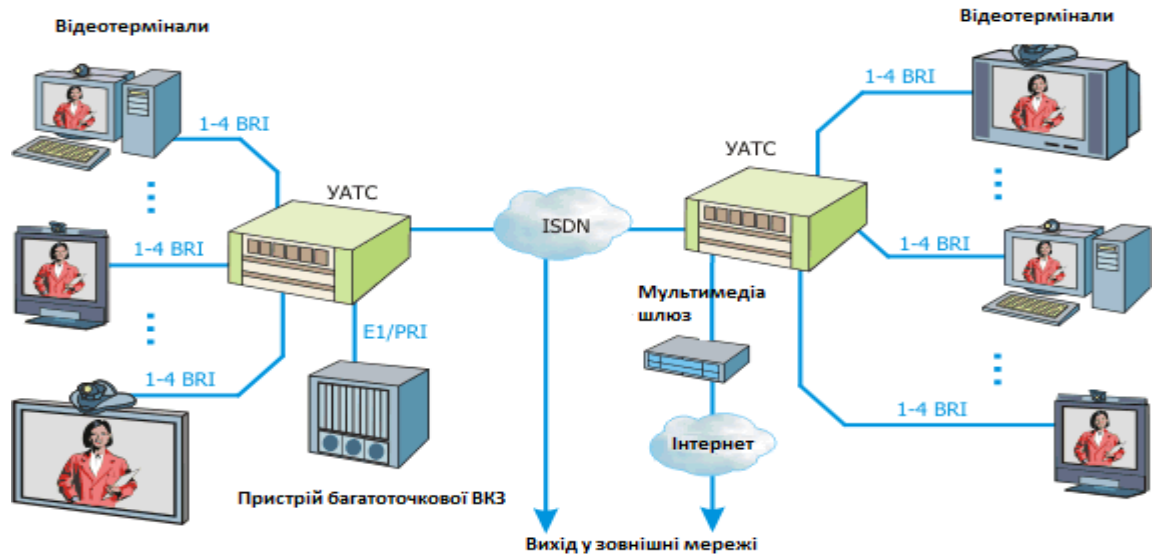


Рисунок 1.2 – Організація багатоточкової відеоконференції в ISDN [7]

ISDN має ряд переваг в порівнянні з традиційними аналоговими мережами, проте, в порівнянні з новими телекомунікаційними технологіями передачі даних, має ряд критичних недоліків:

- важко відстежити, на якій ділянці стався збій зв'язку;
- низька оперативність відновлення каналів зв'язку;
- порівняно висока вартість застосування послуги зв'язку при міжрегіональному сполученні.

3. Організація ВКЗ за технологією IP VPN MPLS.

MPLS (англ. Multiprotocol Label Switching) – мультипротокольна комутація по мітках, тобто механізм передачі даних, який емулює різні властивості мереж з комутацією каналів поверх мереж з комутацією пакетів.

Приклад організації відеоконференцій за технологією IP VPN MPLS наведено на рис. 1.3 [7].

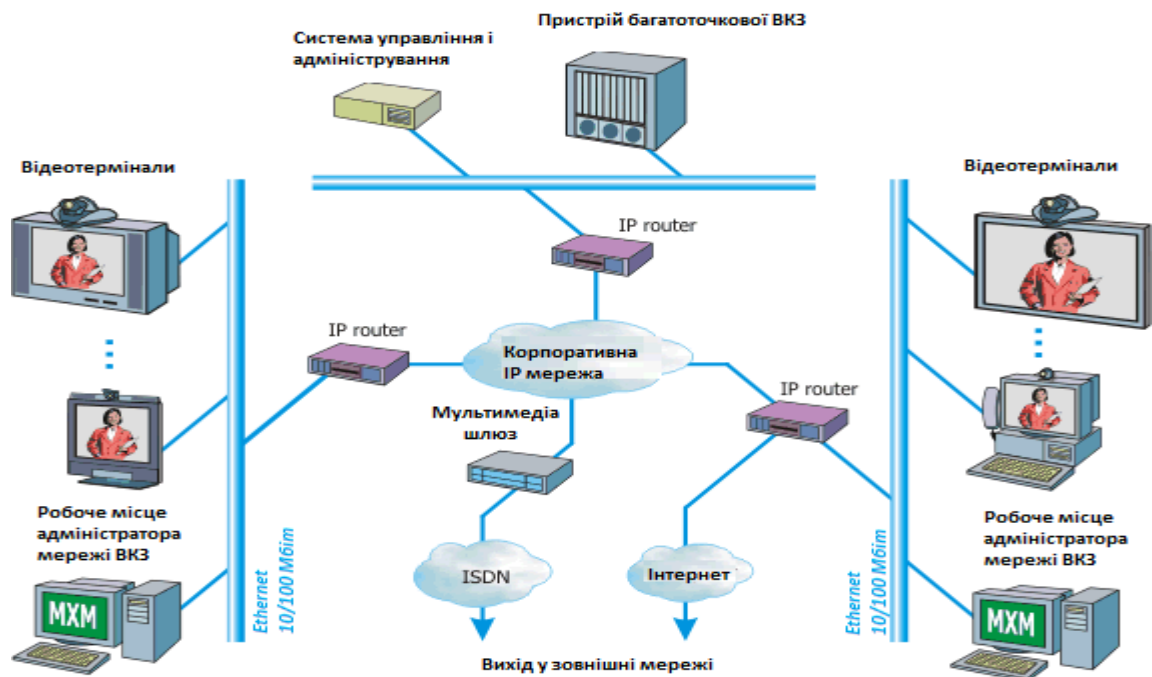


Рисунок 1.3 – Організація відеоконференції за технологією IP VPN MPLS [7]

Послуга зв'язку за технологією IP VPN MPLS в даний час є однією з найнадійніших і дешевих для організації відеоконференцій. Цьому сприяє VPN (англ. Virtual Private Network) – віртуальна приватна мережа, тобто узагальнена технологія, що дозволяє забезпечити одне або кілька мережевих захищених з'єднань (логічну мережу) поверх іншої мережі. Технологія IP VPN MPLS за ступенем захищеності використовуваного середовища відноситься до довірчої зоні. Вона застосовується у випадках, коли передавальну середу можна вважати надійною і необхідно вирішити лише завдання створення віртуальної підмережі в рамках більшої мережі.

1.3 Основні стандарти відеоконференцзв'язку (комунікаційні протоколи)

З метою проведення аудіо та відеоконференцій по телекомунікаційних мереж ІТУ-Т розробила серію рекомендацій H.32X.

Розглянемо стандарт мультимедійних додатків H.323 (рис.1.4 [9]).

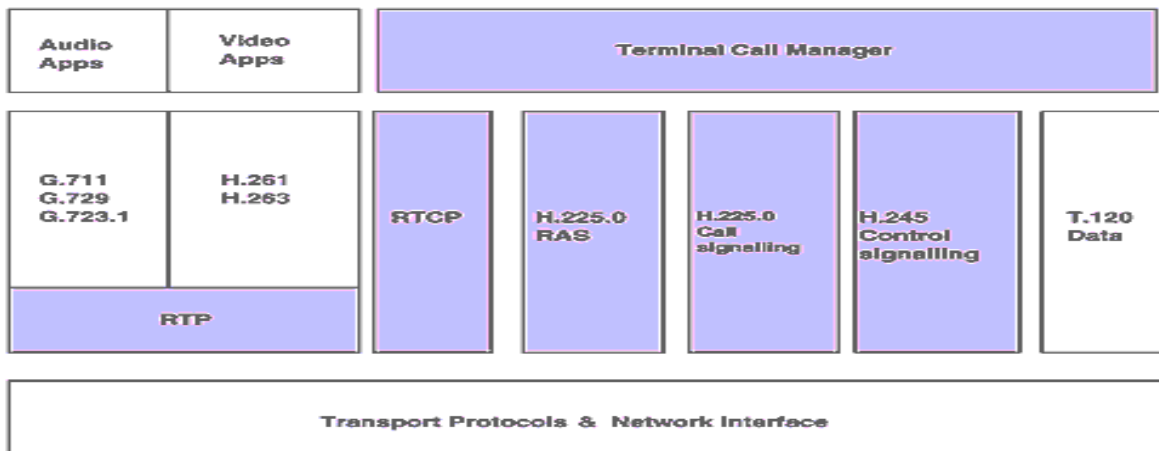


Рисунок 1.4 – H.323 стек протоколів з боку терміналу [9]

Серія H.32X включає в себе ряд стандартів щодо забезпечення проведення відеоконференцій:

1. H.320 – у мережах ISDN;
2. H.321 – через мережу Ш-ЦСІО і АТМ;
3. H.322 – через мережу з комутацією пакетів з гарантованою пропускнуою здатністю;
4. H.323 – через мережу з комутацією пакетів з негарантованою пропускнуою спроможністю;
5. H.324 – через телефонні мережі загального користування;
6. H.324/C – через мережу мобільного зв'язку;
7. H.239 – підтримка двох потоків від різних джерел, зображення учасника і даних (друга камера або презентація) виводяться на два різних дисплея або в режимі PIP на один дисплей;
8. H.460.17/18/19 – підтримка проходження аудіо- та відеотрафіка відеоконференцзв'язку через NAT і Firewall.

Рекомендації ITU-T, що входять в стандарт H.323, визначають порядок функціонування абонентських терміналів в мережах передачі даних з ресурсом, в основному не гарантують якості обслуговування.

Рекомендації H.323 передбачають:

- управління 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, вельми інтенсивно навантажує канали зв'язку, і, якщо не стежити за ростом цього навантаження, працездатність критично важливих мережевих сервісів може бути порушена. Тому рекомендації H.323 передбачають управління смугою пропускання. Можна обмежити як число одночасних з'єднань, так і сумарну смугу пропускання для всіх додатків H.323. Ці обмеження допомагають зберегти необхідні ресурси для роботи інших мережевих додатків. Кожен термінал H.323 може управляти своєю смугою пропускання в конкретній сесії конференції.

Стандарти стиснення відеозображення (відеостандарти).

1. Стандарт H.261 – розроблений ІТУ за стандартами телекомунікацій. На практиці перший кадр у стандарті H.261 завжди являє собою зображення стандарту JPEG, компресированное з втратами і з високим ступенем стиснення.

2. Стандарт H.263 – це стандарт стиснення відео, призначений для передачі відео по каналах з досить низькою пропускнуою здатністю (зазвичай нижче 128 Кбіт/с). Застосовується в програмному забезпеченні для відеоконференцій.

3. Стандарт H.264 – це новий розширений кодек, також відомий як AVC і MPEG-4, частина 10.

4. Стандарт H.264 High Profile – це найпродуктивніший профайл H.264 з алгоритмом стиснення відео Context Adaptive Binary Arithmetic Coding (САВАС), вперше впроваджений на обладнанні Polycom, дозволяє влаштувати HD-відео конференції на каналі від 512 Kbps.

Для відеоконференцій на сьогоднішній день найчастіше використовується стандарт H.263 і H.264.

Відео кодер-декодер кодує відео з камери для передачі через H. 323 термінал і декодує отриманий відео код. Так як H.323 визначає підтримку відео як додаткову (необов'язкову) послугу, підтримка відео кодер-декодерів також необов'язкова. Однак, будь-який H.323 термінал, що забезпечує відео зв'язок повинен підтримувати відео кодування та декодування відповідно до рекомендації H.261 ITU-T.

Стандарти стиснення звуку.

Деякі стандарти компресії аудіосигналу засновані на технології оцифровки звуку, званої сигнал РСМ або ІКМ. Основні аудіостандарти:

1. Стандарт G.711 – це стандарт для аудіокомпадування, який в основному використовується в телефонії.

2. Стандарт G.722 – широкосмуговий голосовий кодек стандарту ITU-T зі швидкістю 32-64 Кбіт/с.

G.722.1 (1999) – стандарт аудіостиснення G.722.1 Annex C базується на стандарті Polycom Siren 14.

G.722.2 (2002) – більш використовуваний варіант кодека, також відомий як Adaptive Multi Rate – WideBand (AMR-WB) «Адаптивний, з Перемінної Швидкістю – Широкосмуговий»

3. Стандарт G.723 – це стандарт кодування мови, прийнятий організацією ITU-T в 1988 році.

4. Стандарт G.726 – кодек є стандартом ITU-T адаптивної імпульсно-кової модуляції – ADPCM і описує передачу голосу смугою в 16, 24, 32, і 40 Кбіт/с.

5. Стандарт G.729 – це вузькосмуговий мовний кодек, який застосовується для ефективного сприйняття вузькосмугової телефонної мови (сигналу телефонної якості).

Так як обмін аудіо інформацією є мінімальним сервісом певним стандартом H.323, термінали повинні підтримувати принаймні один кодер-декодер, як визначено в ITU-T рекомендації G.711 (звукове кодування в 64 kbps). Можуть також підтримуватися додаткові звукові рекомендації кодер-декодера типу G.722 (64, 56, і 48 kbps), G.723.1 (5.3 і 6.3 kbps), G.728 (16 kbps), і G.729 (8 kbps).

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

Системи відеоконференцій базуються на досягненнях технологій засобів телекомунікацій та мультимедіа. Зображення і звук за допомогою засобів телекомунікаційної техніки передаються по каналах зв'язку локальних і глобальних телекомунікаційних мереж. Обмежувачими факторами для таких систем буде пропускна здатність каналу зв'язку і алгоритми компресії / декомпресії цифрового зображення і звуку.

1.3.1 Протоколи управління відеоконференцзв'язком

Відоме загальносвітове правило – чим більше мережа, тим складніше мережею управляти. Для забезпечення надійності, підвищення ефективності, відмовостійкості та безпеки мереж відеоконференції використовуються технології, що отримали назву «системи управління мережами».

До поняття «системи управління мережами відеоконференцій» повинні входити:

- Обробка та аналіз помилок – забезпечення необхідними інструментами для виявлення збоїв і відмов мережевих і термінальних пристроїв, визначення їх причин і прийняття дій по відновленню працездатності;
- Управління конфігурацією – відстеження та налаштування конфігурації мережевого апаратно-програмного забезпечення;
- Облік – вимір використання і доступності мережевих ресурсів;
- Управління продуктивністю – вимір продуктивності мережі, збір і 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 і припинення несанкціонованого доступу.

H.225-RAS – реєстрація, підтвердження, і контроль стану.

Даний протокол використовується між кінцевими точками (термінали і шлюзи) і контролером шлюзів. RAS використовується, щоб виконати реєстрацію, управління підтвердженням, зміна ширини смуги частот, стан, і роз'єднувати процедури між кінцевими точками і контролером шлюзу. RAS канал використовується, щоб обмінюватися RAS повідомленнями. Цей канал сигналізації відкритий між крайовою точкою і контролером зони (gatekeeper) до відкриття будь-яких інших каналів.

H.225 – сигнали виклику.

H.225 – сигнали виклику використовуються, щоб встановити з'єднання між двома H.323 кінцевими точками. Це досягається обміном H.225 повідомленнями протоколу на каналі сигналізації виклику. Канал сигналізації виклику відкритий між двома H.323 кінцевими точками або між крайовою точкою і контролером зони.

H.245 – сигнали управління.

H.245 – сигнали управління використовуються, щоб обмінюватися наскрізними повідомленнями управління, керуючи операціями H.323 кінцевих точок. Ці повідомлення управління несуть інформацію, пов'язану з наступним:

- обмін можливостей;
- відкриття та закриття логічних каналів, використовуваних при передачі мультимедіа потоків;
- повідомлення регулювання витрат ресурсів;
- основні команди і ознаки;

Транспортний протокол реального часу.

Транспортний протокол реального часу (RTP) забезпечує наскрізні послуги доставки звукової- і відео-інформації в реальному масштабі часу. Даний протокол застосовується для транспортних даних над IP мережами. RTP зазвичай використовується після протоколу UDP. RTP, разом з UDP, забезпечує функціональні можливості транспортного протоколу. RTP забезпечує

ідентифікацію типу корисного навантаження, нумерацію послідовності, тимчасові мітки, і поточний контроль доставки. UDP забезпечує послуги контрольної суми і мультиплексування. RTP може також використовуватися і з іншими транспортними протоколами.

Транспортний протокол управління реального часу.

Транспортний протокол управління реального часу (RTCP) – дублікат RTP, який забезпечує послуги управління. Первинна функція RTCP повинна забезпечити повернення даних про якість передачі. Інші функції RTCP включають перенесення ідентифікатора з транспортним рівнем для RTP джерела, званого канонічним ім'ям, яке використовується приймачами, щоб синхронізувати звуковий і відео потоки.

