

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

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри

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

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

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР**

**Тема:** «Корпоративна VoIP мережа на базі Asterisk IP PBX»

**Виконавець:** \_\_\_\_\_ Андрій СТЕПАНЮК  
(підпис)

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Віталій КУРУШКІН  
(підпис)

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

**Київ 2022**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра телекомунікаційних та радіоелектронних систем

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.

## ЗАВДАННЯ

### на виконання дипломної роботи

Степанюка Андрія Віталійовича

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

1. Тема дипломної (кваліфікаційної) роботи: «Корпоративна VoIP мережа на базі Asterisk IP PBX»

затверджена наказом ректора від «25» квітня 2022 р. №433/ст

2. Термін виконання роботи: з 23.05.2022 р. по 17.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: існуюча телефонна мережа невеликого підприємства з розподіленою структурою

4. Зміст пояснювальної записки: Аналіз існуючої телефонної мережі, вибір IP-АТС при проєктуванні мережі, розрахунок проєкту мережі IP-телефонії

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

## 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Розробити деталізований зміст розділів дипломної (кваліфікаційної) роботи	23.05.2022- 25.05.2022	Виконано
2	Вступ	25.05.2022	Виконано
3	Написання першого розділу	26.05.2022- 29.05.2022	Виконано
4	Написання другого розділу	30.05.2022- 02.06.2022	Виконано
5	Написання третього розділу	03.06.2022- 08.06.2022	Виконано
6	Усунення недоліків та захист дипломної роботи	09.06.2022- 17.06.2022	Виконано

7. Дата видачі завдання: “20” травня 2022 р.

Керівник дипломної роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Віталій КУРУШКІН

(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_  
(підпис випускника)

Андрій СТЕПАНЮК

(П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота «Корпоративна VoIP мережа на базі Asterisk IP PBX» містить 58 сторінок, 17 рисунків, 4 таблиці, 27 використаних джерел.

BORDER GATEWAY PROTOCOL 4, AN INTERDOMAIN ROUTING PROTOCOL, AN ITU-T STANDARD PROTOCOL SUITE FOR REAL-TIME COMMUNICATIONS OVER A PACKET NETWORK, HYPERTEXT TRANSFER PROTOCOL, LOCAL AREA NETWORK.

**Мета** – модернізація існуючої телефонної мережі підприємства за рахунок використання VoIP телефонії для зменшення собівартості викликів.

**Об'єктом дослідження** – є процес передавання мови за допомогою IP-мережі.

**Предметом дослідження** – VoIP мережа.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	7
ВСТУП .....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ПОЛОЖЕННЯ .....	11
1.1. Аналіз існуючої телефонної мережі .....	11
1.2. Постановка завдання дипломної (кваліфікаційної) роботи .....	18
1.3. Загальний опис мережі VoIP .....	19
1.4. Протоколи мережі VoIP .....	24
РОЗДІЛ 2. ВИБІР IP-АТС ПРИ ПРОЄКТУВАННІ МЕРЕЖІ .....	26
2.1. Asterisk IP-PBX .....	27
2.2. Станція Nortel Communication server 1000E .....	30
2.3. АТС Alcatel .....	32
2.4. Вибір обладнання .....	34
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ПРОЄКТУ МЕРЕЖІ IP-ТЕЛЕФОНІЇ .....	38
3.1. Розрахунок інтенсивності вхідного навантаження .....	38
3.2. Маршрутизація дзвінків .....	48
ВИСНОВКИ .....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	57

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ACD - Automatic call distributor.

ALG - Application level gateway.

ATM - Asynchronous transfer mode, a cell- switched communications technology.

BGP-4 - Border gateway protocol 4, an interdomain routing protocol.

BRI - Basic rate interface (ATM interface, usually 144 kb/s).

CR-LDP - Constrained route label distribution protocol.

DiffServ - Differentiated services.

DHCP - Dynamic host configuration protocol.

DNS - Domain Name System

DSL - Digital subscriber line.

DTMF - Dual tone multiple frequency.

E.164 - An ITU-T standard for telephone numbering plan

ENIM - IETF standard for mapping telephone numbering on DNS

EF - Expedited forwarding.

FTP - File transfer protocol.

FXO - Foreign Exchange Office.

H.323 - An ITU-T standard protocol suite for real-time communications over a packet network.

H.225 - An ITU-T call signaling protocol (part of the H.323 suite).

H.235 - An ITU-T security protocol (part of the H.323 suite).

H.245 - An ITU-T capability exchange protocol (part of the H.323 suite).

HTTP - Hypertext transfer protocol.

IANA - Internet assigned numbers authority.

IETF - Internet engineering task force.

IntServ - Integrated services Internet.

ITAD - Internet telephony administrative domain.

ITSP - Internet telephony service provider.

ITU - International Telecommunications Union.

IP - Internet protocol.

IS-IS - Intermediate system-to-intermediate system, an interior routing protocol.

LAN - Local area network.

LDP - Label distribution protocol.

LS - Location server

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Комп'ютерні мережі, телефонія, телекомунікаційні системи на сьогоднішній день мають величезне значення в нашому сучасному суспільстві. В останній час виражаються тенденції до об'єднання різного роду мереж таких як: мережі Інтернет і локальних мереж, телекомунікаційних мереж, і інших мереж зв'язку: як телефонних, так і радіомереж. Технологічне об'єднання різнорідних мереж обумовлено передавців цифрової інформації за мережами різного виду.

IP-телефонія, або VoIP – Voice Over IP – це такий вид голосового зв'язку, де на передачу аудіо-інформації по цифрових каналах зв'язку, застосовується протокол IP. У цей час скрізь помічається заміна старих телефонних технологій на нові технології по IP-телефонії.

Головне гідність технології для мереж VoIP перед старими комутованими телефонними мережами такими як, ТМЗК або Public Switched Telephone Network, PSTN – це мала собівартість міжміських і міжнародних дзвінків. За часту абонентські дзвінки з мережі VoIP в ТМЗК будуть дешевшими так, як вони можуть передаватися по корпоративній мережі IP і через мережу Internet, майже без застосування каналів зв'язку міжміських і міжнародних провайдерів послуг. Абонент приймає один виклик, не розриваючи при цьому іншого, ще перевагою телефонії IP є таке поняття - як зайнята лінія абонента, адже можливо організувати кінець зв'язку, і поставити виклики абонентів в режим утримання на лінії.

Для корпоративних клієнтів, важливою, буде можливість створення своєї корпоративної мережі, яка базується на застосуванні готової структури діючої ЛОМ, об'єднання філій в єдину мережу з мінімальними фінансовими тратами. Застосовуючи технологію VoIP, організація може творити різні додаткові послуги такі, як багатоканальні лінії, голосова пошта, паркування викликів, переадресація викликів і ін., створення яких при задіянні стандартних технологій діючої телефонії потребувала б більших витрат на не дешеве спеціалізоване обладнання. Став більше доступним роумінг при застосування технології мереж VoIP, тому що, при з'єднанні абонента і сервера в



такий телефонії можна задіяти мережу Internet, і немає географічної прив'язки абонента [1-27].

Технологія мереж VoIP - це швидко зростаюча, дуже затребувана нова технологія, яка здатна повністю витіснити традиційну телефонну технологію.

**Мета** – модернізація існуючої телефонної мережі підприємства за рахунок використання VoIP телефонії для зменшення собівартості викликів.

**Об'єктом дослідження** – є процес передавання мови за допомогою IP-мережі.

**Предметом дослідження** – VoIP мережа.

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

- Науково-практична конференція «Проблеми експлуатації та захисту інформаційно-комунікаційних систем», м. Київ, 2022 р.