1.3.2 Базова архітектура стандарту H.323

Базова архітектура стандарту H.323 (рис.1.4) включає наступне:

Термінал (Terminal) – кінцеве мультимедійне (голос, відео, дані) пристрій, призначений для участі в конференції;

Мультимедіа шлюз (Gateway) – пристрій, призначений для преобразування мультимедійної і керуючої інформації при сполученні різнорідних мереж;

Пристрій управління багатоточковими конференціями (Multipoint Control Unit – MCU) – призначено для організації конференцій за участю трьох і більше учасників;

Контролер зони (Gatekeeper, Сторож, Конференц-менеджер) рис 1.5 [8] – рекомендований, але не обов'язкове пристрій, що забезпечує мережеве управління і виконує роль віртуальної телефонної станції.

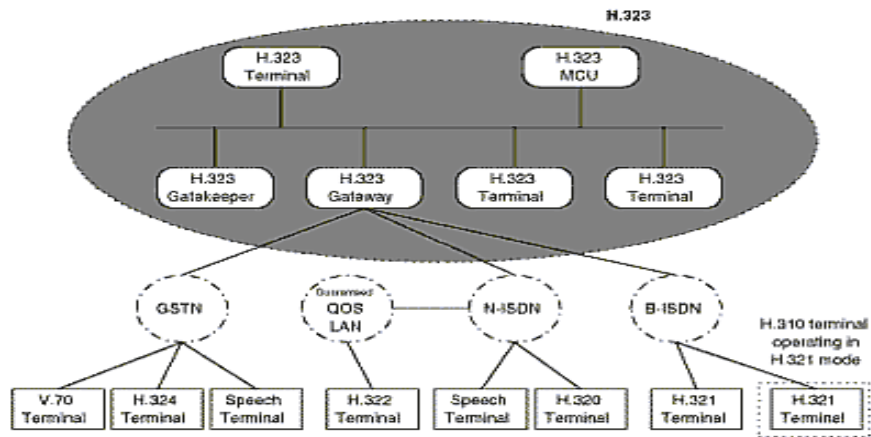


Рисунок 1.5 – Базова архітектура стандарту H.323 [9]

Термінали H.323

Під терміналом стандарт розуміє обладнання кінцевих точок мережі, яке дозволяє користувачам спілкуватися один з одним в реальному часі рис.1.6 [9].

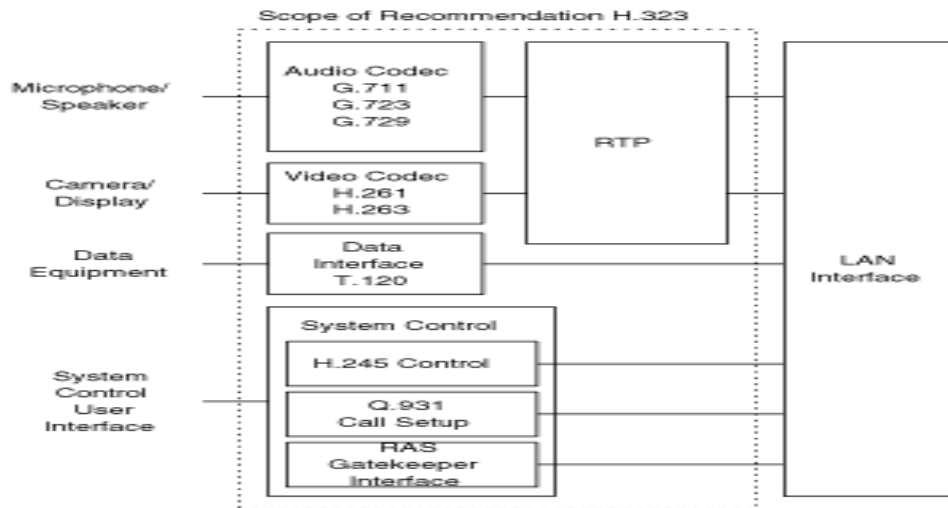


Рисунок 1.6 – Структура терміналу H.323 [9]

Контролер зони (Gatekeeper, сторож, конференц-менеджер) (рис 1.7 [9])

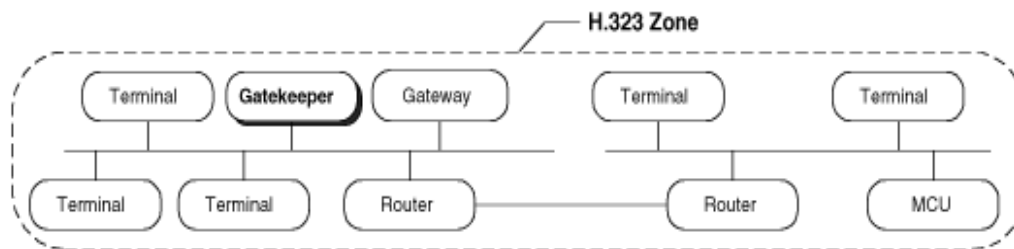


Рисунок 1.7 – Контролер зони (Gatekeeper) [9]

Для забезпечення пошуку станцій, шлюзів і підключення до багатоточкових конференцій використовується програма воратар (Gatekeeper) – ключовий пристрій для організації відеоконференції в IP мережі. Це рекомендований, але не обов’язковий пристрій, що забезпечує мережеве управління і виконує роль віртуальної телефонної станції.

Основними функціями контролера зони є:

- Управління та адресація викликів;
- Забезпечення основними типами обслуговування, такими як телефонний довідник і сервісом, характерним для УАТС (передача і перенаправлення викликів тощо);
- Управління використанням пропускнуої спроможності додатками H.323 таким чином, щоб забезпечити якість обслуговування (QoS);
- Управління спільним використанням мережевих ресурсів;
- Системне адміністрування і забезпечення безпеки.

Незважаючи на те, що Рекомендації H.323 визначають контролер зони як необов’язковий компонент, без нього неможливо скористатися потужним і різноманітним спектром послуг, передбачених творцями стандарту H.323 для додатків IP-телефонії та мультимедійних телеконференцій.

Пристрій управління багатоточновою конференцією (Multipoint Control Unit (MCU)).

Пристрої багатоточнової Відеоконференції (MCU, Multi Conference Unit), які часто називають відеосерверами, використовуються для організації сеансів відеоконференцій, коли в них беруть участь відразу кілька (три і більше) осіб. Справа в тому, що в разі багатоточкового зв’язку, якщо не використовувати

спеціальних рішень, навантаження на кожне робоче місце зростає пропорційно числу учасників відеоконференції, а в цілому на мережу – пропорційно його квадрату. Саме для того, щоб впоратися з величезними потоками інформації, які циркулюють в мережі, і використовують відеосервери. Уявіть собі, що ви проводите відеоконференцію з 10 учасниками одночасно. Ваш комп'ютер повинен обробити 9 надходять потоків даних від ваших співрозмовників. Якщо ж в мережі коштує відеосервер, то він приймає всі потоки даних на себе, і посилає Вам і Вашим колегам тільки один, вже сформований потік. Обчислювальні витрати вашого комп'ютера впали в 9 разів.

Пристрій MCU призначений для підтримки конференції між трьома і більше учасниками. У цьому пристрої повинен бути присутнім контролер Multipoint Controller (MC), і, можливо, процесори Multipoint Processors (MP). Контролер MC підтримує протокол H.245 і призначений для узгодження параметрів обробки аудіо- та відеопотоків між терміналами. Процесори займаються комутацією, мікшуванням і обробкою цих потоків.

Конфігурація багатоточкової конференції може бути централізованою, децентралізованою, гібридною і змішаною (рис.1.8 [9]).

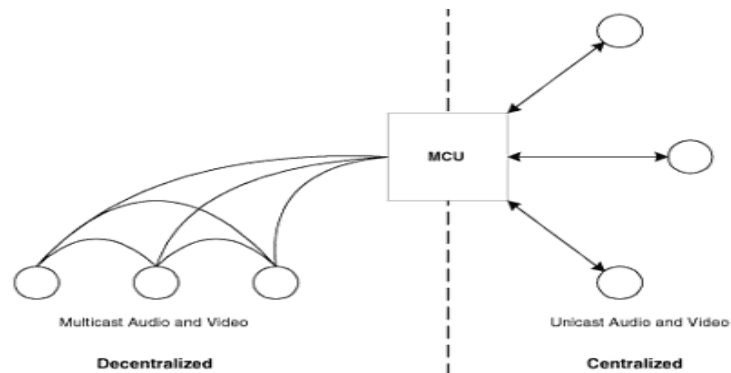


Рисунок 1.8 – Схеми централізованої і децентралізованої організацій конференції в H.323 [9]

Централізована багатоточкова конференція вимагає наявності пристрою MCU. Кожен термінал обмінюється з MCU потоками аудіо, відео, дані і командами управління за схемою «точка-точка». Контролер MC, використовуючи протокол H.245, визначає можливості кожного терміналу. Процесор MP формує необхідні для кожного терміналу мультимедійні потоки і

розсилає їх. Крім того, процесор може забезпечувати перетворення потоків від різних кодеків з різними швидкостями даних.

Децентралізована багатоточкова конференція використовує технологію групової адресації. Беруть участь в конференції H.323 термінали здійснюють багатоадресну передачу мультимедіа потоку іншим учасникам без посилки на MCU. Передача контрольної і керуючої інформації здійснюється за схемою «точка-точка» між терміналами і MCU. У цьому випадку контроль багатоточкової розсилки здійснюється контролером MC.

Гібридна схема організації ВКЗ є комбінацією двох попередніх. Беруть участь в конференції H.323 термінали здійснюють багатоадресну передачу тільки аудіо або тільки відеопотоку іншим учасникам без посилки на MCU. Передача інших потоків здійснюється за схемою "точка-точка" між терміналами і MCU. В цьому випадку використовується як контролер, так і процесор MCU.

Висновки до першого розділу

Відеоконференція – це інтерактивний інструмент, який включає в себе аудіо, відео, комп'ютерні та комунікаційні технології для здійснення зв'язку віддалених територіально співрозмовників «обличчям до обличчя» в реальному часі, а також має можливість поділу всіх типів інформації, включаючи дані, звук, зображення, документи і тому подібне. По суті, відеоконференція дозволяє подолати бар'єр відстані для здійснення ефективної комунікації.

Висока якість звуку і повноекранне відео, можливість оперативного обміну даними і документами, які підтримуються розвиненими протоколами – роблять відеоконференції потужним інструментом з найширшим спектром практичного застосування.

2 ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ СТАНДАРТІВ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ВІДЕОКОНФЕРЕНЦІВ'ЯЗКУ ТА МЕТОДИКА ОЦІНКИ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО КАНАЛУ В МЕРЕЖІ ІР

Діяльність по розробці стандартів в області інформаційних технологій ведеться в рамках спільного комітету ISO/IEC, який курирує понад 1300 стандартів. До їх числа входять і стандарти, що визначають функціонування аудіо/відео систем реального часу (алгоритми кодування аудіо, графічної, мультимедіа та гіпермедіа інформації, телекомунікаційний і інформаційний обмін між системами і т.д.). Інформація про ці стандарти і національні доповнення до них знаходиться на спеціальному інформаційному ресурсі ISO (ISONET, <http://www.wssn.net/WSSN/>). Зараз є доступним посилання <https://www.certh.gr/BA29E4D3.en.aspx>.

2.1 Компетенції міжнародного консорціуму мультимедійних телеконференцій

Міжнародний консорціум мультимедійних телеконференцій (ІМТС) є некомерційною міжнаціональною корпорацією, створеною в 1994 році на базі двох раніше існуючих міжнародних об'єднань виробників мультимедіа: комунікаційного обладнання – Consortium for Audiographics Teleconferencing Standards, Inc. і Multimedia Communications Community of Interest, концентрувавши свою увагу на впровадженні вимог стандартів відповідно Т.120 і Н.32х. Консорціум ІМТС об'єднав роботу в цих напрямках, оскільки в сучасних системах відеоконференції функції, передбачені зазначеними рекомендаціями, є однаково важливими.

Самі по собі рекомендації ІТУ-Т і стандарти ISO ще не гарантують повної сумісності продуктів, вироблених різними фірмами, залишаючи за фірмами право конкретних програмно-апаратних рішень. Проблема сумісності різних систем відеоконференції є основним об'єктом уваги ІМТС.

В даний час в діяльності ІМТС беруть участь понад 140 Компанії та організацій, і його зусилля спрямовані на:

- розширенні використання мультимедіа телекомунікаційних систем, які базуються на відкритих стандартах, перш за все на стандартах серії H.xxx і T.120, прийнятих ІТУ-Т;

- поширенні знань в середовищі потенційних споживачів про можливості та переваги застосування мультимедійних систем підтримки спільної роботи, що базуються на відкритих стандартах. Ця робота проводиться консорціумом за допомогою організації демонстрацій, проведення тестування сумісності обладнання різних виробників, публікацій відповідних матеріалів;

- розробці методів реалізації вимог стандартів ІТУ-Т, що забезпечують сумісність продуктів різних виробників.

Діяльність ІМТС організована в рамках 6 робочих груп, які займаються такою тематикою:

- застосування комунікаційних протоколів, передбачених рекомендаціями H.320, H.323 і T. 120;

- сумісність програмних засобів, мережевого обладнання та сервісів в системах відеоконференції;

- взаємозв'язок H.320-систем з системами відеоконференції, що працюють в локальних мережах;

- розробка технічних і організаційних проблем проведення групових багатоточкових конференцій;

- вивчення та узагальнення вимог кінцевих користувачів систем відеоконференції;

- поширення інформації про розробки ІМТС в пресі, в середовищі кінцевих користувачів і виробників мультимедіа комунікаційних систем.

Особливо корисними в практичному аспекті є регулярні ІМТС тести наявних на світовому ринку програмно-апаратних засобів відеоконференції зв'язку.

Перераховані рекомендації як і серія стандартів H.32x є по суті «зонтичними» пакетами різних часткових рекомендацій і самі по собі не визначають багато деталей протоколів взаємодії систем. Детальні вимоги до відповідних систем і протоколів містяться саме у зазначених часткових рекомендаціях. При цьому багато з цих часткових рекомендацій фігурують

одночасно в різних «зонтичних пакетах», будучи сполучними ланками, які забезпечують вирішення проблеми сумісності різних систем відеоконференції.

Найбільшого поширення в даний час отримали системи відеоконференції, що працюють відповідно до рекомендацій (стандартів) H.320, H.323, H.324 при широкому використанні рекомендацій T 120.

2.2 Загальні рекомендації ITU по організації відеоконференцзв'язку

Рекомендації ITU передбачають:

1. Управління смугою пропускання. Передача аудіо та відеоінформації інтенсивно навантажує канали зв'язку, і, якщо не стежити за ростом цього навантаження, працездатність критично важливих мережевих сервісів може бути порушена. Тому рекомендації H.323 передбачають управління смугою пропускання. Можна обмежити як число одночасних з'єднань, так і сумарну смугу пропускання для всіх додатків H.323. Ці обмеження допомагають зберегти необхідні ресурси для роботи інших мережевих додатків. Кожен термінал H.323 може управляти своєю смугою пропускання в конкретній сесії конференції;

2. Можливість взаємодії мереж (наприклад, IP і ISDN, IP і PSTN);

3. Платформну незалежність. Взаємодіючі між собою додатки можуть створюватися на основі різних платформ, з різними операційними системами;

4. Підтримку багатоточкових конференцій (з трьома або більше учасниками). Багатоточкові конференції можуть проводитися як з використанням центрального MCU (пристрою багатоточкової конференції), так і без нього;

5. Підтримку багатоадресної передачі. H.323 підтримує багатоадресну передачу в багатоточковій конференції, якщо ця функція підтримується протоколом керування груповою адресацією (такий, як IGMP). При багатоадресній передачі один пакет інформації відправляється всім необхідним адресатам без зайвого дублювання. Багатоадресна передача використовує смугу пропускання набагато більш ефективно, оскільки всім адресатам – учасникам списку розсилки відправляється рівно один потік;

6. Стандарти для кодеків. H.323 встановлює стандарти для кодування і декодування аудіо і відеопотоків з метою забезпечення сумісності обладнання різних виробників. Разом з тим стандарт досить гнучкий. Існують вимоги, виконання яких є обов'язковим, і існують опціональні можливості, в разі користування яких також необхідно строго слідувати стандарту. Крім цього, виробник може включати в мультимедійні продукти і додаткові можливості, якщо вони не суперечать обов'язковим і опціональним вимогам стандарту.

7. Підтримку групової адресації;

8. Сумісність. Учасники конференції спілкуються один з одним, не піклуючись про питання сумісності між собою. Рекомендації H.323 підтримують з'ясування загальних можливостей обладнання кінцевих користувачів і встановлюють найкращі із загальних протоколів кодування, виклику і управління;

9. Гнучкість. H.323 конференція може включати учасників, кінцеве обладнання яких має різні можливості. Наприклад, один з учасників може використовувати термінал лише тільки з аудіо можливостями, в той час як інші учасники конференції можуть мати можливості передачі/прийому також відео та даних.

2.3 Методика оцінки пропускної здатності мультимедійного каналу в мережі IP

Для оцінки (розрахунку) пропускної здатності каналу в мережі IP спочатку визначимо загальний обсяг переданої інформації між локальними мережами протягом одного робочого дня. Для цього припустимо, що в мережі підприємства працюють кілька категорій користувачів:

- користувачі, що використовують комп'ютерну мережу для передачі документів за допомогою електронної пошти;
- користувачі, що виробляють завантаження програм з віддалених файлових серверів;
- користувачі, які регулярно працюють з віддаленими базами даних;

– користувачі, які користуються послугами голосового зв'язку і телеконференцій для проведення робочих нарад та переговорів, тобто передають дані мультимедіа.

Інформація про обсяг переданих даних користувачем кожної категорії береться на основі статистичних досліджень.

Для розрахунку загального обсягу переданих даних користувачами локальної мережі скористаємося формулою:

$$Q = \sum_i Q_i \cdot N_i, \quad (2.1)$$

де Q_i – обсяг переданих даних (в байтах) одним користувачем i -тої категорії; N_i – число користувачів i -тій категорії в одній локальній мережі.

Зробимо розрахунки для всіх користувачів розподіленої мережі. Кількість користувачів кожної категорії наведено в табл. 2.1, причому один і той же користувач може одночасно належати до різних категорій, тобто, наприклад, він може користуватися послугами електронної пошти та інформацією з віддалених баз даних одночасно.

Таблиця 2.1 – Число користувачів за категоріями (приклад)

| Категорія користувачів | Кількість користувачів |
|--|------------------------|
| Пересилання документів по електронній пошті | 150 |
| Програми для завантаження з віддаленого файл-сервера | 70 |
| Робота з віддаленими БД | 100 |
| Передача даних мультимедіа | 25 |

Цифри наведені в табл. 2.1 взяті на підставі статистичних спостережень за роботою великих мереж протягом декількох років. Дані спостереження показали, наступне:

- послугами електронної пошти користуються як правило (98-100) відсотків користувачів;
- завантаженням ПЗ з віддалених серверів зайняті (45-50) відсотків користувачів мережі;
- роботою з інформаційними базами і банками даних зайняті (60-70) відсотків користувачів;

– послугами надсилання графічних даних (відеоконференція, телефонія по комп'ютерній мережі і т. п.) користуються (10-20) відсотків користувачів, причому з кожним роком число користувачів цієї категорії значно збільшується.

Розрахуємо обсяг переданих даних мультимедіа одним користувачем. Для цього скористаємося формулою:

$$Q_{\text{м/м}} = \frac{q}{8} \cdot t \cdot 3600, \quad (2.2)$$

де q – швидкість передачі даних мультимедіа у біт/с (для з'єднання з пропускною здатністю 19600 біт/с, розділ 3); t – час передачі у годинах.

Чисельно обсяг переданих даних мультимедіа одним користувачем дорівнює:

$$Q_{\text{м/м}} = \frac{19600}{8} \cdot 3 \cdot 3600 = 26460000 \text{ байт.}$$

Загальний обсяг інформації, що передається кінцевими користувачами становить:

$$Q = 3 \cdot 64000 \cdot 150 + 5 \cdot 64000 \cdot 70 + 10 \cdot 64000 \cdot 100 + 26460000 \cdot 25 = 7767 \cdot 10^5 \text{ байт.}$$

Для розрахунку обсягу переданої серверами інформації по розподіленій мережі припустимо, що в кожную мережу включений один файл-сервер і один сервер бази даних. Отже, на всю розподілену мережу підприємства припадає 4 службових сервера. Для розрахунків приймемо, так само, що кожен сервер упродовж астрономічної доби передає інформацію об'ємом 1 Гбайт, причому 75% всієї інформації передається за тривалість робочого дня і лише 25% в нічний час, коли відбувається оновлення даних на всіх серверах без участі користувачів.

Для розрахунку кількості переданої серверами інформації використовуємо формулу:

$$Q = Q_i \cdot n \cdot K, \quad (2.3)$$

де Q_i – обсяг переданої інформації одним сервером;

n – число одночасно працюючих серверів;

K – частка від загального обсягу переданої серверами інформації, що припадає на робочий день.

Чисельно обсяг переданої серверами інформації дорівнює:

$$Q_c = 1073741824 \cdot 4 \cdot 0,75 = 3221225472 \text{ байт.}$$

Для розрахунку пропускної здатності маршрутизатора IP необхідно враховувати, що він працює в дуплексному режимі, тобто одночасно може передавати і приймати дані. Загальний обсяг даних, які обробляються маршрутизатором IP визначимо за формулою:

$$Q = Q_{\Pi} + Q_c, \quad (2.4)$$

де Q_{Π} – обсяг переданих користувачами даних; Q_c – обсяг переданих серверами даних.

Чисельно загальний обсяг даних, які обробляються маршрутизатором IP дорівнює: $Q = 776700000 + 3221225472 = 3997925472$ байт.

Для подальших розрахунків необхідно знати число переданих кадрів протягом робочого дня. Технологія IP використовує кадри довжиною 74 байта, з яких 68 байт є інформаційними і 6 байт – адресною інформацією.

Необхідна кількість кадрів IP для передачі корисної інформації розрахуємо за формулою:

$$N_{\text{кадрів}} = \left[\frac{Q}{68} \right] + 1, \quad (2.5)$$

де Q – обсяг переданої інформації; 68 – довжина інформаційної (корисної) частини одного кадру Frame Relay; $[]$ – ціла частина числа.

Чисельно число кадрів переданих одночасно:

$$N_{\text{кадрів}} = \left[\frac{3997925472}{68} \right] + 1 = 58793022 \text{ кадрів/день.}$$

Для розрахунку необхідної пропускної здатності каналу зв'язку через мережу IP скористаємося математичним апаратом теорії масового обслуговування. Вихідними даними для розрахунку будуть служити знайдене вище число переданих кадрів і довжина інформаційної частини одного кадру, яка є стандартною величиною.

Для використання теорії масового обслуговування необхідно знати співвідношення між швидкістю надходження кадрів і швидкістю обслуговування.

Швидкість надходження кадрів можна визначити виходячи з інтенсивності трафіку, тобто від кількості переданих кадрів по формулі:

$$V = \frac{N_{\text{кадрів}}}{T \cdot 3600}, \quad (2.6)$$

де $N_{\text{кадрів}}$ – кількість переданих кадрів протягом робочого дня;
 T – тривалість робочого дня.

Для визначення швидкості надходження кадрів враховуємо наступні обставини:

- обидві мережі, між якими відбувається обмін даними, знаходяться в одному часовому поясі;
- тривалість робочого дня становить 8 годин.

За даних умов швидкість надходження кадрів дорівнює:

$$V = \frac{58793022}{8 \cdot 3600} = 2041 \text{ кадрів/с}$$

Для передачі інформації по магістральній мережі до інформаційних пакетів додається адресна інформація, отже загальна довжина кадру, що передається по магістральному каналу, розраховується за формулою:

$$L_{\text{кадр}} = L_{\text{адр}} + L_{\text{інф}}, \quad (2.7)$$

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

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

Для технології Frame Relay довжина інформаційної частини $L_{\text{інф}}=68$ байт і довжина адресної частини $L_{\text{адр}}=6$ байт, тобто загальна довжина кадру дорівнює:

$$L_{\text{кадр}} = 68 + 6 = 74 \text{ байт.}$$

Для розрахунку швидкості обслуговування задамося деякою фіксованою швидкістю роботи магістрального каналу. Час обслуговування одного кадру визначається за формулою:

$$t_{\text{обс.кадр}} = \frac{L_{\text{кадр}} \cdot 8}{V_{\text{канала}}}, \quad (2.8)$$

де $L_{\text{кадр}}$ – довжина переданого кадру;

$V_{\text{канала}}$ – швидкість обміну інформації в магістральному каналі.

Час передачі кадру ототожнюється з часом обслуговування. Швидкість обслуговування є зворотною величиною до часу обслуговування і визначається за формулою:

$$V_{\text{обслуг}} = \frac{1}{t_{\text{обс.кад}}} = \frac{V_{\text{канала}}}{L_{\text{кадр}} \cdot 8} \quad (2.9)$$

В результаті розрахунку швидкості обслуговування можливі дві ситуації:

- швидкість обслуговування кадрів виявляється більше, ніж швидкість надходження кадрів;
- швидкість обслуговування кадрів виявляється менше, ніж швидкість надходження кадрів. В даному випадку виникають черги і затримки.

Теорія масового обслуговування дозволяє оцінити час затримки виходячи з швидкості роботи лінії зв'язку.

Розрахунок часу і швидкості обслуговування проводиться за допомогою електронної таблиці Microsoft Excel. У табл. 2.2 зведені результати розрахунку для швидкості роботи магістрального каналу від 1240 Кбіт/с до 4 Мбіт/с з кроком зміни швидкості 64 Кбіт/с.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку швидкості обслуговування у магістральному каналі

| | Швидкість передачі інформації в каналі, Кбіт/с | | |
|---------------------------------------|--|----------|----------|
| | 1240 | 2480 | 4192 |
| $t_{\text{обс.кад.}}, \text{с}$ | 0,000477 | 0,000238 | 0,000141 |
| $V_{\text{обслуг.}}, \text{кадрів/с}$ | 2094 | 4202 | 7067 |

Тепер розрахуємо ступінь використання каналу зв'язку в мережі IP. Для цього скористаємося формулою:

$$P = \frac{V}{V_{\text{обслуг}}}, \quad (2.10)$$

де V – швидкість надходження кадрів;

$V_{\text{обслуг}}$ – швидкість обслуговування кадрів.

Знаючи ступінь використання магістрального каналу можна розрахувати імовірність відсутності кадрів у магістральному каналі за формулою:

$$P_0 = 1 - P, \quad (2.11)$$

де P – ступінь використання магістрального каналу.

Розрахунок ступеня використання та імовірності відсутності кадрів у каналі проводиться за допомогою електронної таблиці Microsoft Excel для різних швидкостей передачі в каналі. Розрахунок проводився для швидкості передачі даних в каналі 1024 Кбіт/с, тому що при більш низьких швидкостях передачі канал постійно зайнятий і говорити про ймовірність відсутності в ньому кадрів не має сенсу. Результати розрахунку зведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку ступеня використання каналу зв'язку і імовірності відсутності кадрів (приклад)

| | Швидкість передачі інформації в каналі, Кбіт/с | | |
|-------|--|--------|-------|
| | 1240 | 2480 | 4192 |
| P | 0,97 | 0,4856 | 0,288 |
| P_0 | 0,025 | 0,5 | 0,7 |

За результатами розрахунку будуємо графік залежності ступеня використання каналу та імовірності відсутності кадрів від пропускної здатності каналу (рис. 2.1).

Із рис. 2.1 видно, що в міру зменшення ступеня використання каналу ймовірність відсутності кадрів зростає. Оптимальна пропускна здатність каналу відповідає точки перетину двох кривих. З рисунка також видно, що оптимальна пропускна здатність каналу становить 2480 Кбіт/с. Однак ця пропускна здатність є оптимальною для середньої за часом швидкості надходження кадрів. У тих ситуаціях, коли інтенсивність надходження кадрів вище середньої (в ранкові години, в момент завантаження користувачами ПЗ з файл-серверів і у вечірні години при збереження результатів роботи) даної пропускної здатності може бути недостатньо, і як наслідок користувачі будуть відчувати значні затримки. Виходячи з вищесказаного оберемо пропускну здатність каналу 2480 Кбіт/с.

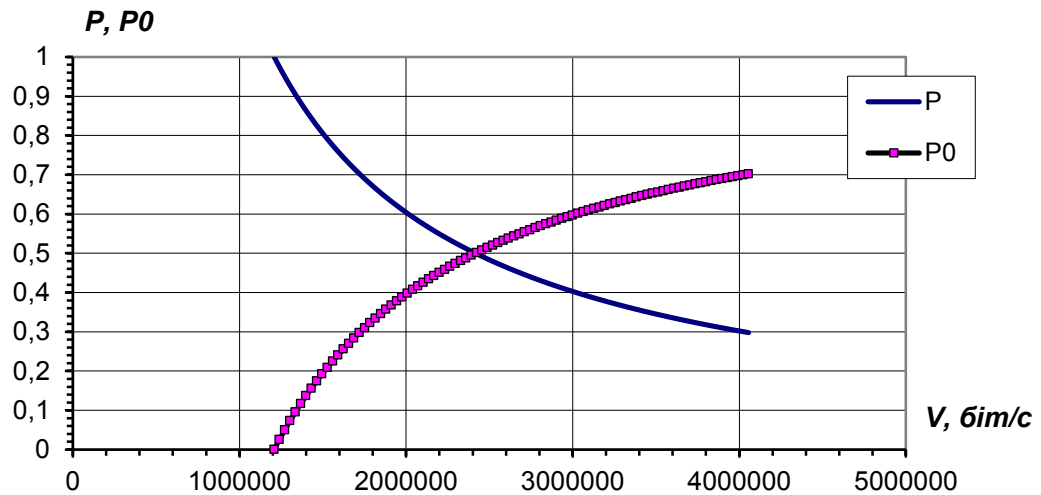


Рисунок 2.1 – Графік залежності ступеня використання та імовірності відсутності кадрів від пропускної здатності каналу

Магістральний канал є системою з певним класом обслуговування. Можна сказати, що магістральний канал є системою обслуговування «з очікуванням». Отже, для обраної оптимальної пропускної здатності магістрального каналу можна визначити такі параметри як:

- середнє число кадрів, що одночасно знаходяться в системі;
- середнє число кадрів, що очікують обслуговування в черзі;
- середній час знаходження кадру в системі;
- середній час очікування в черзі.

Середнє число кадрів, що одночасно знаходяться в системі визначимо за формулою:

$$L = \frac{V}{V_{\text{обслуг}} - V}, \quad (2.12)$$

де L – середнє число кадрів, що одночасно знаходяться в системі;

V – середня швидкість надходження кадрів;

$V_{\text{обслуг}}$ – середня швидкість обслуговування.

Чисельно ця величина дорівнює:

$$L = \frac{2041}{4202 - 2041} = 0,94 \text{ кадрів.}$$

Для визначення числа кадрів, які очікують обслуговування в черзі, скористаємося формулою:

$$L_q = P \cdot L, \quad (2.13)$$

де L_q – середнє число кадрів, які очікують обслуговування;

P – ступінь використання каналу.

Числено число кадрів, які очікують обслуговування одночасно:

$$L_q = 0,4856 \cdot 0,94 = 0,46 \text{ кадрів.}$$

Середній час знаходження кадру в системі є величиною, зворотною до різниці між швидкістю обслуговування і швидкістю надходження кадрів, тобто визначається формулою:

$$W = \frac{1}{V_{\text{обслуг}} - V}, \quad (2.14)$$

де W – середній час перебування кадру в системі;

$V_{\text{обслуг}}$ – швидкість обслуговування; V – швидкість надходження кадрів.

Час перебування кадру в системі:

$$W = \frac{1}{4202 - 2041} = 4,6 \cdot 10^{-4} \text{ с.}$$

Таким чином, можна сказати, що викликана наявністю черг затримка кадрів при передачі по каналу з пропускною спроможністю 2480 Кбіт/с складе в середньому $4,6 \cdot 10^{-4}$ секунд. Необхідно відзначити, що цей час становить лише частину повного часу знаходження кадру в системі. Необхідно також враховувати час поширення сигналу по фізичному середовищу.

Важливим параметром, що характеризує чергу, є час очікування в черзі, яке визначається за формулою:

$$W_q = W \cdot P, \quad (2.15)$$

де W_q – час очікування в черзі; W – час знаходження кадру в системі.