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ПОЛОЖЕННЯ

### 1.1. Аналіз існуючої телефонної мережі

Об'єктом при проектуванні дипломної (кваліфікаційної) роботи буде підприємство. З об'єктивних причин назву та місце розташування не розголошую, а лише буду використовувати умовні позначення. Креативною політикою Підприємства в послугах по технічній підтримці та технічному супроводу обладнання мереж зв'язку, офісного обладнання, комп'ютерного, і інформаційних системою стане повне задоволення потреб абонентів на базі високої якості продукції та її конкурентної спроможності, постійний розвиток і завоювання визнання за виключно позитивною діловою репутацією.

Підприємство надає такі види послуг як:

- технічна підтримка;
- технічний супровід;
- гарантійне обслуговування обладнання;
- автсорсінг ІТ персоналу;
- аудит технічних систем.

Відразу з моменту відкриття головного офісу, і в виду необхідності, були відкриті філії, а також автоспортингові групи.

Зрозуміло, що між офісами компанії, повинен бути постійний телефонний зв'язок, у ролі якого виступає традиційна ТМЗК, представлена послугами телефонних операторів зв'язку.

У головному офісі та у філіях компанії змонтовано обладнання, автоматичні телефонні станції (АТС), а точніше установчі АТС (УАТС), і міні-АТС, для здійснення внутрішнього і зовнішнього зв'язку. Ці станції значно спрощують роботу персоналу офісів.

В Місті №1 змонтована станція АТС Nortel Meridian 1 Option 11С, в Місті №2 змонтована АТС Alcatel-Lucent OmniPCX Enterprise, в Місті №3 змонтована АТС Panasonic KX-TA308. Загальна схема корпоративної телефонної мережі зображена на рис. 1.1.

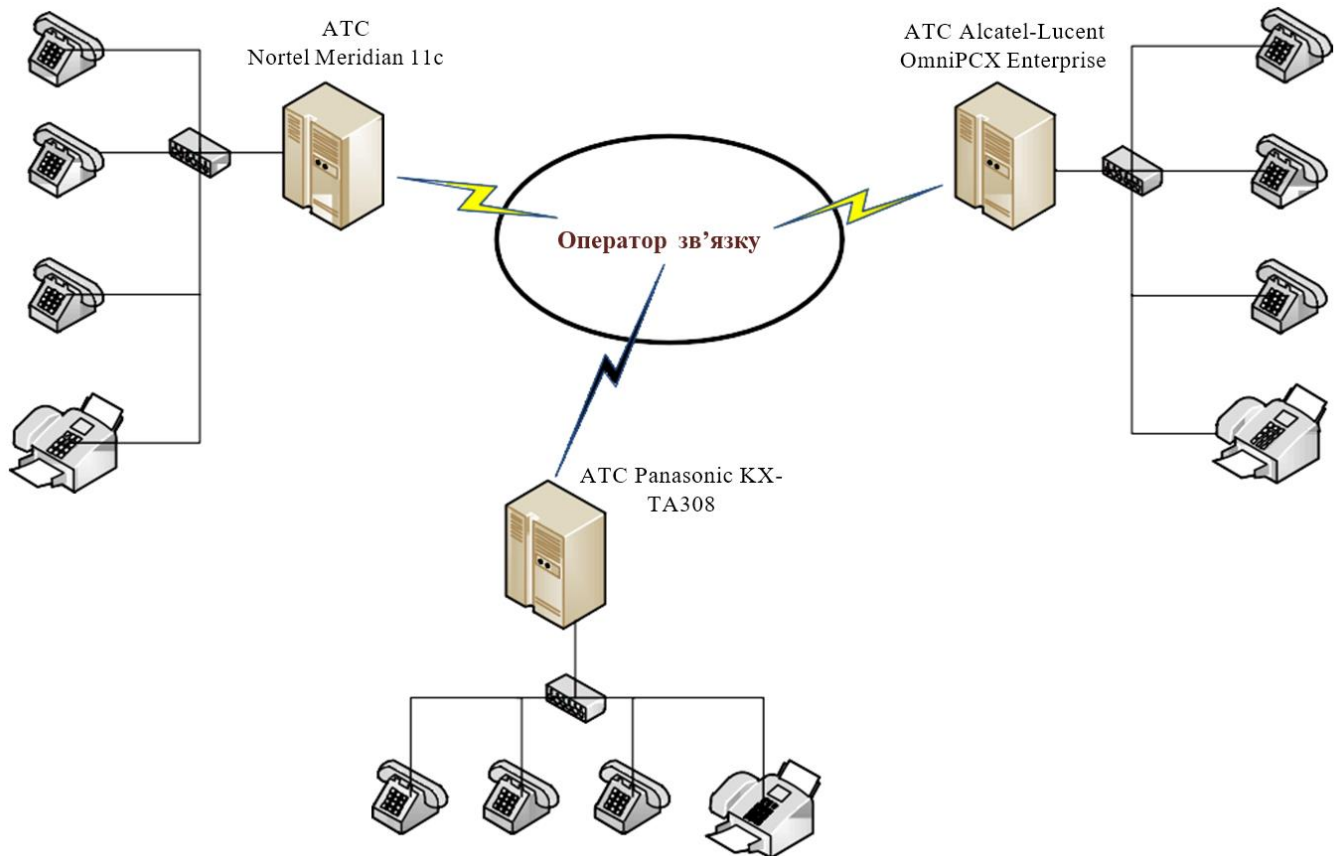


Рис. 1.1. Загальна схема корпоративної телефонної мережі Підприємства

АТС Nortel Meridian 1 Option 11С задовольняє запити 2-х різних типів споживачів послуг зв'язку: це підприємства, які мають один центральний офіс і потребують організації від 30 до 400 ліній зв'язку; і це розташовані в різних місцевостях філії великих організацій. Для підприємств з одним офісом така система надає високу продуктивність і можливість зростання послуг разом з розширенням розмірів підприємства і різноманітність виконання його основних завдань. Для філій, вона повністю задовольняє вимогам, тому, що забезпечується простота в експлуатації і компактність, забезпечуючи можливість з'єднання в мережі кількох пунктів. АТС Nortel Meridian Option 11С підтримує функціонування і можливості великих АТС, але при цьому є естетично привабливою і компактною [1].



Рис.1.2. АТС Nortel Meridian 1 Option 11С

АТС Nortel Meridian Option 11С складається з головного кабінета (main cabinet) і ще 4 кабінетів розширення (expansion cabinet), які потрібні при збільшенні обсягу системи. Функціонально кабінети не відрізняються друг від друга. Всі кабінети станції Option 11С мають свій блок живлення. Кабінети можуть або встановлюватися на стіні, або стоять на підлозі. Лінкуються кабінети між собою по волоконно-оптичному кабелю. Приймально-передавальні процеси для кабінетів розширення можуть бути або на 10 м, або на 3 км [1].

Мережеві можливості системи можна збільшувати, застосовуючи різні пакети програм, призначені для версії 11С. Сюди відносяться і мережна сумісність між системами "Меридіан 1" і апаратурою інших фірм виробників установських АТС (Ericsson, Siemens, Lucent Technologies, (Alcatel і ін.), і більш складні додатки, такі як мережеві повідомлення та "центри обробки викликів".



Рис. 1.3. Nortel Meridian 1 Option 11С вигляд всередині

Кожен з кабінетів Option 11C може вміщувати в себе до 10 периферійних модулів, але для застосування сервера голосовий пошти Meridian Mail® в основний кабінет можна вставити тільки 9 периферійних модулів.

В вигляді периферійних модулів застосовуються такі як:

- модуль при підключення по 2-х і 3-х провідних сполучних ліній;
- модуль при підключення до цифровому тексту ISDN PRI с будь-якими типами сигналізацій (EuroISDN EDSS1, QSIG, DPNSS, DASS2);
- модуль для підключення до 30-каналного цифрового тексту (E1 R 1,5; E1 R2 MFC);
- модуль для підключення 24-х сесій IP телефонії;
- модуль для підключення 16-ти цифрових Абонентів;
- модуль для підключення 16-ти аналогових Абонентів с функцією "Message Waiting";
- модулі 4-х сполучних аналогових 2-х і 4-х провідних ліній з інтерфейсом E&M;
- 8-ми портовий модуль ISDN BRI для підключення цифрових телефонних апаратів по стандарту ETSI 2B + D і для входу в міську мережу. Цей модуль відомий як S-інтерфейс (SILC) [1].