Чисельно значення часу очікування в черзі дорівнює:

$$W_q = 4,6 \cdot 10^{-4} \cdot 0,4856 = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ с.}$$

Час перебування кадру в системі включає в себе час очікування в черзі. Різниця часу знаходження і часу очікування дає час обслуговування одного кадру магістральним каналом або час передачі по магістральному каналу:

$$t_{\text{пер}} = t_{\text{обс.кад}} = W - W_q = 4,6 \cdot 10^{-4} - 2,2 \cdot 10^{-4} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ с.}$$

Розрахований таким чином час обслуговування, в загальному (з урахуванням похибок округлення), збігається з розрахунком раніше (табл. 2.2). Подібні розрахунки далі будуть проведені в розділі 3 (п.р. 3.4)

2.4 Стандартизація якості обслуговування в мультисервісних СПД

Мультисервісної мережею передачі даних називають мережу, в якій клієнт може отримувати кілька різних послуг з однієї абонентської лінії (набір різних сервісів):

- Internet – доступ до всесвітньої мережі, Web-сторінки, FTP (передача файлів), електронна пошта, VPN та ін.;
- VoIP – IP-телефонія: телефонний зв'язок на основі пакетної комутації;
- IPTV – передача відео зображення по мережі IP.

Кожен з цих сервісів висуває свої вимоги QoS для повноцінного функціонування каналу зв'язку (див. табл. 2.4 [14]).

Таблиця 2.4 – Вимоги QoS для різних сервісів [14]

| Тип сервісу | Параметри QoS | | | | |
|----------------------|---------------|--------------------|------------|-----------------|-----------------|
| | t_c, c | $B, \text{Мбіт/с}$ | $p^{(rj)}$ | $dT, \text{мс}$ | $Dj, \text{мс}$ |
| IP-телефонія (голос) | 0,5...1 | До 0,085 | 10^{-3} | <400 | <150 |
| Відеодзвінки | 0,5...1 | 0,512 | 10^{-3} | 30...100 | <30 |
| Мережеве радіо | 0,5...1 | 0,256 | 10^{-3} | <1000 | – |
| Відео за викликом | 0,5...1 | 2...20 | 10^{-3} | 30...100 | <30 |
| Передавання даних | 0,5...1 | 0,128...100 | 10^{-6} | 50...100 | – |
| IP-телебачення | 0,5...1 | 0,512...5 | 10^{-6} | <1000 | – |

У таблиці 2.4 прийняті наступні позначення: t_c – час встановлення з'єднання, с; $p^{(rj)}$ – ймовірність розриву з'єднання; dT – затримка, мс; Dj – джитер, мс; B – смуга пропускання каналу.

Оскільки фізичний канал один, а вимоги послуг різні, то розподіл каналного ресурсу між послугами є важливою функцією для забезпечення вимоги QoS.

Серед стандартів, присвячених якості обслуговування в електрозв'язку, одне з центральних місць займає Рекомендація МСЕ E.800. У ній якість обслуговування визначається як «сумарний ефект робочих характеристик обслуговування, який визначає ступінь задоволеності користувача цією службою». Розширюють концепцію якості обслуговування Рекомендації E.800. Рекомендація МСЕ G.1000 розділяє робочі характеристики обслуговування на функціональні компоненти і пов'язує їх з мережевими характеристиками, визначеними в ряді рекомендацій МСЕ – таких як I.350, Y.1540 і Y.1541.

На додаток до Рекомендації МСЕ G.1000, що визначає структуру зв'язків між робочими характеристиками (продуктивністю, надійністю, втратами, затримкою і ін.) і характеристиками мережі, Рекомендація МСЕ G.1010 містить специфікації вимог з боку додатків, орієнтованих на кінцевого користувача.

Історично, перші системи оцінок і механізмів підтримки якості обслуговування були розроблені для традиційних видів електрозв'язку – телеграфії і телефонії. Зрозуміло, що сьогодні при широкому застосуванні мереж передачі даних, швидкому впровадженні широкосмугових технологій і заміни телеграм на повідомлення електронної пошти, параметри якості обслуговування і механізми їх підтримки в телеграфних мережах стають все менш актуальними.

У класичних IP-мережах застосовується метод доставки, який повністю виключає як фізичну, так і віртуальну форму організації з'єднань. Даний метод заснований на розсилці пакетів-дейтаграм. А якість доставки пакетів в традиційних IP-мережах базується на принципі «найкращою спроби» (Best effort). Дана концепція передбачає, що користувачі поділяють доступні мережеві ресурси, трафік передається з максимально можливою, в даних умовах завантаження мережі, швидкістю, але при цьому забезпечення будь-якого попередньо визначеного рівня якості обслуговування не гарантується. Ясно, що такий підхід до обслуговування означає, що немає гарантії в доставці пакетів у

правильному порядку, немає різниці між різними видами трафіку, і що він буде доставлений в потрібний час або взагалі буде доставлений, і т. д.

Принцип «найкращої спроби» був досить ефективний для додатків, де можна передавати дані не в режимі реального часу (передача файлів, електронна пошта). Крім того, з урахуванням надлишку мережевих ресурсів в транспортних мережах, побудованих на базі волоконно-оптичних ліній зв'язку, принцип «найкращої спроби» певною мірою дозволяє забезпечити сьогодні вимоги телефонії (голос поверх IP) і інших додатків реального часу. Однак, як тільки виникає нестача мережевих ресурсів, який веде до зростання затримок пакетів і збільшення ймовірності їх втрат, для додатків реального часу вже не можуть бути забезпечені необхідні показники якості обслуговування.

По-перше, це пояснюється основним принципом функціонування мереж IP – передачею даних в дейтаграмному режимі, тобто без управління і без встановлення з'єднання.

По-друге, з появою нових додатків, зокрема реального часу (інтерактивна передача мови, відеоконференції і відеотелефонія і ін.), одним з найбільш складних стає питання про гарантовану якість обслуговування в мережах. Це пояснює, чому якість обслуговування в мережах IP залишається предметом постійної уваги MCE, ETSI, IETF і інших організацій стандартизації в електровз'язку.

В рамках робіт MCE по стандартизації якості обслуговування в IP-мережах передбачаються наступні етапи рішення задачі забезпечення якості обслуговування QoS для мереж, побудованих на базі протоколів IP:

- створення узгодженого загального набору робочих характеристик IP-мереж і норм для нього;
- впровадження мережевих механізмів, які будуть забезпечувати задані показники якості обслуговування в конфігурації «термінал-термінал»;
- вкладення нормованих значень показників якості обслуговування в протоколи сигналізації;
- розробка архітектури мережевих механізмів підтримки.

Поділ ресурсів і процеси управління трафіком необхідно скоординувати в умовах наявності великої кількості різноманітних додатків, які істотно відрізняються вимогами до робочих характеристик мережі (табл. 2.5 [14]).

Таблиця 2.5 – Чутливість різних додатків до мережевих характеристик [14]

| Тип трафіку | Рівень чутливості до мережевих характеристик | | | |
|--------------------------------|--|----------|----------|---------|
| | Полоса пропускання | Втрати | Затримка | Джитер |
| Голос | дуже низький | середній | високий | високий |
| Електронна пошта | низький | високий | низький | низький |
| Telnet | низький | високий | середній | низький |
| Пошук у мережі (не регулярний) | низький | середній | середній | низький |
| Транзакції | низький | високий | високий | низький |
| Відеоконференція | високий | середній | високий | високий |
| Електронна комерція | низький | високий | високий | низький |
| Пошук у мережі (регулярний) | середній | високий | високий | низький |
| Пересилання файлів | високий | середній | низький | низький |
| Мультикастинг | високий | високий | високий | високий |

У 2002 р МСЕ-Т було опубліковано два міжнародні стандарти, які відповідають першому з перерахованих етапів. Рекомендація МСЕ Y.1540 описує стандартні мережеві характеристики для передачі пакетів в мережах IP. Рекомендація МСЕ Y.1541 [11] визначає норми для параметрів, визначених в Y.1540, між двома граничними мережевими інтерфейсами – точками підключення кінцевих терміналів.

Також в цій рекомендації специфіковані шість класів якості обслуговування в залежності від використовуваних додатків. Ці рекомендації важливі для всіх учасників телекомунікаційного сценарію – операторів і провайдерів, виробників обладнання та кінцевих користувачів. Мережеві оператори і провайдери будуть використовувати їх при плануванні, розгортанні та оцінці мереж IP відповідно до вимог кінцевих користувачів до якості обслуговування. Виробники будуть спиратися на ці рекомендації при створенні обладнання, яке повинно відповідати специфікаціям мережевих провайдерів. Нарешті, кінцеві користувачі (в першу чергу, корпоративні) зможуть застосувати рекомендації Y.1540 і Y.1541 при оцінці характеристик реально

функціонуючих IP-мереж з позицій відповідності цих характеристик вимогам споживачів.

Висновки до другого розділу

У другому розділі атестаційної роботи показано, що зусилля в напрямку сполучання вимог розробників мультимедіа та подальшої розробки рекомендацій Н.32х об'єднав міжнародний консорціум мультимедійних телеконференцій (ІМТС).

Серія стандартів Н.32х визначає пакети різних часткових рекомендацій. Детальні вимоги до відповідних систем і протоколів містяться саме у зазначених часткових рекомендаціях, що є вихідними даними для розрахунку різних параметрів мультимедійних каналів.

Отже у розділі наведена методика оцінки пропускної здатності мультимедійного каналу в мережі IP і зроблені відповідні розрахунки.

Для оцінки адекватності розрахованої пропускної здатності каналу у розділі наведені дані з вимог QoS для різних сервісів. Порівняння показує, що розрахована пропускна здатність відповідає вимогам QoS.

3. РОЗРАХУНОК ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ МЕРЕЖІ ВІДЕОКОНФЕРЕНЦЗВ'ЯЗКУ ПІДПРИЄМСТВА

При розгортанні відеоконференцзв'язку в корпоративній інформаційній системі в першу чергу необхідно визначитися за інфраструктурою (схемою організації зв'язку). Як правило, в більшості випадків, система відеоконференцзв'язку з віддаленими об'єктами використовує IP-канали зв'язку. Таким чином, розгортати її можна безпосередньо на існуючій локальній мережі підприємства. При цьому слід провести оцінки пропускної здатності каналів зв'язку для відеоконференцій і, оскільки відеоконференцзв'язок відноситься до трафікоємних додатків та в ході сеансів передаються досить великі об'єми інформації, для якісної роботи системи, необхідно провести також оцінки продуктивності сервера.

3.1 Вимоги до пропускної здатності каналів зв'язку для відеоконференцій

Розглянемо вимоги до пропускної здатності каналів зв'язку для різних типів комунікацій.

Наведемо типові обсяги трафіку, що генеруються в процесі роботи користувача системи, і які можуть бути забезпечені мережевою інфраструктурою в розрахунку на одного користувача (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Типові обсяги трафіку, що генеруються в процесі роботи користувача, і які можуть бути забезпечені мережевою інфраструктурою у розрахунку на одного користувача

| Тип комунікацій | Протокол/кодек | Мінімальна пропускна здатність | Максимальна пропускна здатність | Пропускна здатність для розрахунку |
|---|----------------|--------------------------------|---|------------------------------------|
| Дані (веб конференції, передача файлів) | PSOM, TFTP | ~45 Кбіт/с | ~45 Кбіт/с | ~45 Кбіт/с |
| Аудіо (точка-точка) | RTAudio | 24 Кбіт/с | 74 Кбіт/с | 57 Кбіт/с |
| Аудіо (конференції) | Siren | 22 Кбіт/с | 51.6 Кбіт/с | 48 Кбіт/с |
| Відео | RTVideo | 50 Кбіт/с | 350 Кбіт/с (CIF), 600 Кбіт/с (VGA), 1.5 Мбіт/с (HD) | 320 Кбіт/с |

Коментарі до даних, наведених в табл. 3.1.

Наведено вимоги до смуги пропускання в одному напрямку. Цифри враховують витрати на передачу даних (Ethernet, IP, UDP, SRTP і т.д.).

Кодеки RTAudio і RTVideo – адаптивні тобто досить еластичні і змінюють вимоги до смуги пропускання в залежності від різних умов (активність учасників, середовище передачі даних і т.д.).

Як можна помітити, аудіо кодеки, які обрані для конференцій точка-точка і багато точкових конференцій, різні. При багатокористувацьких конференцій – використовується кодек Siren. Цей кодек не є адаптивним (тобто bitrate у нього фіксований), але, тим не менш, займана смуга пропускання може змінюватися за рахунок динамічної зміни кількості аудіо даних переданих в кожному пакеті.

Говорячи про вимоги до пропускної здатності каналів зв'язку для відео конференцій не можна не звернути увагу ще на одну особливість.

MCU в особі A/V Conferencing Server – працює в режимі VAS (Voice Activated Switching). Це означає, що учасники відео конференції в одиницю часу бачать тільки «активного» учасника тобто того, хто мовить (або говорить голосніше за всіх) в даний момент часу. При використанні клієнта Office Communicator – перемикання між зображеннями учасників проводиться тільки в

режимі VAS (тобто тільки автоматично). Клієнт Live Meeting додатково дозволяє ведучому перемикатися між веб камерами учасників вручну. Однак, одночасно учасники все одно бачать тільки зображення з однієї камери.

Зроблено це з кількох причин. Перша причина – зниження навантаження на MCU (завдання обробки і злиття зображення декількох учасників – вельми ресурсномістка). Друга причина – зниження вимог до каналів зв'язку. Завдяки механізму VAS відбувається наступне.

На MCU передається тільки зображення поточного активного учасника і попереднього. Потім MCU транслює зображення поточного активного користувача всім іншим учасникам конференції та зображення попереднього активного учасника.

Таким чином, вимоги до смуги пропускання для активного і попереднього активного учасника складають (320Кбіт x 2, тобто для прийому і передачі відео), а для інших учасників – 320Кбіт (тільки прийом). Формули для розрахунку пропускної здатності каналу зв'язку для аудіо/відео конференції в Office Communicator:

– на сервер: $X = 2 \times \text{VIDEO} + M \times \text{AUDIO}$;

– від сервера: $X = N \times (\text{AUDIO} + \text{VIDEO})$, де X – необхідна пропускна здатність каналу зв'язку, N – число учасників аудіо/відео конференції, M – число одночасно активних.

Приклад розрахунку для конференції на 100 учасників і 2-х одночасно активних:

– на сервер: $2 \times 320 + 2 \times 48 = 736$ Кбіт/с;

– від сервера: $100 \times (48 + 320) = 36800$ Кбіт/с.

Типовий канал зв'язку доступу в Internet або до локальної мережі, як правило, має однакову пропускну здатність в обидві сторони.

Пропускна здатність каналу зв'язку «на сервер» необхідна свідомо менше, ніж для каналу «від сервера», тому для розрахунку можливої кількості учасників конференції будемо використовувати раніше наведену формулу «від сервера»: $X = N \times (\text{AUDIO} + \text{VIDEO})$.

Отримаємо наступну формулу розрахунку кількості учасників:

$N = X / (\text{AUDIO} + \text{VIDEO})$,

де N – число учасників аудіо/відео конференції,
 X – необхідна пропускна здатність каналу зв'язку.

Приклад розрахунку для Internet- каналу 2 Мбіт/с:

$2048/(48+320) = 5,56$ учасника – округляємо в меншу сторону і отримуємо 5 користувачів, які можуть брати участь в аудіо/відео конференції, користуючись каналом зв'язку з пропускною здатністю 2 Мбіт/с.

3.2 Оцінка мінімальної пропускної здатності каналів зв'язку сервера відеоконференції

Будемо вважати, що вимоги до мінімальної пропускної здатності каналів зв'язку сервера конференції наступні:

- вихідна швидкість на кожного слухача: 0,5 Мбіт/с;
- вхідна швидкість на кожного доповідача: 0,5 Мбіт/с.

Нижче, як приклад, наводиться базова схема організації зв'язку між одним доповідачем і двома слухачами. При цьому пропускна здатність вхідного і вихідного каналу сервера розраховується наступним чином (рис. 3.1 [21])

- вхідна швидкість сервера: 1 доповідач \times 0,5 Мбіт/с = 0,5 Мбіт/с;
- вихідна швидкість сервера: 2 учасники \times 0,5 Мбіт/с = 1 Мбіт/с.