Для застосування картки SILC необхідна наявність контроллера MISP (Miscellaneous Signaling Processor Card) в мережевому обладнанні. Один контроллер підтримує до 4-х карт SILC. В вигляді цифрових кінцевих терміналів в системі Option 11C застосовуються цифрові телефонні апарати компанії NORTEL типу "Orion" і "Taurus".

Основні характеристики АТС Nortel Meridian 1 Option 11С

Тип живлення	Перемінний струм
Максимальна кількість портів	800
Кількість центральних процесорів	1 (Motorolla 68040 32 bit)
Вхідна напруга	240V AC
Кількість таймслотів	960
Кількість дзвінків/год	20000
Кількість учасників конференції	До 64
Програмне забезпечення	X.11, Версія 24 і вище
Охолодження	Конвекційне
Тип накопичувача	Програмний картридж/Флеш
Габарити	559* 635 * 305 мм
Робочі умови експлуатації	15-300С, вологість 20-55%
Вага базового блоку	31.8 кг

АТС Alcatel-Lucent OmniPCX Enterprise представляє з себе нову комутаційну систему. АТС Alcatel OmniPCX Enterprise спрощує і оптимізує навантаження на кожного співробітника організації протягом усього робочого дня. Такий результат досягається за допомогою надання видів послуг і рішень, спрямованих на багаті потреби організації.

Комунікаційна технологія OmniPCX Enterprise базується на основі протоколу IP, це дає можливість (Прозоро) використовувати IP рішення і додатки мережі при передаванні даних. Також архітектура системи дозволяє застосовувати і стандартні TDM і змішані IP-TDM конфігурації мереж. OmniPCX Enterprise підтримує весь набір телефонних послуг сучасного цифрового зв'язку [9].

Підтримує такі рішення як:

- OmniTouch (Центр обробки викликів);
- My Instant Communicator (Програмний телефон);
- 4760 Network Management (Управління, тарифікація і статистика);
- сучасні протоколи передачі даних H.323, SIP;
- роботу с зовнішніми LDAP.

Прі використання в дуже великих компаніях, з географічно розділеними підрозділами, обладнання OmniPCX Enterprise пропонує організацію єдиної мережі зв'язку на базі "вузлової" структури. Вузли цієї мережі зв'язку можуть бути пов'язані між собою різними типами TDM або IP лінками, зберігаючи прозорість надання всіх послуг зв'язку.



Рис. 1.4. АТС Alcatel-Lucent OmniPCX Enterprise

АТС типу Alcatel-Lucent OmniPCX Enterprise володіє функціональними можливостями в 3-х напрямках:

- 1) електронне робоче місце,
- 2) мобільність користувача,
- 3) мобільність додатків, побудованих на базі з'єднання передачі мови і даних (застосовується IP в вигляді базової технології), які підтримуються великим набором мережевих послуг.

Оновлена архітектура системи АТС Alcatel-Lucent OmniPCX Enterprise задовольняє всім нинішнім телекомунікаційним вимогам для користувачів. Поєднуючи нові технології, ця система є унікальним способом рішення проблем.

Оновлена архітектура системи АТС Alcatel-Lucent OmniPCX Enterprise задовольняє всім нинішнім телекомунікаційним вимогам для користувачів. Поєднуючи нові технології, ця система є унікальним способом рішення проблем.

Система Alcatel-Lucent OmniPCX Enterprise орієнтована на абонента, працюючого як самостійно, так і в колективі. Зручність застосування цифрових і IP телефонів, збільшує персональну і штатну продуктивність. Це доповнює великий набір телефонних додатків на основі PC, які спрощують організацію корпоративної системи зв'язку.

АТС Alcatel-Lucent OmniPCX Enterprise має можливість підтримування голосових функцій, як автомобільний оператор- мовні підказки, мовна пошта, багатостороння конференція до 29-сторінних конференцій і т.д [9].

АТС Panasonic КХ-ТА308 представляє з себе ряд гібридних офісних телефонних станцій. АТС Panasonic КХ-ТА308 ємністю на 3 міських і 8 внутрішніх ліній може розширюються до 6 міських і 24 внутрішніх ліній.

Функціями офісної АТС Panasonic КХ-ТА308 є:

- приймання міського виклику з будь-якої внутрішньої лінії, в різній послідовності;
- можливість міського дзвінка з будь-якої внутрішньої лінії, з обмеженням, і без;
- можливість переадресації міського дзвінка на вільну будь-яку внутрішню або на міську лінію;
- можливість обмеження виходу викликів у місто по різних номерах типу блокування вихід на "міжмісто" і т.д.;
- функція прямого доступу в розмову;
- майже необмежений внутрішній зв'язок;
- режим конференцій з участю с міської лінії;
- зображення вхідних і вихідних дзвінків на табло системного телефону;
- чекання виклику абонента;
- обмеження для платних дзвінків;
- автоматичне розподілення вхідних дзвінків (UCD);
- режим роботи день/ніч/обід;
- режим передачі повідомлень між внутрішніми користувачами;
- підключення до РС с програмою для тарифікації;
- можливість підключення до голосової пошти [12].





Рис. 1.5. АТС Panasonic КХ-ТА308

В цих всіх станціях блочно-модульна конструкція полегшує роботу Абонентів. Сам системний блок станції АТС КХ-ТА308 призначений для 3-х вхідних і 8 внутрішніх ліній. За допомогою двох плат розширення додаються ще 3 вхідні і 16 внутрішніх ліній, тоді отримується станція 6 на 24.

Прі розвитку нових технологія, треба буде переглянути систему зв'язки, яка забезпечує трансляцію речового сигналу в мережі Інтернет

## **1.2. Постановка завдання дипломної (кваліфікаційної) роботи**

Завданням дипломної (кваліфікаційної) роботи буде проектування VoIP мережі на базі IP- PBX Asterisk між філіями, які знаходяться в трьох різних містах, для Підприємства.

Проектована мережа VoIP повинна виконувати такі функції:

- об'єднання філій Підприємства в одну корпоративну телефонну мережу;
- зменшення собівартості для компанії, при міжнародних дзвінках;
- відео-дзвінки (конференції);
- аудіо-конференції;
- знаходження додаткових найкоротших маршрутів, у операторів зв'язку, при виході з ладу проектованої корпоративної VoIP мережі.

### 1.3. Загальний опис мережі VoIP

Мережа VoIP-Voice over IP; IP-телефонія, - це система зв'язку, яка забезпечує трансляцію мовного транспорту в мережі Інтернет і по інших IP- мережах. Мова в каналі зв'язки транслюється в цифровому вигляді і, перед трансляцією стискається, для того, щоб зменшити надмірність.

Зв'язок голосом і відеозв'язок при застосуванні комп'ютерних мереж став популярний скрізь, і застосовується, як приватними абонентами, так і в корпоративному секторі. Задіяння системи IP- телефонії операторам зв'язку істотно зменшує собівартість дзвінків, особливо міжнародних і об'єднує телефонію з сервісами послуг мережі Інтернету, і так само надає інтелектуальні послуги [2].

На основі технологічних можливостей VoIP вирішуються такі завдання, які за допомогою використання технології PSTN, реалізуються складніше.

Наприклад:

- є можливість транслювати більше одного телефонного дзвінка при умові високошвидкісного підключення телефону, тому технології VoIP використовуються як простий спосіб при додаванні ще однієї додаткової телефонної лінії для будинку або для офісу;

- безпекові дзвінки, по протоколам SRTP, більшість проблем при включенні безпечних телефонних з'єднань по традиційним телефонним лініям, такі як оцифровка сигналу, передача цифрового сигналу, вирішені в технології VoIP, треба тільки зашифрувати сигнал і потім його ідентифікувати для прохідного потоку інформації;

- в незалежності від місця перебування, необхідно тільки інтернет- з'єднання при підключенні до постачальника послуг VoIP. Наприклад, провайдери з центру обробки дзвінків, за допомогою VoIP-телефонів можуть працювати з будь-якого офісу, там, де є стабільний доступ у мережі Інтернет;

- доступне об'єднання з іншими абонентами через мережу інтернет, навіть відеодзвінок, обмін повідомленнями, і даними при розмові, аудіо- конференція, управління адресною книгою і прийомом інформації;

-телефонні властивості, як маршрутизація дзвінка, GSM-роумінг і впровадження IVR [3].

При передачі голосу по IP-мережі, голос цифрується АЦП, імпульсно- кодовою модуляцією, потім стискається і кодується, розбивається на пакети мережі. На стороні прийому, проводиться зворотна процедура, тобто інформація витягується з пакетів, декодується, і потім перетворюються на вихідний аналоговий сигнал ЦАП.

Кодування кадрів додатково вносить затримку за часом близько 15-45 мс, яка виникає за таких причин:

-використання буфера при накопиченні пакетів і облік статистики наступних звітів, це алгоритмічна затримка;

-математичні перетворення, які виконуються для сигналу, потрібні для процесора, це обчислювальна затримка [3].

Така ж затримка буде і при декодування мови, на приймальній стороні.

Затримку кодека необхідно враховувати при розрахунку наскрізних затримок. Крім цього, складні алгоритми кодування-декодування вимагають більш серйозних витрат обчислювальних ресурсів системи.

Проведений аналіз якості переданих мовних пакетів через мережу Інтернет показує, головним джерелом проходження спотворень, зниження якості, і розбірливості перетвореної мови буде переривання потоку мовних пакетів, викликане такими причинами:

-втрата пакетів при трансляції по каналам зв'язку;

-перевищення допустимого часу доставки пакету з мовною інформацією.

Все це вимагає рішення завдання по оптимізації затримок в мережі передачі і розробку алгоритмів для компресії мови, які будуть стійкі до втрат пакетів, відновлення втрачених пакетів.

Піри кодування інформації, застосовуються кодеки. Використані Алгоритми при стисканні голосу, для передачі в IP-мережі дуже різноманітні.

Одні майже не стискають голос, залишаючи голос на рівні імпульсно-кодової модуляції, швидкість близько 64 кілобіт в секунду, інші кодеки можуть стиснути ци-

фровий голосовий трафік в 8 і більше разів за рахунок застосування алгоритмів кодування. Є багато кодеків, застосування яких не вимагатиме ліцензію. А для багатьох вимагається відповідна ліцензія між виробником обладнання, програмного забезпечення, і авторами способів стиснення.

Відкриті кодеки:

- GSM;
- G.711  $\mu$ -law;
- G.711 a-Law;
- G.722;
- G.726;
- Speex;
- iLBC.

Прорістарні кодеки:

- G.729;
- G.729A;
- G.723 [4-7].

Таблиця 1.2

Порівняльні характеристики VoIP-кодеків

Кодек	Корисне навантаження пакет, байт	Швидкість, кбіт/с	Алгоритмічна затримка, мілісекунд	Займаний потік, кбіт/с	
				IP-пакети	Ethernet-фрейми
G.711	160	64	20	64.8	80
G.723.1(6.3)	24	6.3	37.5	6.9	17.1
G.723.1(5.3)	20	5.3	37.5	5.9	16
G.726-32	160	32	20	32.8	42.7
G.726-24	160	24	20	24.8	34.7
G.726-16	160	16	20	16.8	26.7
G.729(8)	20	8	25	8.8	18.7
G.729 (6.4)	16	6.4	25	7.2	17.1

G.711 - це ITU-T стандарт для аудіо компандування. Застосовується в телефонії.

G.711 - це стандарт, який надає 8-ми бітну компресію РСМ голосу при частоті дискретизації 8000 кадрів/секунду і 8 bit/кадр. Так, G.711 кодек створює потік 64 kbit/s - ОЦК, Основний цифровий канал.

G.729 - це вузькосмуговий мовний кодек, він використовується при цифровому наданні вузькосмугової телефонної мови, сигналу телефонної якості. Така мова використовує смугу від 300 і до 3400 Гц, може бути оцифрована з частотою дискретизації 8 кГц. Мовний кодек повинен представляти мову з такою розрядністю, яку тільки можна. Відновлена мова, повинна точно відповідати оригіналу. На справі приходиться вибирати розрядність кодека і погоджуватися з невеликою похибкою квантування.

G.729 - це широко застосовуваний вид кодека, його швидкість 8 Кбіт / с в теорії, мовний трафік за тривалістю за одну секунду, можна описати, тобто, оцифрувати, передати і зберегти в оцифрованому вигляді, а потім відновити в вихідний сигнал, цифровим потоком до 60 байт/сек [7]. Це ідея-оцифрувати і передавати, або зберегти в цифровому вигляді, не сигнал, а його пам'ять, кількість переходів через нуль, спектральні характеристики і тд., для того, щоб потім за цими параметрами вибрати Модель голосового тексту і відновити вихідну мову, лежить в основі «Вокодерів» - Voice CODER, або «Синтезуючих кодеків».

У всіх видів кодеків існують правила: чим менше щільність цифрового трафіка, тим більше зворотно відновлений сигнал буде відрізняється від вихідного. Але відновлений Сигнал гібридних кодеків має високі характеристики, встановлюється тембр сигналу, його динамічні характеристики, іншими словами, його «пізнаваність» і «розпізнаваність».

Алгоритм базується на принципах кодування з застосуванням лінійного передбачання з збудженням, за алгебраїчною кодовою книгою CELP. Кодер працює з кадрами мовного сигналу має довжину 10 мс, дискретизованими за частотою 8 КГц, це відповідає 80-ти 16-бітним звітам по лінійному закону. Для кожного кадру робиться аналіз мовного сигналу і визначаються папараметри моделі, тобто. коефіцієнти фільтра лінійного передбачання, індекси та коефіцієнти посилення в адаптивній та фіксованій кодових книгах. Після папараметри кодуються і пересилаються в канал зв'язку.

У декодері посилка бітів застосовується при відновленні параметрів вихідного сигналу збудження коефіцієнтів синтезуючого фільтра.

Вокодер працює з кадрами мовних сигналів тривалістю 10 мс. Ще існує часова затримка в 5 мс look-ahead buffer, це в сумі дає алгоритмічну затримку тривалістю в 15 мс (10 +5) [11-14].

Головною перевагою в технологіях IP-телефонії є зниження вимог по смузі пропускання каналів, що забезпечується обліком статистичних характеристик трафіка:

- блокуванням переказу пауз (діалогових, складових, розумових і ін.), які можуть складати до 40-50% часу від заняття каналів передачі;
- підвищеною надмірністю трафіка і його стиском, без втрат якості при його відновленні до рівня 20-40 % початкового сигналу. Але при цьому, для мережі VoIP критичні затримки пакетів в мережі, хоча технологія має якусь стійкість до втрати окремих пакетів. Втрата до 5 % пакетів не впливає на розбірливість мови.

Для передачі телефонного трафіка по технологіям мережі VoIP треба враховувати вимоги стандарту ISO 9000, що характеризують:

- якість встановлення з'єднання, яке визначається у головному - швидкістю встановлення з'єднання;
- якістю самого з'єднання, де показником є наскрізні, сприйняті для користувача затримки, і якість мови.

Загальна затримка допустима за стандартом - не більше 250 мілісекунд. Причинами виникнення затримок при передаванні голосових даних в мережі IP, є особливості транспорту пакетів. Протокол TCP слідує за контролем доставки пакетів, але він повільний, і не бере участь при передаванні мови. Протокол UDP швидко відправляє пакети, але при цьому відновлення втрачених пакетів не гарантується, це приводить до втрат частин розмови при відновленні на зворотному перетворенні [17].