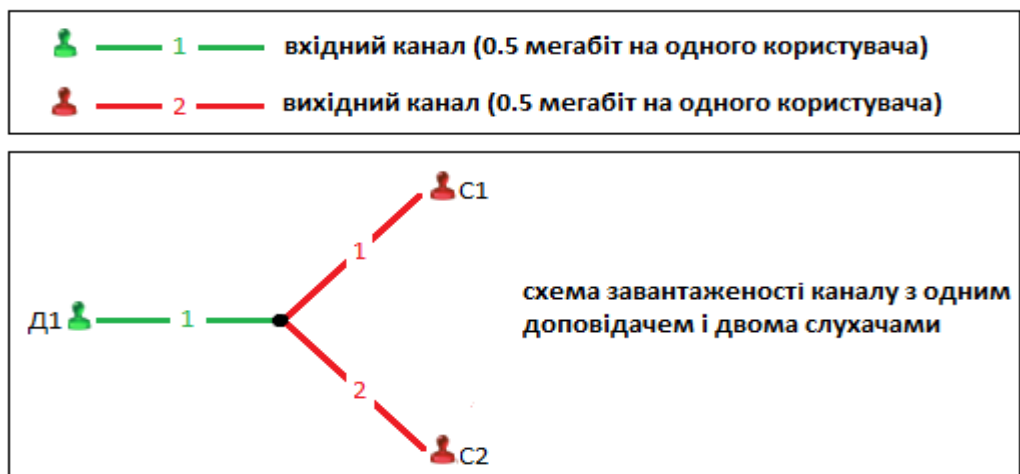


Рисунок 3.1 – Схема завантаженості між одним доповідачем і двома слухачами [21]

Для організації більш надійного з'єднання в відеоконференціях рекомендується мати додатковий 50% запас «вільного» каналу зв'язку для з'єднання з Internet, в розрахунку від отриманого значення, тобто:

– вхідна швидкість сервера:

$$1 \text{ доповідач} \times 0,5 \text{ Мбіт/с} \times 1,5 \text{ (50\% запасу)} = 0,75 \text{ Мбіт/с};$$

– вихідна швидкість сервера:

$$2 \text{ учасники} \times 0,5 \text{ Мбіт/с} \times 1,5 \text{ (50\% запасу)} = 1,5 \text{ Мбіт/с}.$$

Нижче наведена схема, а також приклад розрахунку пропускної здатності каналу зв'язку для більш складної структури відеоконференцій, що складається з двох доповідачів і чотирьох слухачів (рис. 3.2 [21]). Розрахунок пропускної здатності для схем, які передбачають іншу кількість слухачів і доповідачів буде аналогічним:

– вхідна швидкість сервера:

$$2 \text{ доповідача} \times 0,5 \text{ Мбіт/с} * 1,5 \text{ (50\% запасу)} = 1,5 \text{ Мбіт/с};$$

– вихідна швидкість сервера:

$$((4 \text{ учасника} \times 2 \text{ доповідача}) + 2 \text{ доповідача}) * 0,5 \text{ Мбіт/с} * 1,5 \text{ (50\% запасу)} = 7,5 \text{ Мбіт/с}.$$

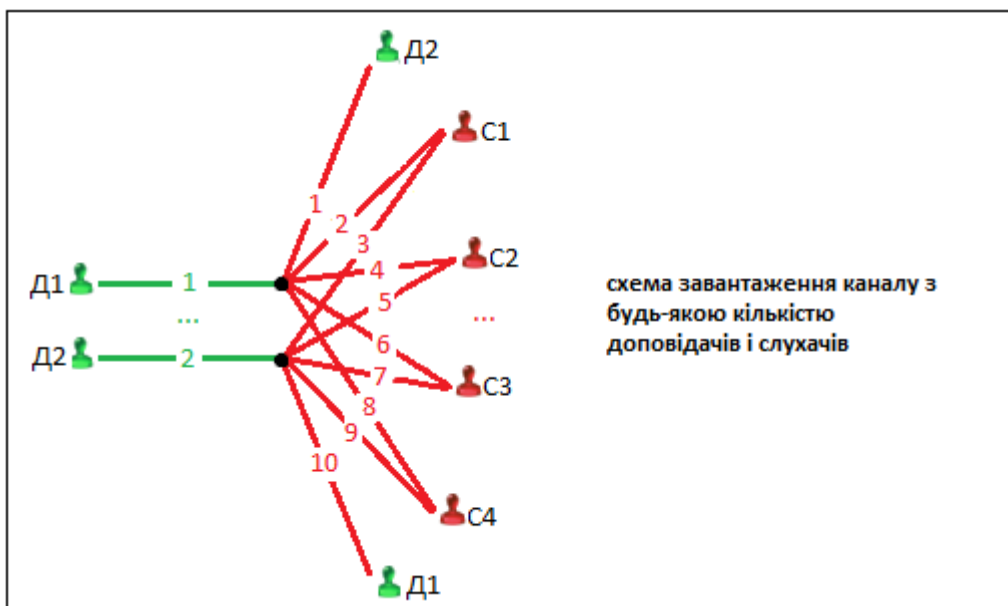


Рисунок 3.2 – Схема завантаження каналу між двома доповідачами і чотирма слухачами [21]

Наведені оцінки є рекомендованими пропускними здатностями каналу для представлених на рис. 3.1. і 3.2 схемах відеоконференцій.

3.3 Особливості обслуговування інформаційного потоку відеоконференцзв'язку

Найбільш вузьке місце інформаційного потоку між двома віддаленими локальними мережами – канал зв'язку глобальної мережі, пропускна здатність якого зазвичай істотно менше швидкості роботи локальної мережі. Уявімо собі, що робоча станція мережі передає кадр даних в мережу Ethernet. Рухаючись кадр спочатку «подорожує» з сегмента мережі до мосту або маршрутизатора з тією швидкістю, на якій працює мережа (10, 100 або 1000 Мбіт/с). Потрапивши в маршрутизатор або міст, кадр копіюється з мережі в буфер пристрою, перетворюється в інший формат, а потім (при наявності вільного каналу) передається через глобальну мережу зі швидкістю, набагато меншою, ніж та, з якою кадр передавався з локальної мережі на пристрій маршрутизації. Якщо безпосередньо перед поточним кадром на мережний пристрій потрапив інший кадр, то нашому кадру доведеться почекати (в буфері), до тих пір, поки попередній кадр не буде обслужений. Час обслуговування поточного кадру залежить від того, скільки кадрів прийшло на мережний пристрій безпосередньо перед поточним: чим більше таких кадрів, тим довше час очікування.

Розглянемо тепер, як виконується обслуговування кадру на протилежному кінці каналу глобальної мережі. Поступаючи з глобальної мережі на міст/маршрутизатор, кадр перетворюється і передається в локальну мережу. Оскільки швидкість передачі інформації по глобальній мережі нижче швидкостей передачі кадрів в локальній мережі, ніяких черг при такому обслуговуванні не виникає. Отже, основний внесок у затримання під час обслуговування кадру на другому мості/маршрутизаторі вносить сам пристрій. І це лише мала частка від часу затримки кадрів на першому мості/маршрутизаторі. Звідси випливає, що для опису двоточкових ліній зв'язку

між локальними мережами можна спокійно використовувати одноканальну однофазну модель.

Використовуючи математичний апарат теорії масового обслуговування, можна обчислити залежність часу передачі кадрів від швидкості роботи глобальної мережі без підключення до реальних каналів. Такі обчислення, дозволяють відповісти на безліч питань щодо продуктивності мережі. Виходячи з розрахунків, стає зрозумілим, який середній час затримки кадрів на мості/маршрутизаторі, що може вплинути на величину зростання швидкості роботи каналу зв'язку глобальної мережі і за яких умов зростання швидкості обміну інформацією по каналах глобальної мережі не призводить до істотного збільшення продуктивності моста/маршрутизатора.

Розрахунок параметрів системи відеоконференцзв'язку

Будь-яка чергу включає в себе кілька складових. По-перше, є якийсь вхідний процес – потік викликів (об'єктів). По-друге, кожен з вхідних об'єктів певним чином обслуговується: кадр даних перетворюється з формату Ethernet у формат кадру даних протоколу каналного рівня в маршрутизаторі або мості (після такого перетворення кадр даних можна передавати через глобальну мережу).

Така система називається одноканальною однофазною системою черг. Вона складається з однієї черги і одного пристрою обслуговування. Термін «одноканальна» говорить про те, що до пристрою обслуговування веде тільки один шлях; термін «однофазна» означає, що обслуговування здійснюється в одному місці і в одну стадію. Наприклад, двухпортовий міст, один порт якого підключений до локальної мережі, а інший – до глобальної мережі, являє собою приклад одноканальної однофазної системи черг. Приклади систем масового обслуговування – рис. 3.3 – 3.5 [22].

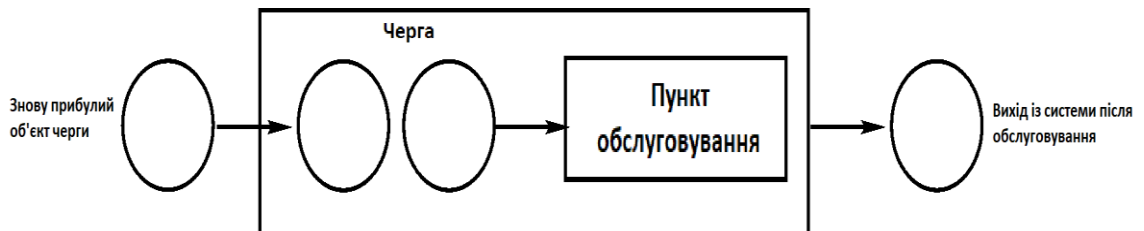


Рисунок 3.3 – Одноканальна однофазна система [22]

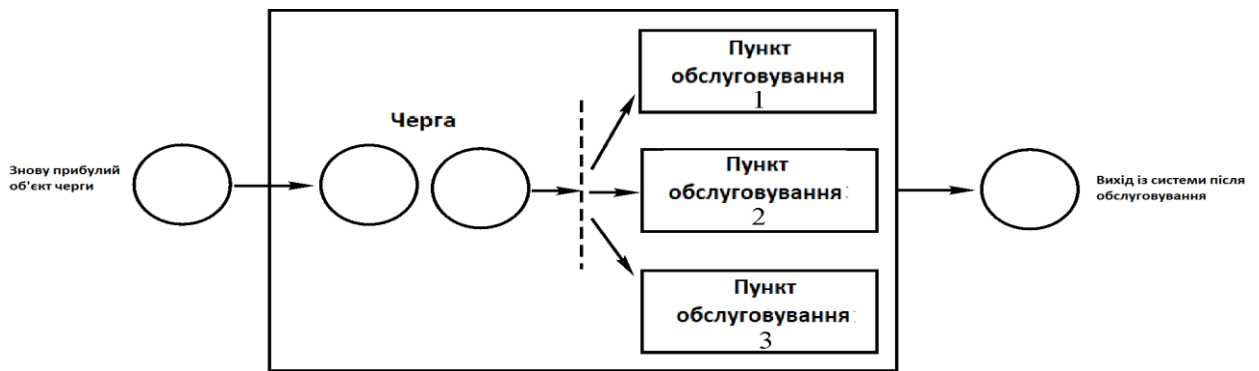


Рисунок 3.4 – Багатоканальна однофазна система [22]

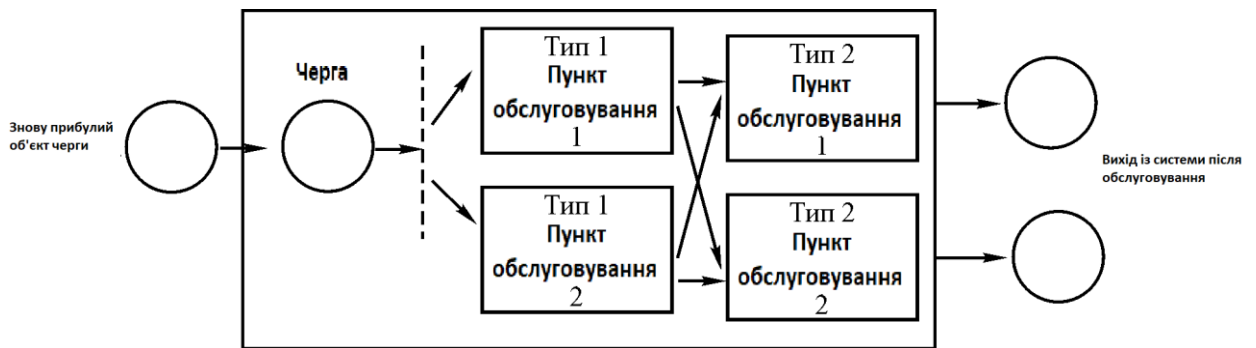


Рисунок 3.5 – Багатоканальна багатофазна система [22]

Інформаційна структура, де дві локальні мережі з'єднані між собою каналом зв'язку глобальної мережі, більше схожа на систему черг іншого типу, так званої одноканальної двофазної системи.

Локальні мости забезпечують пряме з'єднання певної кількості сегментів LAN, що знаходяться на одній території. Дистанційні мости з'єднують певну кількість сегментів LAN різних територій через телекомунікаційні лінії. Ці дві конфігурації представлені на рис. 3.6 [23].

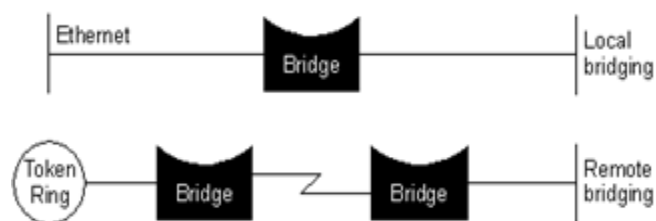


Рисунок 3.6 – Схема з'єднання сегментів LAN мостами [23]

Дистанційне мостове з'єднання має ряд недоліків. Основний з них – різниця між швидкостями LAN і WAN. Хоча останнім часом з'явилося кілька технологій швидкодіючих WAN, швидкісні LAN часто на порядок вище швидкостей WAN. Велика різниця швидкостей LAN і WAN іноді не дозволяє користувачам передавати через WAN додатки LAN, чутливі до затримок.

Дистанційні мости не можуть збільшити швидкість WAN, однак вони можуть компенсувати невідповідності в швидкостях шляхом використання достатніх буферних потужностей. Це досягається шляхом накопичення інформації, що надходить, у буферах і посилати її через послідовний канал зі швидкістю, яку він може забезпечити. Це можна здійснити тільки для коротких пакетів інформації, що не переповнюють буферні потужності мосту.

Зазвичай мости цього типу застосовуються для з'єднання двох і більше територіально віддалених локальних мереж за допомогою ліній точка-точка, орендованих у телефонній компанії.

До даної конструкції застосовані звичайні алгоритми маршрутизації. На двоточкових лініях можуть використовуватися різні протоколи. Коли кілька локальних мереж об'єднуються в одну за допомогою віддалених мостів може виникнути ситуація наявності декількох маршрутів між одними і тими ж сегментами.

На рис. 3.7 показана схема з'єднання двох локальних мереж за допомогою мостів або маршрутизаторів [23].

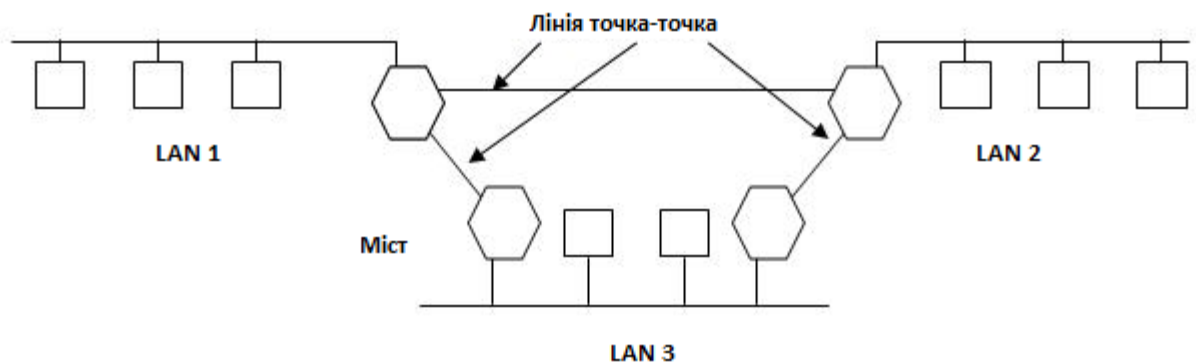


Рисунок 3.7 – Схема з'єднання двох локальних мереж за допомогою мостів або маршрутизаторів [23]

Звернемо увагу, що для передачі кадру даних від однієї локальної мережі до іншої він повинен бути обслужений двома пристроями (в даному випадку двома мостами або двома маршрутизаторами), тому така схема може бути описана в рамках одноканальної багатофазної моделі. Опис потоку даних від однієї локальної мережі до іншої в рамках одноканальної багатофазної моделі є математично коректним, проте так вже необхідно працювати саме в рамках такої моделі? Відповісти на це питання допомагає аналіз потоку даних від однієї мережі до іншої.

Найбільш вузьке місце інформаційного потоку між двома віддаленими локальними мережами – канал зв'язку глобальної мережі, пропускна здатність якого зазвичай істотно менше швидкості роботи локальної мережі.

3.4 Розрахунок параметрів системи відеоконференцзв'язку

Як вже було сказано у п.р. 3.3 використовуючи математичний апарат теорії масового обслуговування, можна обчислити залежність часу передачі кадрів від швидкості роботи глобальної мережі. Такі обчислення дозволяють відповісти на питання щодо продуктивності мережі; завдяки їм стає зрозумілим, який середній час затримки кадрів на мості/маршрутизаторі, що може вплинути на величину зростання швидкості роботи каналу глобальної мережі і за яких умов зростання швидкості обміну інформацією по каналах глобальної мережі не призводить до істотного збільшення продуктивності моста/маршрутизатора. Розглянемо приклад, який показує, як теорія масового обслуговування дозволяє відповісти на ці питання.

Припустимо, що необхідно з'єднати дві віддалені локальні мережі (одна з яких – Token Ring, а інша – Ethernet) за допомогою двох маршрутизаторів (рис. 3.6). Згідно з оцінками, сумарний трафік між мережами становить 16000 кадрів в день, а середня довжина кадру дорівнює 1250 байт.

Щоб використовувати теорію масового обслуговування, необхідно знати співвідношення між швидкістю надходження «замовлень» і швидкістю обслуговування. Швидкість надходження замовлень може бути обчислена виходячи з інтенсивності трафіку. Наприклад, якщо обидві локальні мережі

знаходяться в одному і тому ж часовому поясі, а тривалість робочого дня становить вісім годин, то трафік інтенсивністю 16000 кадрів в день відповідає інтенсивності надходження замовлень, що дорівнює 0,556 кадрів за секунду. У нашому випадку швидкість надходження замовлень характеризує середню швидкість надходження кадрів на пристрій обслуговування.

Перетворення кадрів до формату глобальної мережі зазвичай складається в додаванні заголовку і хвостової частині до кадрів формату локальної мережі. Для прикладу припустимо, що до середнього кадру локальної мережі додається 25 байт, в результаті середня довжина кадру глобальної мережі складе 1275 байт.

Для розрахунку швидкості обслуговування слід замислитися над певним значенням швидкості роботи глобальної мережі. При цьому абсолютно неважливо, наскільки близька до оптимальної, узята в якості початкового наближення, швидкість обміну інформацією по глобальній мережі, оскільки всі обчислення легко повторити при іншому значенні швидкості. Для початку прийемо швидкість обміну інформацією рівною 19200 біт/с. Тоді час, необхідний для передачі одного кадру довжиною 1275 байт, складе 0,53 секунди.

Час передачі кадру ототожнюється з очікуваним часом обслуговування. Очікуваний час обслуговування кадру 0,53 секунди, звідки отримуємо, що середня швидкість обслуговування (величина, зворотна до очікуваного часу обслуговування) становить 1,887 кадрів в секунду.

Якщо 16000 кадрів за восьмигодинний робочий день – це максимальний трафік, який можна очікувати для будь-якого з двох напрямків, то необхідна швидкість роботи глобальної мережі розраховується на основі інформації про трафік, який передається в будь-якому з двох напрямків. Оскільки в повнодуплексній лінії зв'язку швидкості передачі інформації в обох напрямках рівні один одному, то не доведеться повторювати розрахунок для передачі даних в зворотному напрямку. Таким чином, підрахувавши швидкість роботи каналу зв'язку, необхідну для обробки очікуваного максимального трафіку, можна автоматично визначити необхідне значення швидкості передачі інформації в обох напрямках.

Якщо середня швидкість обслуговування перевершує середню швидкість надходження замовлень (як це має місце в нашому випадку), то ніяких черг не виникає: канал зв'язку глобальної мережі, що працює зі швидкістю 19200 біт/с, для нашої конфігурації більш ніж достатній. Не слід, однак, забувати, що швидкість надходження замовлень – це середня за часом величина. Буває (наприклад при передачі файлів), що робочі станції видають дані великими порціями, інтенсивність яких перевищує можливості маршрутизатора. Коли таке трапляється, маршрутизатор копіює всі необхідні кадри з мережі в свій буфер, де вони і перебувають доти, поки маршрутизатор не перетворе їх в кадри глобальної мережі і не передасть по глобальній мережі. Теорія масового обслуговування дозволяє оцінити затримку проходу через маршрутизатор кадрів, виходячи з швидкості роботи лінії зв'язку; при необхідності, швидкість передачі даних по лінії можна змінити.

Ступінь використання технічних можливостей обслуговуючого пристрою (в нашому випадку ступінь використання маршрутизатора або моста – P) в одноканальній однофазній системі може бути визначений, поділивши середню швидкість надходження замовлень на середню швидкість обслуговування.

$$P = t_{над} / t_{обс}, \quad (3.1)$$

де $t_{над}$ – середня швидкість надходження запитів, кадр/с; $t_{обс}$ – середня швидкість обслуговування запитів, кадр/с.

У попередньому прикладі P дорівнює частці від ділення 0,556 на 1,887, тобто 0,295. Таким чином, використовуючи з'єднання з пропускною здатністю 19200 біт/с середня ступінь застосування обслуговуючого пристрою становить приблизно 30%. Знаючи ступінь використання обслуговуючого пристрою, досить легко визначити ймовірність відсутності замовлень (обслуговуваних кадрів) в даний момент часу. Ця ймовірність, позначена як P_0 , дорівнює одиниці мінус рівень використання каналу:

$$P_0 = 1 - P. \quad (3.2)$$

Підставляючи числа, отримані для маршрутизатора підключеного до каналу з пропускною здатністю 19200 біт/с ($P_0 = 1 - 0,295 = 0,695$), визначаємо, що ймовірність відсутності в черзі кадрів в маршрутизаторі становить 69,5%.

Отримавши деякі відомості щодо ступеня використання обслуговуючого пристрою, з'ясуємо тепер, яким чином кадри накопичуються в чергах і як впливають пов'язані з цими чергами затримки на процес передачі кадрів від однієї локальної мережі до іншої.

У теорії масового обслуговування середнє число об'єктів (unit) в системі звичайно позначається L , а середнє число об'єктів в черзі – Lq . Для одноканальної однофазної системи L дорівнює середній швидкості надходження замовлень, поділеною на різницю між середньою швидкістю обслуговування і швидкістю надходження замовлень.

$$L = t_{над} / t_{обс} - t_{над}. \quad (3.3)$$

У нашому прикладі значення L дає очікуване число кадрів, що знаходяться в маршрутизаторі або переданих по глобальній мережі. Поділимо швидкість надходження замовлень (0,556) на різницю між швидкістю надходження замовлень і швидкістю обслуговування (1,887 – 0,556). У цьому випадку значення $L = 0,418$.

Таким чином, у буфері маршрутизатора і у лінії зв'язку в будь-який момент знаходиться трохи більше 40% одного кадру.

Щоб визначити середнє число об'єктів в черзі (Lq), перемножимо ступінь використання обслуговуючого устрою ($P = 0,295$) на число об'єктів в системі ($L = 0,418$) – формула (3.4). Система обробляє кадри даних, тому довжина черги дорівнює 0,123 кадру.

$$L_q = L \cdot P. \quad (3.4)$$

Отже, в будь-який момент часу в черзі маршрутизатора мережі (пропускна здатність глобальної мережі 19200 біт/с, інтенсивність трафіку 16000 кадрів в день) знаходиться 0,123 кадрів. Вище з'ясовано, що загальне число кадрів в системі становить 0,418, тому різниця цих величин (0,418 – 0,123), що дорівнює 0,295, дає нам число кадрів переданих у даний момент часу по каналу глобальної мережі.

Теорія масового обслуговування дозволяє розрахувати середній час знаходження об'єкта в системі (W) і середній час очікування в черзі (Wq).

Середній час знаходження в системі є величиною, зворотною до різниці між швидкістю обслуговування і швидкістю надходження замовлень.

$$W = 1 - (t_{обс} - t_{над}). \quad (3.5)$$

Підставивши числа з нашого прикладу, знайдемо, що в даному випадку кожен кадр проводить в системі в середньому 0,75 секунд.

Таким чином, можна очікувати, що викликана наявністю черг затримка кадрів при передачі по лінії з пропускною здатністю 19200 біт/с складе в середньому 0,75 секунд. Добре це чи погано? Все залежить від того, якого роду інформацію переносять кадри. Наприклад, якщо канал зв'язку використовується переважно для передачі електронної пошти або завантаження файлів, то така затримка буде, швидше за все, зовсім непомітна. З іншого боку, якщо мова йде про інтерактивний обмін запитами і відповідями, то затримка в три чверті секунди досить істотна. Зауважимо також, що підрахована нами затримка кадрів при передачі становить лише частину повного часу відповіді віддаленої системи. Щоб обчислити цей параметр, треба до часу затримки при передачі додати час доступу до даних на віддаленому комп'ютері і затримку, пов'язану з передачею відповіді на запит.

Черги в системі можна охарактеризувати ще одним параметром, а саме часом очікування. У нашому випадку значення Wq дорівнює добутку часу очікування в системі на ступінь використання обслуговуючого пристрою.

$$W_q = W \cdot P. \quad (3.6)$$

Таким чином, Wq дорівнює 0,221 секунд.

Як було підраховано вище, очікуваний час знаходження кадру в системі становить 0,75 секунд. Сюди входить час очікування в черзі і час передачі по лініях зв'язку. Вище доведено, що час очікування дорівнює 0,221 секунд. Різниця між цими значеннями (0,75 мінус 0,221 дорівнює 0,529) дає час, що витрачається на передачу одного кадру по каналу глобальної мережі пропускною здатністю 19200 біт/с. Розрахунки згідно теорії масового обслуговування легко піддаються автоматизації. Зокрема, для автоматизації розрахунків можна використовувати електронні таблиці (у табл. 3.2 наведені значення восьми параметрів теорії масового обслуговування для 14 швидкостей роботи каналу зв'язку). Користувач повинен ввести значення трьох змінних. У нашому випадку поставили число кадрів в день – 16000, середню довжину кадру – 1275 і тривалість робочого дня в годинах – 8 годин.

Таблиця 3.2 – Параметри пропускної здатності системи відеоконференцв'язку

| Вхідні дані | Число кадрів в день: 16000 | Серед. дов-на кадру: 1,275 | Продовж. дня: 8 г. | | | | | |
|---------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------|
| Результ. розрах. | Швид. надх.: 0,5556, кадр/с | | | | | | | |
| Швид. лінії (біт/с) | Очікув. час обл. | Серед. шв. обл. | Ступінь вик. каналу | Імов. відс-сть кадрів у системі | Серед. число об'єкт. Всього | Серед. число об'єкт в черзі | Повн. час очік. с. | Час очік. в черзі. с. |
| 9600 | 1,06250 | 0,94118 | 0,59028 | 0,40972 | 1,44068 | 0,85040 | 2,59322 | 1,53072 |
| 19200 | 0,53125 | 1,88235 | 0,29514 | 0,70486 | 0,41872 | 0,12358 | 0,75369 | 0,22244 |
| 56000 | 0,18214 | 5,49020 | 0,10119 | 0,89881 | 0,11258 | 0,01139 | 0,20265 | 0,02051 |
| 64000 | 0,15938 | 6,27451 | 0,08854 | 0,91146 | 0,09714 | 0,00860 | 0,17486 | 0,01548 |
| 128000 | 0,07969 | 12,5491 | 0,04427 | 0,95573 | 0,04632 | 0,00205 | 0,08338 | 0,00369 |
| 256000 | 0,03984 | 25,0984 | 0,02214 | 0,97786 | 0,02264 | 0,00050 | 0,04075 | 0,00090 |
| 384000 | 0,02656 | 37,6470 | 0,01476 | 0,98524 | 0,01498 | 0,00022 | 0,02696 | 0,00040 |
| 448000 | 0,02277 | 43,9215 | 0,01265 | 0,98735 | 0,01281 | 0,00016 | 0,02306 | 0,00029 |
| 512000 | 0,01992 | 50,1960 | 0,01107 | 0,98893 | 0,01119 | 0,00012 | 0,02014 | 0,00022 |
| 576000 | 0,01771 | 56,47059 | 0,00984 | 0,99016 | 0,00994 | 0,00010 | 0,01788 | 0,00018 |
| 540000 | 0,01889 | 52,94118 | 0,01049 | 0,98951 | 0,01061 | 0,00011 | 0,01909 | 0,00020 |
| 704000 | 0,01449 | 69,01961 | 0,00805 | 0,99195 | 0,00811 | 0,00007 | 0,01461 | 0,00012 |
| 768000 | 0,01328 | 75,29412 | 0,00738 | 0,99262 | 0,00743 | 0,00005 | 0,01338 | 0,00010 |
| 1536000 | 0,00664 | 150,5882 | 0,00369 | 0,99631 | 0,00370 | 0,00001 | 0,01158 | 0,00002 |

Розглянемо спочатку колонку «Швидкість лінії в біт/с». Відзначимо, що значення 9600 і 19200 біт/с відповідають найбільш поширеним аналоговим і цифровим орендованим лініям, в той час як швидкості вище 56000 біт/с відповідають цифровим лініям різних типів; всі вони представляють собою т. з. «неповні канали». Оскільки частина загальної пропускної здатності (1,544 Мбіт/с) використовується для передачі службової інформації, в розрахунках обрана пропускна здатність цього каналу – 1536000 біт/с.

Дані двох колонок табл. 3.2, а саме: «Ступінь використання каналу» і «Імовірність відсутності кадрів в системі», дозволяють глибше вникнути в сутність процесу вибору оптимальної швидкості роботи каналу. Для початку визначимо сумарний час очікування: при 19200 біт/с цей параметр дорівнює 0,75 секунд, при 64 Кбіт/с – 0,17 секунд, а при 128 Кбіт/с – 0,08 секунд. Підвищення пропускної здатності глобальної мережі з 19200 до 56000 біт/с

призводить до зниження часу очікування приблизно на 0,55 секунд. З іншого боку, підвищення пропускної здатності з 64000 до 128000 біт/с зменшує час очікування всього на 0,09 секунд. В результаті, збільшення пропускної здатності понад 64000 біт/с призводить до незначного виграшу в часі очікування. Дані, що містяться в колонках «Ступінь використання каналу» і «Імовірність відсутності кадрів в системі» табл. 3.2, представлені графічно на рис. 3.8 і 3.9. Ці графіки з усією очевидністю вказують на те, що в міру зменшення ступеня використання каналу ймовірність відсутності кадрів в системі швидко зростає. Добре видно також, що при швидкостях роботи каналу вище 128000 біт/с ступінь використання каналу близька до нуля, а ймовірність відсутності кадрів в системі дорівнює практично одиниці.

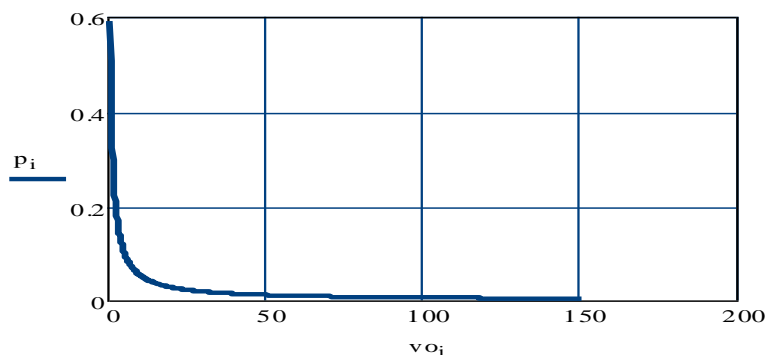


Рисунок 3.8 – Залежність ступеня використання каналу – P_i від швидкості обслуговування – V_{O_i} , кадр/с

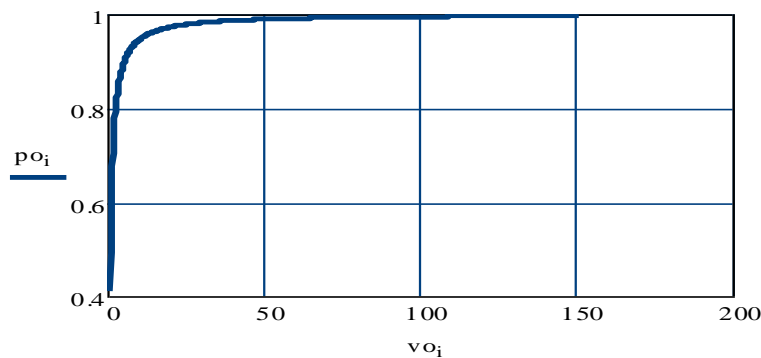


Рисунок 3.9 – Залежність ймовірності відсутності кадрів в системі – P_{O_i} від швидкості обслуговування – V_{O_i} , кадр/с

Закономірне зменшення виграшу в часі очікування в міру збільшення пропускної здатності особливо добре видно при порівнянні продуктивності глобальної мережі для каналів з різною пропускною здатністю. При збільшенні пропускної здатності каналу зв'язку вище п'ятого рівня (128000 біт/с) ймовірність відсутності кадрів в системі практично не зростає.