Більшість існуючих провайдерів в IP-телефонії при наданні своїх послуг навіть дозволяють вибирати вузол від якого пройде дзвінок не тільки замислюючись про ціну, але ще і оперуючи додатковими статистичними параметрами, що характеризують якість зв'язку:

ASR/ABR - це співвідношення кількості сервісних дзвінків до числа спроб за- телефонувати, в процентному співвідношенні. Характеризується як найкращий до- звон.

ACD - це середня тривалість дзвінків через вузол в даному напрямку; % - це процент дзвінків с тривалістю менше 30 секунд, який характеризує стійкість зв'язку.

Часто провайдерами зв'язку при оцінці напрямку застосовуються і інші статис- тичні параметри як: навантаження на мережу в ерлангах, набірна затримка PDD, про- цент втрати пакетів QoS, максимальне наростання викликів в секунду Calls per seconds, CPS.

#### **1.4. Протоколи мережі VoIP**

Протоколи VoIP-мережі потрібні для реєстрації IP-пристроїв таких як: шлюз, термінал або IP-телефон на сервері провайдера. Також для виклику і переадресації виклику, встановлення голосового або відео з'єднання, передачу імені та номера аба- нента. В даний час широке застосування отримали такі VoIP-протоколи як:

- SIP - це протокол для сеансового встановлення зв'язку, який забезпечує пере- дачу голосу, відео, повідомлень, систем миттєвого обміну повідомлень і довіль- ного навантаження, для сигналізації використовує порт 5060 UDP. Підтримує ко- нтроль присутності;

- H.323 - це протокол, прив'язаний до систем стандартної телефонії, на від- міну від SIP протоколу, сигналізація йде по порту 1720 TCP, і 1719 TCP для ре- єстрації терміналів на гейткіпері у провайдера;

- IAX2 - через 4569 UDP-порт для сигналізації, і медіатрафіка;

- MGCP Media Gateway Control Protocol - це протокол для управління медіаш- люзами;

- Megaco/H.248 - це протокол управління медіашлюзами, розвиток MGCP;

- SIGTRAN - це протокол тунелювання PSTN сигналізації ЗКС-7 через IP на про- грамований комутатор SoftSwitch;

-SCTP Stream Control Transmission Protocol - це протокол для організації гарантованої доставки пакетів в IP-мережах;

-SCCP Skinny Call Control Protocol - це закритий протокол для управління терміналами, IP-телефонами і медіашлюзами фірми Cisco;

-Unistim - це закритий протокол для передачі сигнального транспорту в продукція фірми Nortel [9-12].



## РОЗДІЛ 2

### ВИБІР IP-АТС ПРИ ПРОЄКТУВАННІ МЕРЕЖІ

IP-PBX або IP-АТС, це PBX - Private Branch Exchange УАТС – тобто, установча телефонна станція на базі міжмережевого протоколу IP.

Так само як і звичайна УАТС, IP-PBX виконує ті ж функції. Так як всі її функції реалізовані програмним забезпеченням, означає в IP PBX можна вільно нарощувати функціонал, модернізувати його, і виправляти помилки. IP-PBX представляє з себе програму на комп'ютері, або ж спеціалізований програмно-апаратний комплекс, який обробляє і розподіляє телефонний трафік між користувачами мережі, які підключені в будь-якій IP-мережі, у тому числі по локальній мережі або через мережу Інтернет.

Бувають рішення IP-PBX, що базуються на програмному забезпеченні з застосуванням відкритого кода. Самим яскравим прикладом ПЗ для IP-PBX є Asterisk - Open Source - проєкт компанії Digium. Комерційні рішення пропонуються такими відомими постачальниками як: AddPac, Alcatel, Avaya, Cisco, Nortel, Panasonic і др.

Основними функціями IP-PBX є:

- Auto Attendant - це автосекретар.
- Call Blocking - це блокування небажаних дзвінків;
- Call Detail Records - це запис з'єднань в CDR файл або в базу даних;
- Call Forwarding - це автомобільна переадресація на другий номер;
- Call Pick-up - це перехват дзвінка;
- Call Queuing - це поставка дзвінків в чергу;
- Call Transfer - це переклад дзвінків;
- Call Waiting - це режим очікування для другого дзвінка коли зайнята лінія;
- Caller ID - це визначення номеру;
- Conferencing - це кінець зв'язку;
- Conversation Recording - це запис розмов;
- Interactive Voice Response IVR -це система інтерактивних голосових меню;

-Music On Hold - це музичний фон при режимі очікування;

-Protocol Bridging - це функція, яка дозволяє проводити перетворення даних між різними протоколами;

-Voicemail System -це голосова пошта.

Варіанти підключення телефонних ліній до IP- PBX:

-якщо стандартний міський телефон, тоді через VoIP-шлюз з FXO- портами, кількість портів повинна дорівнювати кількості ліній;

-коли цифрові потоки E1 ISDN PRI, через цифрові VoIP-шлюзи або плати з портами E1;

-якщо міські номери, тоді через мережу Інтернет - прямо до IP- PBX;

-коли GSM-номери мобільних операторів, через VoIP-GSM-шлюз або через звичайний GSM-шлюз і VoIP-шлюз с портами FXO;

-якщо CDMA-номери, то через VoIP-CDMA-шлюз, або через стаціонарний CDMA-телефон та VoIP-шлюз с портами FXO;

-коли йде прийом дзвінків на облікові записи в системі Skype та і.н., то через програмний шлюз дзвінок потрапить до будь-якого внутрішнього користувача мережевої IP- PBX.

Всі вищенаведені канали можуть застосовуватися для вхідного і вихідного зв'язку, це дозволяє економити на телефонному зв'язку. Телефонні дзвінки, незалежно від варіанту надходження їх у мережу, потрапляють на IP-PBX, потім обробляються по набору правил і розподіляються між операторами або користувачами [19].

## **2.1. Asterisk IP-PBX**

Asterisk IP-PBX - це рішення для комп'ютерної телефонії с відкритим вихідним кодом від компанії Digium. Даний додаток працює в операційних системах Linux, FreeBSD і Solaris. Назва цього проекту походить від назви символу "\*" зірочка, Астеріск.



Рис. 2.1. Логотип проекту Asterisk

Система Asterisk в сукупності з необхідним користувацьким обладнанням має всі можливості стандартної АТС, що підтримує множину VoIP протоколів і надає множину функцій управління дзвінками:

- голосову пошту;
- відео-конференції;
- інтерактивне голосове меню IVR;
- центр обробки викликів поставок дзвінків в чергу і розподілення їх по абонентам застосовуючи різні алгоритми;
- запис CDR;

При створенні додаткового функціонала можна користуватися власною мовою Asterisk при написанні плану нумерації, написанні модулю мовою СІ++, або скориставшись АGІ - гнучким і універсальним інтерфейсом для інтеграції з зовнішніми системами обробки даних. Модулі, що виконуються через АGІ, можуть бути написані на будь-якій мові програмування.

Програма Asterisk розподіляється при умові подвійної ліцензії, при якій одночасно з основним кодом, що розповсюджується у відкритій ліцензії GNU GPL, можна створити закриті модулі, що містять ліцензований код: наприклад, модуль для підтримки кодека G.729.

З-за вільної ліцензії програма Asterisk швидко розвивається і підтримується тисячами людей зі всієї планети [21].

Програма Asterisk працює і з аналоговими лініями FXO/FXS модулі, і з цифровими ISDN BRI і PRI - потоками T1/E1. При допомозі певних комп'ютерних плат найбільше відомими виробниками яких є Digium, Sangoma, OpenVox, Rhino, AudioCodes, Asterisk можна підключити до високопропускних ліній T1/E1, які дозволяють працювати паралельно з десятками і сотнями телефонних з'єднань.

FXO/FXS модулі - це назви портів, до яких підключаються аналогові телефонні лінії ТМЗК.