Наведений графік ілюструє зниження виграшу від установки швидкісних ліній з пропускною здатністю вище 64000 біт/с. Помічена закономірність істотно спрощує вибір оптимальної пропускної здатності каналу глобальної мережі.

Ясно, що в нашому випадку будь-який адміністратор мережі вибере канал з пропускною здатністю не вище 128000 біт/с – в іншому випадку говорити про розумне використання ресурсів глобальної мережі не доводиться. Проте варто запам'ятати, що теорія масового обслуговування не панацея від всіх бід – вона тільки дозволяє оцінити вплив пропускної здатності каналу глобальної мережі на продуктивність локальної мережі з урахуванням особливостей останньої.

3.5. Розрахунок ширини смуги частот каналу відеоконференцій за стандартом H.264

Стандарт H.264 робить можливими відеоконференції бізнес-якості при швидкості 192 kbit/s. У той же час, у разі H.264 навантаження на процесор для декодування мультимедіа потоку вище, ніж для минулих стандартів. Зараз більшість комп'ютерів і відеокамер підтримують H.264 кодування.

3.5.1 Норми і параметри мережі для відеоконференцій

Норми на параметри транспортної мережі для телебачення стандартної та високої чіткості

При оцінці значень параметрів транспортної мережі в табл. 3.3 використовувалися такі вихідні дані:

- стандарт стиснення H.264 або SMPTE 421M;
- транспортний потік MPEG;

- інкапсуляція – сім 188-байтових пакетів відеоданих в один IP пакет;
- режим маскуванню втрат відсутній або мінімальний;
- вимоги до параметрів транспортної мережі є наскрізними.

Таблиця 3.3 – Норми на параметри транспортної мережі для телебачення стандартної чіткості [31]

| Параметр | Значення |
|--|----------------------|
| Швидкість транспортного потоку – 1,75Мбіт/с | |
| Максимальна тривалість помилки, мс, не більше | 16 |
| Максимальна тривалість помилки, IP пак., менше | 4 |
| Період втрат, подій/час, не більше | 1 |
| Коефіцієнт втрат IP пак., не більше | $6,68 \cdot 10^{-6}$ |
| Варіація затримки IP пакетів, мс, менше | 50 |
| Швидкість транспортного потоку – 2,0Мбіт/с | |
| Варіація затримки IP пакетів, мс, менше | 50 |
| Максимальна тривалість помилки, мс, не більше | 16 |
| Максимальна тривалість помилки, IP пак., менше | 5 |
| Період втрат, подій/час, не більше | 1 |
| Коефіцієнт втрат IP пак., не більше | $7,31 \cdot 10^{-6}$ |
| Швидкість транспортного потоку – 2,5Мбіт/с | |
| Варіація затримки IP пакетів, мс, менше | 50 |
| Максимальна тривалість помилки, мс, не більше | 16 |
| Максимальна тривалість помилки, IP пак., менше | 5 |
| Період втрат, подій/час, не більше | 1 |
| Коефіцієнт втрат IP пак., не більше | $5,85 \cdot 10^{-6}$ |
| Швидкість транспортного потоку – 3,0Мбіт/с і більше | |
| Варіація затримки IP пакетів, мс, менше | 50 |
| Максимальна тривалість помилки, мс, не більше | 16 |
| Максимальна тривалість помилки, IP пак., менше | 6 |
| Період втрат, подій/час, не більше | 1 |
| Коефіцієнт втрат IP пак., не більше | $5,85 \cdot 10^{-6}$ |

Норми на параметри транспортної мережі для телебачення високої чіткості

При оцінці значень параметрів транспортної мережі в табл. 3.4 використовувалися наступні вихідні дані:

- стандарт стиснення H.264, SMPTE 421M або AVS;
- транспортний потік MPEG;
- інкапсуляція – сім 188-байтових пакетів відеоданих в один IP пакет;
- застосовується режим маскуванню втрат;

– вимоги до параметрів транспортної мережі є наскрізними.

Таблиця 3.4 – Норми на параметри транспортної мережі для телебачення високої чіткості [31]

| Параметр | Значення |
|---|----------------------|
| Швидкість транспортного потоку – 8Мбіт/с | |
| Максимальна тривалість помилки, мс, не більше | 16 |
| Максимальна тривалість помилки, IP пак., менше | 14 |
| Період втрат, подій/час, не більше | 0,25 |
| Коефіцієнт втрат IP пак., не більше | $1,28 \cdot 10^{-6}$ |
| Варіація затримки IP пакетів, мс, менше | 50 |
| Швидкість транспортного потоку – 10Мбіт/с | |
| Варіація затримки IP пакетів, мс, менше | 50 |
| Максимальна тривалість помилки, мс, не більше | 16 |
| Максимальна тривалість помилки, IP пак., менше | 17 |
| Період втрат, подій/час, не більше | 0,25 |
| Коефіцієнт втрат IP пак., не більше | $1,24 \cdot 10^{-6}$ |
| Швидкість транспортного потоку – 12Мбіт/с і більше | |
| Варіація затримки IP пакетів, мс, менше | 50 |
| Максимальна тривалість помилки, мс, не більше | 16 |
| Максимальна тривалість помилки, IP пак., менше | 20 |
| Період втрат, подій/час, не більше | 0,25 |
| Коефіцієнт втрат IP пак., не більше | $1,22 \cdot 10^{-6}$ |

Залежність коефіцієнта IP пакетів, втрачених під час передачі даних від швидкості транспортного потоку і періоду втрат

Залежність коефіцієнта IP пакетів, втрачених під час передачі даних від швидкості транспортного потоку і періоду втрат для ізольованих подій втрат представлена на рис. 3.10 [32].

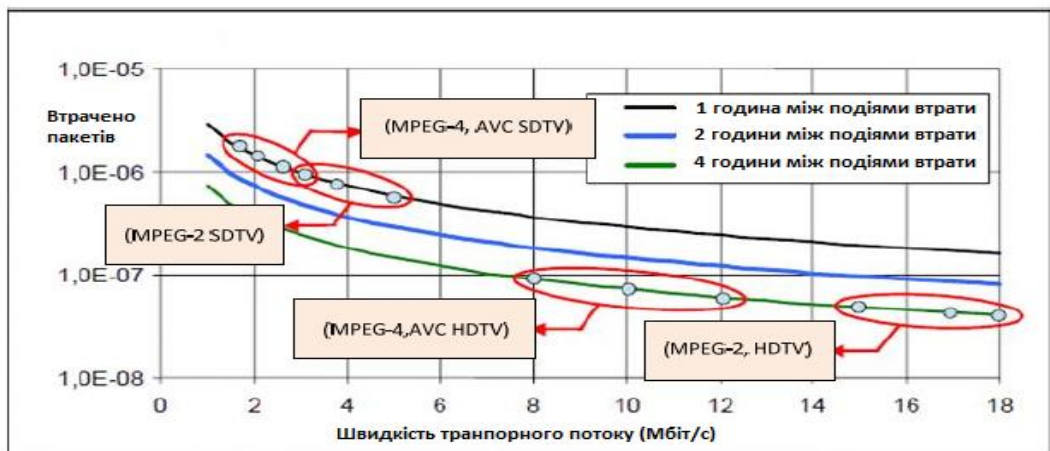


Рисунок 3.10 – Залежність коефіцієнту втрати IP-пакетів від швидкості транспортного потоку і періоду втрат для ізольованих подій втрат [32]

Криві на графіку відображають періоди втрат рівні 1 подія/рік (верхня), 0,5 подій/рік (середня) і 0,25 подій/рік (нижня).

У разі неізольованих подій втрат вимоги до коефіцієнту IP пакетів, втрачених під час передачі даних більш високі.

Розрахуємо залежність смуги частот від кількості учасників відеоконференції при передачі і прийомі.

Таблиця 3.5 – Залежність смуги частот відеоконференції від кількості учасників

| Кількість учасників відеоконференції | Якість (S _{video} , Мбіт/с) | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|--------|-------------|
| | Висока | Середня | Низька | Дуже низька |
| 2-учасника | 3 | 1,5 | 0,768 | 0,128 |
| 3-учасника | 2,25 | 1,125 | 0,6 | 0,128 |
| 4-учасника | | 0,937 | 0,45 | 0,128 |
| | | | | |
| 20-учасників | 1,875 | 1,875 | 0,45 | 0,128 |

Швидкість передачі аудіо для високої, середньої та низької якості: S_{audio} = 0,064 Мбіт/с. Швидкість передачі аудіо для дуже низької якості: S_{audio} = 0,016 Мбіт/с. Швидкість передачі відео високої роздільної здатності (LR Video): S_{LRvideo} = 0,192 Мбіт/с.

Розрахуємо ширину смуги частот при передачі аудіо та відео при різній якості, коли у відеоконференції 2, 3, 4 і 20 учасників за формулами (3.7) і (3.8) відповідно:

$$S_{\text{Пер}2,3,4} = S_{\text{video}} + S_{\text{audio}} ; \quad (3.7)$$

$$S_{\text{Пер}5...20} = S_{\text{video}} + S_{\text{audio}} + S_{\text{LRvideo}} . \quad (3.8)$$

Розрахуємо залежність при стандартній конференції (відео + аудіо).

Для 2-ух, 3-х і 4-х учасників за формулою (3.7) 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 при розширеній конференції (відео + зменшене відео + аудіо).

Для 5-ти й більше учасників за формулою (3.8) для високої якості:

$$S_{\text{Пер}5,6\dots20} = 1,875 + 0,064 + 0,192 = 2,13 \text{ Мбіт/с.}$$

Проведемо аналогічні розрахунки при інших якостях відео та аудіо для смуги частот і результати зведемо в таблицю.

Розрахуємо ширину смуги частот при прийомі аудіо і відео при різній якості, коли у відеоконференції 2, 3, 4 і 20 учасників за формулами (3.9 - 3.11):

$$S_{\text{Пр}2} = S_{\text{Пер}2}; \quad (3.9)$$

$$S_{\text{Пр}3,4} = S_{\text{Пер}3,4} \cdot (N-1); \quad (3.10)$$

$$S_{\text{Пр}5\dots20} = 3 \cdot S_{\text{video}} + ((N-4) \cdot S_{\text{LRvideo}}) + ((N-1) \cdot S_{\text{audio}}), \quad (3.11)$$

де N – кількість учасників відеоконференції.

Розрахуємо залежність при стандартній конференції (відео + аудіо).

При 2-ух, 3-х і 4-х учасників на високій якості:

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

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

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

Розрахунок залежності при розширеній конференції (відео + зменшене відео + аудіо).

При 5-ти й більше учасників за формулою 3.11 для високої якості:

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

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

Проведемо аналогічні розрахунки при інших якостях відео та аудіо для смуги частот і результати зведемо в таблицю. На підставі таблиці будемо графіки залежності.

3.6. Приклад використання TrueConf Server в локальній мережі для організації відеоконференцзв'язку

TrueConf Server – це повноцінний сервер відеоконференцзв'язку. З його допомогою клієнти можуть здійснювати персональні відеодзвінки один одному, а також організовувати конференції трьох типів: групові, відеомовлення та селекторну нараду. Перша з них має на увазі сеанси зв'язку, в яких кожен користувач бачить і чує всіх інших. Максимальна кількість співрозмовників в

них становить 16 осіб, проте можуть бути додаткові обмеження, що накладаються ліцензією.

В сеансах відеомовлення також може брати участь до 16 користувачів. Однак 15 з них бачать тільки одного ведучого. А він може спостерігати за всіма іншими. Цей варіант оптимальний для дистанційного навчання і рішення інших подібних завдань. Третій тип відеоконференцій – селекторна нарада. Приймати в ній участь може до 100 користувачів. У таких відеоконференціях є ведучий, доповідач і виступаючий, а інші є глядачами. Ведучий є адміністратором даного сеансу зв'язку, а доповідач і виступаючий можуть змінюватися (вони вибираються ведучим з учасників). Такі відеоконференції добре підходять для проведення віддалених семінарів, нарад і т. п.

Крім безпосередньо відеозв'язку в TrueConf Server реалізований цілий ряд додаткових комунікаційних функцій. В першу чергу це обмін миттєвими повідомленнями (чат), який дозволяє користувачам системи обмінюватися текстовими повідомленнями. Також в даному продукті реалізована можливість показу співрозмовникам в ході сеансів відеозв'язку презентацій (довільних наборів картинок, в тому числі, і слайдів, імпортованих з Microsoft PowerPoint). Крім цього в TrueConf Server існує функція запису відеодзвінків, пряма передача файлів, «електронна дошка» (засіб для спільного малювання, введення графічних і текстових даних). Розглянутий сервер дозволяє користувачам показувати своєму співрозмовнику вміст робочого столу, а також передавати йому управління. Ця функція може з успіхом використовуватися службами технічної підтримки.

Окремо можна відзначити той факт, що TrueConf Server може працювати не тільки в межах локальної мережі. Він підтримує підключення віддалених клієнтів через Internet, а також роумінг між серверами. Перша функція забезпечує можливість використання корпоративного відеозв'язку співробітникам, що перебувають у відрядженнях, а друга може використовуватися у великих компаніях, що володіють розвиненою філіальною мережею. Крім того, TrueConf Server дозволяє користувачам здійснювати сеанси зв'язку з клієнтами апаратних рішень. Правда, для цього в мережі повинен бути встановлений спеціальний шлюз – TrueConf Gateway H.323/SIP.

При розгортанні TrueConf Server в корпоративній інформаційній системі в першу чергу необхідно подбати про інфраструктуру. Взагалі, в своїй роботі дана система відеоконференцзв'язку використовує будь-які IP-канали зв'язку. Таким чином, розгортати її можна безпосередньо на існуючій локальній мережі підприємства. Єдино, про що варто потурбуватися – про пропускну здатність. Справа в тому, що в ході сеансів передаються досить великі обсяги інформації, а тому для якісної роботи сервера необхідно, щоб йому була доступна певна смуга пропускання.

Для розрахунку мінімально необхідної смуги пропускання потрібно окреслити коло завдань, що вирішуються за допомогою відеоконференцзв'язку. Простіше за все – з персональними дзвінками. При таких сеансах зв'язку сервер намагається поєднати клієнтів безпосередньо. При цьому кожному з них для роботи в режимі відео HQ буде досить 192 Кбіт/с на вхідний і вихідний трафік. При неможливості прямого з'єднання клієнти будуть передавати трафік один одному через сервер. У цьому випадку їм буде потрібно точно така ж смуга пропускання, а ось з сервера потрібно буде вже по 384 Кбіт/с на вхідний і вихідний трафік. Природно, якщо передбачається, що кількість одночасних персональних дзвінків через сервер може досягати 10, то і необхідна пропускну здатність збільшиться в 10 разів.

Формули для розрахунку пропускну здатності, необхідної для проведення групових відеоконференцій, наведені в табл. 3.6 - 3.8.

Таблиця 3.6 – Формули пропускну здатності відеоконференцій

| Пристрій | Сервер | | Клієнт | |
|----------|--------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---------------|
| | Вхідний | Вихідний | Вхідний | Вихідний |
| Формула | $n \times 192$ Кбіт/с | $n \times (n-1) \times 192$ Кбіт/с | $(n-1) \times 192$ Кбіт/с | 192 Кбіт/с |

Таблиця 3.7 – Формули пропускну здатності сеансів відеомовлення

| Напрямок | Сервер | | Клієнт віщає | | Клієнти слухають | |
|----------|--------------------------|------------------------------|---------------------------------------|---------------|------------------|---------------|
| | Вхід | Вихід | Вхід | Вихід | Вхід | Вихід |
| Формула | $n \times 192$ Кбіт/с | $(n-1) \times 192$ Кбіт/с | $2 \times (n-1) \times 192$ Кбіт/с | 192 Кбіт/с | 192 Кбіт/с | 192 Кбіт/с |

Таблиця 3.8 – Формули пропускної здатності сеансів селекторної наради

| Напрямок | Сервер | | Клієнт віщає | | Клієнти слухають | |
|----------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|
| | Вхід | Вихід | Вхід | Вихід | Вхід | Вихід |
| Формула | 3×192 Кбіт/с | $3 \times (n-1) \times 192$ Кбіт/с | 2×192 Кбіт/с | 192 Кбіт/с | 3×192 Кбіт/с | 192 Кбіт/с |

У табл. 3.6 - 3.8 n – загальна кількість учасників відеоконференції.

Провівши розрахунки, можна переконатися, що максимальні вимоги до пропускної здатності становлять близько 57 Мбіт/с для сервера (селекторна нарада на 100 користувачів) і близько 2,8 Мбіт/с для клієнта (симетрична відеоконференція на 16 користувачів). Однак треба враховувати, що далеко не у всіх компаніях будуть проводитися такі масові сеанси зв'язку.

Наступний крок – підготовка комп'ютера, який буде грати роль сервера відеоконференцзв'язку. Для цієї мети достатньо використовувати окремий ПК з операційною системою Microsoft Windows Server 2003-2010. Примітно, що в системі TrueConf Server сервер не здійснює перекодування відеопотоків, а виконує лише комутацію і сервісні функції. В результаті вимоги до його апаратного забезпечення відносно невеликі. Отже, буде достатньо будь-якого сучасного комп'ютера з двоядерним процесором і 1 ГБ оперативної пам'яті.

Установка TrueConf Server практично нічим не відрізняється від інсталяції іншого програмного забезпечення і здійснюється за допомогою звичайного покрокового майстра. В першу чергу запускається дистрибутив, який входить в комплект поставки продукту, і обирається мова майстра інсталяції. Далі йдуть два «стандартних» кроки – прийняття ліцензійної угоди і вибір папки установки. На наступному етапі користувачеві задається питання, переносити чи ні настройки з встановленого раніше продукту Videoport VCS. Зрозуміло, що якщо йдеться про організацію нового сервера відеоконференцзв'язку, то нічого копіювати не потрібно. В іншому випадку можливість перенесення налаштувань дозволяє спростити налаштування. Після цього запускається процес копіювання файлів, по завершенню якого TrueConf Server можна вважати встановленим.

Висновки до третього розділу

У третьому розділі атестаційної роботи проведені розрахунки пропускної здатності мережі відеоконференцзв'язку підприємства для різних варіантів її інфраструктури.

Розрахунки використовують вихідні дані у вигляді типових обсягів трафіку, що генерується в процесі роботи користувача системи, і які можуть бути забезпечені мережевою інфраструктурою і можливі схеми (топології) організації зв'язку між доповідачами та слухачами. Показано, що загальні схеми розрахунку можуть відповідати системам з різною канальністю і фазністю. Розрахунки виконані для схеми з'єднання сегментів LAN мостами за методикою наведеною в другому розділі атестаційної роботи. Результатами розрахунків є параметри пропускної здатності системи відеоконференцзв'язку. У розділі наведені також розрахунки ширини смуги частот каналу відеоконференцій за стандартом H.264 для норм на параметри транспортної мережі для телебачення стандартної та високої чіткості. Результатом розрахунку є залежність смуги частот відеоконференції від кількості учасників відеоконференції.

ЗАКЛЮЧЕННЯ

У атестаційній роботі розглянуті принципи побудови мережі відеоконференцзв'язку підприємства та визначено вимоги до формування навантаження такої мережі.

Об'єкт дослідження – процес формування трафіку у корпоративних мережах відеоконференцзв'язку.

Предмет дослідження – методи аналізу і розрахунку трафіку у корпоративних мережах відеоконференцзв'язку.

Метою атестаційної роботи є визначення і оптимізація вимог до формування трафіку мережі відеоконференцзв'язку підприємства залежно від принципів її організації і функціонального призначення.

Тема атестаційної роботи розкрита у трьох розділах.

У першому розділі атестаційної роботи розглянуті призначення, основні принципи організації та особливості відеоконференцзв'язку підприємства.

Показано, що при високій актуальності послуги – конференц-зв'язок не може задовольнити збільшеним вимогам по сприйняттю інформації та ступеню досягнення нею управлінських завдань. Варіанти організації конференц-зв'язку хоч і різняться способами управління, проте мають однакову інформативність і, отже, рівну та невисоку ефективність цільових впливів на аудиторію.

Системи ж відеоконференцзв'язку характеризуються інтерактивністю подачі інформації і отже ступінь її сприйняття вище, рівно як і вище цільовий вплив цієї інформації. Отже у першому розділі розглянуті категорії і класи сучасного відеоконференцзв'язку, наводяться вимоги систем ВКЗ до пропускну здатності каналів зв'язку при використанні різних кодеків – табл. 1.1. Організація каналів зв'язку для систем ВКС представлена найбільш поширеними зараз багатоточковими методами – рис. 1.2 і технологіями VPN MPLS – рис.1.3.

Як основний стандарт відеоконференцзв'язку розглянуті рекомендації організації мультимедійних телекомунікацій – H.323 (рис.1.5). Базова архітектура H.323 – рис. 1.5 дозволяє організувати багатоточкові

відеоконференції з централізованого, децентралізованою, гібридної і змішаної схемами управління (рис.1.8).

У другому розділі атестаційної роботи розглянуті і проаналізовані загальні рекомендації стандартів по організації відеоконференцзв'язку з позицій загальних підходів міжнародного консорціуму мультимедійних телеконференцій (ІМТС). Ці вимоги дозволяють підійти до оцінки пропускної здатності мультимедійного каналу в мережі ІР. У розділі запропонована методика оцінки пропускної здатності мультимедійного каналу в мережі ІР, починаючи з аналізу числа користувачів мережі – табл. 2.1 і закінчуючи результатами розрахунку швидкості обслуговування в магістральному каналі – табл. 2.2, ступеня використання каналу зв'язку і вірогідності відсутності кадрів – табл. 2.3. За результатами розрахунку побудую графік залежності ступеня використання каналу та імовірності відсутності кадрів від пропускної здатності каналу – рис. 2.1.

Питання стандартизації якості обслуговування в мультисервісних системах передачі даних (СПД) розглянуті у вигляді вимог до QoS для різних сервісів – табл. 2.4 і чутливості різних додатків до мережевих характеристикам – табл. 2.5.

У третьому розділі атестаційної роботи проведений розрахунок пропускної здатності мережі відеоконференцзв'язку підприємства, а також розрахунок ширини смуги частот каналу відеоконференцій за стандартом Н.264.

Вихідними даними для розрахунку служать типові обсяги трафіку, що генеруються в процесі роботи користувача системи, і які можуть бути забезпечені мережевою інфраструктурою в розрахунку на одного користувача (табл. 3.1) і можливі схеми (топології) організації зв'язку між доповідачами та слухачами – рис. 3.1 і рис. 3.2.

Показано, що загальні схеми розрахунку можуть відповідати системам з різною каналністю і фазністю – рис. 3.3 – 3.5. Розрахунки виконані для схеми з'єднання сегментів LAN мостами рис. 3.6. по методикою наведеною в другому розділі атестаційної роботи.

Результатами розрахунків є параметри пропускної здатності системи відеоконференцзв'язку – табл. 3.2. Дані, що містяться в колонках «Ступінь

використання каналу» і «Імовірність відсутності кадрів в системі» табл. 3.2, представлені графічно на рис. 3.8 і 3.9.

Ці графіки з усією очевидністю вказують на те, що в міру зменшення ступеня використання каналу ймовірність відсутності кадрів в системі швидко зростає. Добре видно також, що при швидкостях роботи каналу вище 128000 біт/с ступінь використання каналу близька до нуля, а ймовірність відсутності кадрів в системі дорівнює практично одиниці.

У розділі також наведені розрахунки ширини смуги частот каналу відеоконференцій за стандартом H.264 для норм на параметри транспортної мережі для телебачення стандартної та високої чіткості – табл. 3.3 і 3.4. Результатом розрахунку є залежність смуги частот відеоконференції від кількості учасників відеоконференції – табл. 3.5. У розділі наведено також приклад використання широко застосованого в наш час TrueConf Server в локальній мережі для організації відеоконференцзв'язку. У табл. 3.6, 3.7 і 3.8 представлені формули для розрахунку пропускної здатності для проведення групових відеоконференцій, сеансів відеомовлення і сеансів селекторної наради на базі цього сервера. Розрахунки свідчать, що максимальні вимоги до пропускної здатності становлять близько 57 Мбіт/с для сервера (селекторна нарада на 100 користувачів) і близько 2,8 Мбіт/с для клієнта (симетрична відеоконференція на 16 користувачів).

Однак треба враховувати, що далеко не у всіх компаніях будуть проводитися такі масові сеанси зв'язку. У кожному конкретному випадку необхідно окремо підраховувати вимоги до пропускної здатності локальної мережі. Загальний висновок по атестаційній роботі: відеоконференцзв'язок – це телекомунікаційна технологія інтерактивної взаємодії двох і більше віддалених абонентів, що істотно підвищує ефективність інформаційного контакту.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Шнепс-Шнеппе М.А. SLA: гарант прав потребителів. *Connect. Мир связи*. 2003. №7. С. 4–5.
2. Ефремов П.А. Видеосвязь и видеоконференции: Корпоративные системы связи. URL: <https://a-kom.ua/videoconferencing/video-call-and-video-conferencing.htm/> (дата звернення: 15.03.2020).
3. Seitz N. ITU-T QoS Standards for IP3 Based Networks. *IEEE Communications Magazine*. June 2003. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1109/MCOM.2003.1204752> (дата звернення: 14.05.2020).
4. ETSI. ETR 138. Quality of service indicator for Open Network Provision (ONP) for voice telephony and Integrated Services Digital Network (ISDN), 2003.
5. Опублікований прогноз розвитку передачі мобільних даних в Україні до 2022 року: архів медіаресурсів науки і техніки. URL: <http://tehnoomsk.ru/node/3606> (дата звернення: 15.03.2020).
6. Cisco прогнозирует семикратный рост мобильной передачи данных за период 2016–2021р.р.: архив Cisco за 2017 URL: https://www.cisco.com/c/ru_ua/about/press/2017/02-08.html (дата звернення: 15.03.2020).
7. Богомолов С.А. Видеоконференция в различных сетях: Типовые решения. URL: http://old.stel.ru/videoconference/tech_vc/schemes/ (дата звернення: 15.03.2020).
8. ITU-T (11/01): 2001. End-user multimedia QoS categories. [Approved in 2001-11-19] Recommendation G.1010. Geneva, 2001.
9. ITU-T (12/09): 2009. Internet Packet-based multimedia communications systems. [Approved in 2001-12-14] Recommendation H.323. Geneva, 2009.
10. H.264 High Profile: The Wainhouse Research Bulletin. URL: <http://www.wainhouse.com/files/wrb-11/WRB-1105.pdf>
11. Видеоконференцсвязь, объемы рынка: Видеоконференция и аудиовизуальные технологии от европейского интегратора. URL: <http://www.dekom.com.ua> (дата звернення: 15.03.2020).

12. Інформація щодо відеоконференцзв'язку: Режим доступу. URL: <http://lv.arbitr.gov.ua/sud5015/86374/> (дата звернення: 15.03.2020).
13. The Business Benefits of Video Conferencing: Office solutions. URL: <https://www.parmetech.com/the-business-benefits-of-video-conferencing/> (дата звернення: 15.03.2020).
14. Google Meet – відеоконференції для бізнеса. URL: <https://gsuite.google.ru/intl/ru/products/meet> (дата звернення: 15.03.2020).
15. Киевстар видео и аудио составляет половину трафика в сети 4G: новости и акции. URL: <https://kyivstar.ua/ru/mm/news-and-promotions/kyivstar-video-i-audio-sostavlyayut-polovinu-trafika-v-seti-4g> (дата звернення: 15.03.2020).
16. Системи відеоконференцзв'язку: Призначення та загальна характеристика. URL: <https://ru.calameo.com/books/00309422414643803c2e0> (дата звернення: 15.03.2020).
17. Minoli D., Minoli E. Delivering Voice over IP Networks. John Wiley & Sons, 1998. 120с.
18. Коган А.Б. IP-телефония: оценка качества связи. *Технология и средства связи*. 2001. №1. С.78–82.
19. ETSI. ETR 101 32932, V2.1.1. Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON). Release 3; End-to-end Quality of Service in TIPHON systems; Part 2: Definition of Speech Quality of Service (QoS) Classes. 1999.
20. ETSI. ETR 101 32937, V2.1.1. Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON). Release 3; End-to-end Quality of Service in TIPHON systems; Part 7: Design guide for elements of TIPHON connection from an end-to-end speech transmission performance point of view. 2002
21. Боровиков И.А. Требования к аппаратному обеспечению DeskWork: Информационный центр DeskWork. URL: http://www.deskwork.ru/download/documentation/ru/Technical_Requirements.pdf
22. Саркисян С.А. Методы и модели разработки управленческих решений в сервисной деятельности. URL: <https://lektsii.com/1-2899.html> (дата звернення: 15.03.2020).

23. Плешаков В.А. Основы объединения сетей с помощью мостов: сравнение устройств для объединения сетей. URL: <http://citforum.ru/nets/ito/3.shtml> (дата звернення: 15.03.2020).
24. Гольшко А. Неизвестная высота IP-телефонии : *Connect. Мир связи*, 2003. №8. С. 8–9.
25. Денисов Л. Новый мир IP-телефонии. *Connect. Мир связи*. 2000. № 10. С. 10–12.
26. Яновский Г.Г. Качество обслуживания в сетях IP. *Вестник связи*. №1. 2008. С. 43–58.
27. Гольдштейн Б. С. IP-телефония: монография / Б. С. Гольдштейн, А. В. Пинчук, А. Л. Суховицкий. М.: Радио и связь, 2001. 334 с.
28. Нейман В. И. Маршрутизация в сети Интернет. *Автоматика, связь, информатика*. 2003. № 12. С. 24–27.
29. Бертсекас Д. Сети передачи данных / Д. Бертсекас, Р. Галлагер. М.: Мир, 1999. 600 с.
30. Багатоканальній електрозв'язок та телекомунікаційні технології: підруч. у 2-х ч./ О.В. Лемешко, В.А. Лошаков, В.В. Поповський та ін. за заг. ред. проф. В.В. Поповського. Х.: ТОВ. «Компанія СМІТ», 2010.
31. Горбунова В. Системы и сети связи с подвижными объектами: Знакомство со стандартами цифрового ТВ. URL: <http://omoled.ru/publications/view/1091> (дата звернення: 15.03.2020).
32. Коляденко Ю.Ю. Технологии измерений и метрологическое обеспечение в телекоммуникациях / Ю.Ю. Коляденко, С.А. Сабурова. Х.: ТОВ «Компанія СМІТ», 2007. 640 с.
33. Инфраструктура видеоконференцсвязи (информация от компании «Декон»). URL: <https://www.dekom.com/ua-ru/videokonferencsvjaz/infrastruktura/> (дата звернення: 17.05.2020).
34. Лук Куанг Хунг. MAC-рівень стандарту IEEE 802.16. *INFOS-2019: збірник тез доповідей учасників міжнародного форуму з інформаційних систем і технологій*. (м. Харків, 24-27 квітня 2019 р.). Харків, 2019. С. 53–54.
35. Лук Куанг Хунг. Методика планування мережі 802.16 (WiMAX). *Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти*

становлення (випуск 37): міжнародна наукова інтернет-конференція. (м. Тернопіль, 2 квітня 2019 р.). Тернопіль, 2019. С. 32–33.

36. Інженерні системи та мереж: статті про відеоконференцзв'язок. URL: <https://klaster.ua/ua/stati-i-obzory/videokonferencsvyaz/> (дата звернення: 15.03.2020).

37. Tereshchenko I., Khunh L. K. Organization of enterprise video conferencing. *Science, Society, Education: Topical issues and development prospects*: збірник наукових матеріалів VI міжнародної науково практичної інтернет-конференції. (м. Харків, 10-12 травня 2020 р.). Харків, 2020. С. 193–195.

38. Методичні вказівки з виконання та захисту атестаційних робіт здобувачів вищої освіти на першому (бакалаврському) та другому (магістерському) рівні для студентів всіх спеціальностей та освітніх програм кафедри імені В.В. Поповського / упоряд.: І.С. Добринін, С.О. Єпішкін, М.С. Пастушенко. Харків: ХНУРЕ, 2019. 70 с.

39. Батлук В.А. Охорона праці в галузі телекомунікацій: навч. посіб. Львів: Афіша, 2003. 320 с.

40. Панжар В. Как настроить приоритезацию трафика (QoS) для видеоконференций TrueConf. URL: <https://trueconf.ru/blog/baza-znaniy/kak-uluchshit-kachestvo-videokonferenczij-v-trueconf-for-windows.html> (дата звернення: 15.03.2020).

41. Качество обслуживания (QoS) в IP-сетях: экономим расходы на передачу голоса и видео. URL:<https://www.youtube.com/watch?v=ZJkX9sye7Js> (дата звернення: 15.03.2020).

42. Качество обслуживание (QoS) в локальных сетях и не только. URL: http://book.itep.ru/4/44/qos_lan.html (дата звернення: 15.03.2020).