Інтерфейс FXS - це порт, він дає можливість підключення користувача до аналогової телефонної лінії.

Інтерфейс FXO - це роз'єм, в який включається аналогова телефонна лінія. Це роз'єм на телефонному або факсимільному апараті або роз'єм на аналоговій міні-АТС. Такий порт має індикацію стану трубка знята і трубка на телефоні замикання ланцюга.

Шлюз FXO. При підключенні аналогових телефонних ліній до IP міні-АТС потрібен шлюз FXO. Це дозволить підключити порт FXS до порту FXO, наявного на шлюзі, який перетворює сигнал аналоговий телефонної лінії в виклик VOIP.

Шлюз FXS застосовується при підключенні однієї або більше традиційних аналогових міні-АТС до VOIP міні-АТС або провайдеру послуг. Шлюз FXS потрібен при з'єднанні портів FXO, зазвичай з'єднуються телефонні компанії з мережами Інтернет або VOIP міні-АТС [21].

Підтримуються наступні протоколи:

-SIP;

-H.323;

-IAX2;

-MGCP;

-Skinny SCCP;

-XMPP Google Talk;

-UNIStim;

-Skype через комерційний канал. Можна передавати текст і сигнали відео, наприклад, застосовувати відеофон. Крім цього, реалізована робота з іншими комп'ютерними протоколами:

-DUNDi - протокол, також розроблений Digium;

-OSP;

-T.38, підтримується передача факсів.

Підтримка великого спектра терміналів і комп'ютерних протоколів дозволяє організувати велику кількість сценаріїв взаємодії мереж, відправки, отримання та обробки інформації.

## **2.2. Станція Nortel Communication server 1000E**

Nortel Communication Server 1000E - це повнофункціональна розподілена система IP телефонії, вона дає переваги мережевої конвергенції і, може служити базою при уніфікації телекомунікаційних систем організацій. Це добре масштабована телекомунікаційна платформа. В платформі Communication Server 1000E втілено традиції та передовий досвід компанії Nortel в області побудови телефонних систем операторського класу, розробники наділили її необхідними механізмами забезпечення безпеки та відмовостійкості, що гарантують надійний захист мережі, трафіка та користувачів [23].



Рис. 2.2. Логотип компанії Nortel

Так як це програмно-реалізоване рішення, платформа Nortel Communication Sever 1000E складається з 3-х основних елементів:

-це сам сервер обробки викликів - Communication Server 1000E Call Server – він відповідає за управління процесами встановлення та підтримання з'єднань, контролює системне програмне забезпечення, підтримує до 22-х тисяч клієнтських пристосувань і дозволяє реалізувати різні схеми географічного резервування, забезпечуючи, безперебійну роботу організації.

-це сервери сигналізації IP і маршрутизації мережевого транспорту - IP Signaling and Network Routing Servers – вони відповідають за функції управління IP-викликами, такими як реєстрація IP-пристроїв і кінцевих точок, перетворення адрес

IP і управління смугою пропускання каналу. Вони оптимізують мережевий план нумерації і спрощують адміністрування і масштабування мереж, стоять на базі пристроїв Communication Server 1000.

-це шлюзи корпоративної мережі - Enterprise Media Gateways - вони забезпечують повний набір аналогових і цифрових інтерфейсів абонентських і сполучних ліній при підключенні до LAN і WAN [23].

У платформи Nortel Communication Server 1000E є 2 модифікації

-Standard Availability [SA]

- High Availability [HA] з підвищеним рівнем відмовостійкості - і може поставлятися в різних комплектаціях. Так як в її склад її входить інтегроване апаратне обладнання, призначене для функцій обробки викликів Call Server, IP-сигналізації IP Signaling, і маршрутизації мережевого трафіка Network Routing.

Як альтернатива IP-сигналізації і мережевої маршрутизації можуть бути організовані на платформі готового комерційного COTS сучасного обладнання - де також буде забезпечена повна підтримка всіх передбачених функцій і можливостей, і всілякі схеми резервування.

Платформа Nortel Communication Server 1000E підтримує великий спектр важливих бізнес-додатків, включаючи універсальні системи обміну повідомленнями Unified Messaging, веб-додатки для контактних центрів, мультимедійні сервіси на базі протоколу SIP, платформу Microsoft Live Communications Server і більше 750 самих сучасних функцій телефонного зв'язку, кожна з яких призвана сприяти конкурентоспроможності підприємства [23].



Рис. 2.3. Nortel Communication Server 1000E

Великі можливості, широкий функціонал і гнучкість платформи Nortel Communication Server 1000E - це надійна база при формуванні відмовостійкого, захищеного уніфікованого телекомунікаційного середовища передавання.

### **2.3. АТС Alcatel**

Підхід компанії Alcatel при творенні IP-PBX типовий для виробника традиційної телефонії. Він стоїть в по-етапному об'єднанні стандартних міні-АТС з структурою мереж IP з метою забезпечити взаємодії з пристроями SIP.

Додаткам SIP відводиться найчастіше роль забезпечення голосовими сервісами віддалених і мобільних абонентів, і невеликих філій або нових офісів.

Для корпоративних клієнтів в якості першого кроку пропонується встановлення шлюзів VoIP. Другим етапом буде додавання до АТС функцій SIP проху, для підключення користувачів SIP до корпоративної телефонної мережі. На даному етапі потрібно забезпечити двосторонню конвертацію між URI, що застосовуються пристроями SIP і телефонними номерами. В пристрої SIP прописуються телефонні номери, вони як би стають частиною традиційної міні АТС.

Для взаємодії з IP-структурою була розроблена платформа Alcatel OmniPCX Enterprise IP Communications. Цей сервер під управлінням ОС Linux з інтегрованими

функціями SIP проху і шлюза VoIP. Такий сервер дозволяє призначити пристроям SIP телефонні номери і створювати їх як частину номерного плану підприємства [26].



Рис. 2.4. Логотип компанії Alcatel

Абоненти структури SIP можуть поміщатися в корпоративну LDAP- директо- рію, значить, їм можна зателефонувати "на ім'я". З боку OmniPCX SIP-абоненти "ви- димі" як звичайні телефони, їм можна призначити клас обслуговування, увімкнути в систему білінгу і виділити ящик голосової пошти. Виклики зі звичайних теле- фонів маршрутизуються на пристрої SIP з застосуванням функції Automatic Route Selection ARS. Підтримуються пристрої SIP інших виробників.

Коли пристрої SIP підтримують розширені функції, як ідентифікація виклика- ного користувача, постачання на утримання, переадресація дзвінка і т.д., шлюз гар- антує підтримку їх і з боку OmniPCX Enterprise. Для пристрою SIP забезпечується ін- дикація нового повідомлення, message waiting indication, це коли для користувача за- лишається повідомлення голосової пошти.

Proху-сервер OmniPCX Enterprise SIP підтримує виклики одразу на кілька при- строїв SIP, приналежних одному Абоненту. Сервер OmniPCX SIP registrar динамічно оновлює свою базу даних коли отримує повідомлення, що абонент підключився до мережі. Прі підтримці DNS, проху-сервер встановлює з'єднання з іншими SIP проху- серверами, в цьому ж або іншому домені. Підтримуються транспортні протоколи ти- пів TCP та UDP.

Проаналізувавши ринок телекомунікаційного обладнання і програмного забез- печення, було прийнято рішення на користь проєкту Asterisk, через такі причини як:

- бюджет проєкту обмежений, основний вибір IP-PBX робиться при обліку вар- тості, проєкт Asterisk є безкоштовним програмним забезпеченням с великим вибо- ром апаратного рішення для нього;



-не дивлячись, що проєкт Asterisk є безкоштовним програмним забезпеченням, його функціональні можливості абсолютно не поступають його комерційним аналогам.

## 2.4. Вибір обладнання

Для повноцінної роботи мережі, крім Asterisk, вимагається наступне обладнання:

- апаратне забезпечення в вигляді сервера;
- плата потоку E1;
- шлюзи FXS.

**Сервера.** В даній дипломній (кваліфікаційній) роботі пропонується застосовувати сервери виробника IBM System x3250, тому, що, це обладнання підходить по технічних показників IP-PBX.



Рис. 2.5. Сервер IBM System x3250

Опис серверу:

- виробник - фірма IBM ;
- Модель - System x3250

основні характеристики сервера дані в таблиці 2.1.

Основні характеристики сервера фірми IBM System x3250

Тип	Параметри
Корпус	монтується в шафу-стійку корпус висота в стійці 1U
Вбудовані пристрої	USB панель
Процесор	1 x Intel Xeon E3120 (Макс. 1), socket 775, 3.16 ГГц, системна шина: 1333 МГц, Wolfdale (2 ядра) кеш пам'ять: рівень 1 • 64 кБ, рівень 2, спільно використовуваний 6 МБ. Особливості архітектури: Enhanced Halt State, Execute Disable Bit, Stop Grant state, Streaming SIMD (SSE), Streaming SIMD Extensions 2 (SSE2), Streaming SIMD Extensions 3 (SSE3), Streaming SIMDExtensions 4.1(SSE4.1)
	Virtualization Technology, технологія 64-розрядний адресації пам'яті (EM64T), технологія MMX, покращена технологія SpeedStep
Материнська плата	Intel 3010, 333 МГц (FSB)
Оперативна пам'ять	DDR4, 16 ГБ (Макс. 64 ГБ), 4 x 240-конт. DIMM (2 не зайнято) 3400 МГц
Контролер, пристрої збереження	RAID, вбудований інтерфейс, що надається: Serial Attached SCSI / Serial ATA 2 канали рівні RAID: 0, 1
Жорсткі диски (ССД)	2 Serial ATA 4000 Гб
Відео	внутр. ATI ES1000, PCI-E 1920x1080, 2000 МБ (Макс. 8000 МБ) GDDR5
Мережа	мережевий адаптер вбудований. 2 - портовий: Ethernet (10 Мбіт/сек.) / Fast Ethernet (100) Мбіт/сек.) / Gigabit Ethernet (1000) Мбіт/сек.)
Слоти	1 x PCI Express x16, 1 x PCI Express x8
Підтримувані мережеві стандарти	IEEE 802.3 (Ethernet), IEEE 802.3u (Fast Ethernet), IEEE 802.3z (Gigabit Ethernet)
Електроживлення	1 x блок живлення, вбудований 700 Вт
Розміри, вага	44 x 4.3 x 55.9 см, 12.7 кг

**Плата потоку E1.** E1 - це цифровий канал передачі інформації, який відповідає первинному рівню стандарту ієрархії мереж з PDH європейський стандарт. У порівнянні з американським T1, E1 має 30 В - каналів кожен по 64 кбіт/сек для передачі голосу або даних, і ще 2 канали для сигналізації (30В+D+H) з яких - один канал вико-

ристовується для синхронізації кінцевого обладнання - він містить кодові синхронізації і біти сигналізації, а другий служить при передаванні даних про встановлюваних з'єднаннях. Загальна пропускна здатність E1 = 2048 кбіт/с або 2 Мбіт/с.

Основні характеристики інтерфейсу:

- номінальна бітова швидкість 2048 кбіт/с;
- схема кодування HDB3 двополярна високоплотна схема.

Плата OpenVox D110P - це високопродуктивний, економічний і Гнучкий інтерфейс T1, E1 або J1. Плата D110P - це універсальна плата PCI, яка працює в 2-х режимах: 3.3в. і 5.0 вольт, необхідна для перетворення первинних груп, в потоці T1, це 24 основних цифрових канали в потоці E1, це 32 основних цифрових канали, і плата J1, це 24 основних цифрових канали в тракті мережі TDM IP-PBX сервера.

Така плата використовує кілька цифрових каналів, визначених провайдером зв'язку, при доступі в телефонну мережу загального користування, і кілька каналів - при переданні даних. У цьому випадку, сервер IP-PBX Asterisk, обладнаний платою D110P, діє як інтелектуальний маршрутизатор.



Рис. 2.6. Плата потоку E1 OpenVox D110P

Така плата для потоку E1 буде змонтована в Місті №1 на сервері Asterisk для з'єднання центрального офісу Підприємства до корпоративної мережі VoIP. Тому, що АТС типу Nortel Meridian 1 Option 11С не підтримує функцію VoIP, а апдейд цієї станції до рівня Nortel Communication Sever 1000Е дуже дорога процедура.

**Шлюз FXS.** Інтерфейс-Шлюз FXS-це порт, що дає можливість підключення користувача в аналогову телефонну лінію. Або інакше - це розетка яка видає сигнал станції, також забезпечує живлення лінії і потрібну напругу, для дзвінка.

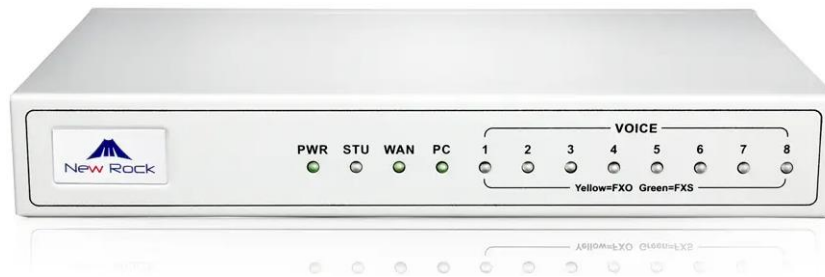


Рис. 2.7. Шлюз FXS

Шлюз FXS застосовується при підключенні однієї або більше стандартних аналогових міні-АТС в систему VOIP міні-АТС або до провайдеру послуг. Шлюз FXS служить для стикування портів FXO, які з'єднуються з телефонною станцією, з мережею Інтернет, і VOIP міні-АТС.

Такі шлюзи будуть використовуватися в Місті №2 при з'єднанні аналогових телефонів з IP-PBX, Asterisk. Тому ухвалено рішення, з'єднати застарілу АТС Panasonic КХ-ТА308

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРАХУНОК ПРОЄКТУ МЕРЕЖІ ІР-ТЕЛЕФОНІЇ

#### 3.1. Розрахунок інтенсивності вхідного навантаження

Головним завданням розрахункової частини дипломної (кваліфікаційної) роботи буде, розрахунок інтенсивності вхідного навантаження, а також розрахунок потрібної ширини каналу для здійснення якісної передачі звукового трафіка по корпоративній мережі VoIP. Вся корпоративна мережа складається зі 100 абонентів.

При розрахунку інтенсивності навантаження на сервер, нам потрібні такі дані (таблиця 3.1), вони отримані статистичним аналізом за місяць.

Таблиця 3.1

Статистика середнього кількості викликів в робочий час

Час дзвінка	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Кількість дзвінків в год	4	7	11	19	19	22	16	13	7	4

Значить виходить, що у середньому, навантаження на сервер Asterisk, буде складати 120 викликів у день.

При розрахунку інтенсивності навантаження застосовуємо формулу [27]:

$$A = \lambda \times T, \tag{3.1}$$

де,  $T$  - це випадкова величина, середня тривалість обслуговування одного виклику, яка вимірюється в одиницю часу.

$\lambda$  - це середня частота надходження викликів, вимірюється числом викликів за одиницю часу, дзв/год. Вона є характеристикою випадкового потоку викликів.

Характеристики навантаження такі як - середня частота надходження викликів  $\lambda$ , трафік  $A$  - зазвичай вважають в ЧНН.

З таблиці 3.1 порахуємо середню кількість дзвінків в год [27]:

$$\lambda = \frac{N}{t_{\text{раб}}}, \quad (3.2)$$

де  $N$  -це число вхідних і вихідних дзвінків в робочий час,  $t_{\text{раб}}$ .

$$\lambda = \frac{120}{10} = 12 \text{ вик. / год.}$$

Середній час обслуговування одного виклику ( $T$ ) визначається по формулі [27]:

$$T = t_{pc} + t_{co} + n + t_{уст} + t_{пв/кпв} + t_{разг} + t_{осв}, \quad (3.3)$$

де:

$t_{pc} = 0,1$  с - це час реакції системи комутації, визначений як проміжок часу в моменту посилки користувачем сигналу «заняття» на станцію, до часу отримання сигналу «відповідь станції»;

$t_{co} = 3$  с - це середній час прослуховування сигналу «відповідь станції»;

$n$ -це число знаків в абонентському номері, тоновий набір одного символу становить 0,5 с. Дзвінок з Міста №1 на міський номер Міста №2, набираються цифри 8727XXXXXX – 11 символів,  $0,5 * 11 = 5,5$ с ;

$t_{уст} = 2$  с - це середній час при встановленні з'єднання;

$t_{пв/кпв} = 7 - 8$  с - це середній час видачі сигналів «посилання виклику» і «контроль за посилкою виклику»;

$t_{\text{осв}} = 1$  с - це середній час визволення телефонного тексту для з'єднання, закінчився розмови;

$t_{\text{розг}}$  -це середній час розгортання розмови, що складає за статистичними даними, 194 секунд.

Отримуємо:

$$T = 0,1 + 3 + 5,5 + 2 + 8 + 194 + 1 = 213,6 \text{ с}$$

Перекладаємо секунди на годину,  $213,6 \text{ сек} = 0,06 \text{ години}$ . Підставляємо отримані дані в формулу 3.1.

$$A = 12 \times 0,06 = 0,71 \text{ Ерл}$$

Швидкість передачі трафіка у великій мірі залежить від швидкості його створення, способів його кодування і декодування. Можлива в цьому каналі, швидкість передачі трафіка називається-пропускною спроможністю каналу. Пропускна здатність каналу, це, є швидкість передачі трафіка при застосуванні «найкращих» для даного каналу джерела трафіка, кодера і декодера, значить, вона характеризує тільки канал [25-27].

В виду того, що середовище передачі дзвінків буде мережа Інтернет, або інша мережа IP, потрібно розрахувати швидкість каналу потрібну для якісної передачі голосу по цій мережі. При розрахунку необхідно враховувати: характеристику кодека і середнє число дзвінків за годину. Порахуємо необхідну швидкість передачі в каналі по формулі [27]:

$$C = \lambda \times R, \tag{3.4}$$

де,  $R$  -це швидкість передачі кодека, кбіт/с.

Регламент кодування корисної інформації за допомогою кодека G.729 становить 8 кбіт/с, але насправді, крім корисної інформації, кодується ще й службова інформація, значить, швидкість передачі кодека становить близько 16-20 кбіт/с.

$$C = 12 \times 20 = 240_{\text{кбіт/с}}$$

Після проведення розрахунків з'ясовано, що при передачі по каналу зв'язку середньої кількості дзвінків протягом години необхідний канал зв'язку з швидкістю 240 кбіт/с. Це швидкість буде вирізана від спільної швидкості, що надається провайдером для компанії. Виділена швидкість передачі для серверу в Місті №1 буде складати 300 Мбіт/с, що повністю задовольняє потреби.

Для рахунку продуктивності вузла доступ, с з урахуванням всіх видів навантаження що поступає від абонентів, що користуються різними видами мережевих послуг необхідно:

- 1) провести розрахунок кількості пакетів від першою групи (телефонія);
- 2) провести розрахунок кількості пакетів від другої групи (телефонія і факс);
- 3) провести розрахунок кількості пакетів від третьої групи абонентів (технологія triple play);
- 4) оцінити вимоги до продуктивності маршрутизатора, обслуговуючого трафік;

Розрахунок кількості пакетів від першої групи (телефонія). Розраховуємо число пакетів створеного користувачами телефонів, використовуючи вибрані раніше кодеки . G.711u, G.726-32:

Тривалість дейтаграми  $T_{\text{PDU}}$  рівна 20 мс, згідно рекомендації RFC 1889. При цьому в секунду передається  $n_j = 1/T_{\text{PDU}}$ , (кадрів у секунду). Розмір пакетизованих даних  $h_j = v_j * T_{\text{PDU}}$

де  $v_j$  - швидкість кодування, байт/с;

$h_j$  - розмір пакетизованих даних;

$T_{\text{PDU}}$  - тривалість однієї виборки -тривалість пакета.

Розрахувати  $v_j$  - швидкість кодування, байт/с;  $h_j$  - розмір пакетизованих даних для двох обраних згідно з варіантом кодеків (індекс  $j$  співвідповідає 1-перший кодек без стиснення, 2- другий кодек з стисненням).

При використанні кодеку швидкість кодування  $v_j = R * G_j / 8$ , (Байт/с),

$h_j = v_j * T_{\text{PDU}}$ , (Байт).



G.711u байт/с G.726-32.

Для визначення розміру пакета необхідно врахувати заголовки:

- IP - 20 байт;
- UDP - 8 байт;
- RTP - 12 байт.

Сумарний розмір пакета для кодека без стиснення:

$$h G_1 = h_j + IP + UDP + RTP = 163,84 + 20 + 8 + 12 = 203,84 \text{ байт}$$

Сумарний розмір пакета для кодека зі стисненням:

$$h G_2 = h_j + IP + UDP + RTP = 81,92 + 20 + 8 + 12 = 121,92 \text{ байт.}$$

Для визначення числа пакетів, генеруючих першою групою абонентів, необхідно врахувати їх частку в загальній структурі користувачів, кількість викликів в год найбільший навантаження, середню тривалість розмови.

$$N_{1j} = n_{1j} * t_1 * f_1 * l * N = 68250 * 10^3$$

де  $N_{1j}$  - число пакетів, що генерується першою групою користувачів в год найбільшої навантаження;

$n_{1j}$  - число пакетів, генеруючих в секунду одним абонентом;

$t_1$  - середня тривалість розмову в секундах для першої групи абонентів;

$f_1$  - число викликів в год найбільший навантаження для першою групи абонентів;

$l$  - частка користувачів групи 1 у спільній структурі абонентів;

$N$  - загальне число користувачів.

Розрахунок кількість пакетів від другої групи (телефонія і факс).

Розрахунки, приведені для першої групи абонентів, в повному обсязі можна використовувати і до другої групи. Різниця буде тільки в індексах.

$$N_{2\_тj} = n_{1j} * t_2 * f_2 * 2 * N$$

$$N_{2\_тj} = 31500 * 10^3$$

де,  $N_{2\_тj}$  - це число пакетів, генеруєме другою групою користувачів в ГНН, при користуванні голосовими послугами;

$n_{1j}$  - це число пакетів, генеруючих в секунду одним абонентом;

$t_2$  - це середня тривалість розмови, в секундах для другої групи абонентів;

$f_2$  - це число викликів в ГНН для другої групи абонентів;

2 - це частка абонентів групи 2 в загальній структурі абонентів;

N - це загальне число абонентів.

Всі рахунки, які проведені для перших двох груп, залишаються і для третьої групи, а саме:

$$N_{3\_тj} = n_{1j} * t_{3\_т} * f_3 * 3 * N$$

$$N_{3\_тj} = 5250 * 10^3$$

де  $N_{3\_т}$  - це кількість пакетів, генеруєма 3-ю групою абонентів в ГНН;

$n_{1j}$  - це кількість пакетів, що генеруються в секунду одним абонентом;  $t_3$  - це останній час розмови, в секундах;

$f_3$  - це кількість викликів в ГНН;

3 - це частка абонентів групи 3, в загальній структурі абонентів;

N - це загальна кількість абонентів.

Вимоги до продуктивності вузла доступу. Вузол доступу повинний обслуговувати трафік від всіх трьох груп абонентів. Крім цього, вузол доступу повинний забезпечити підтримку якості обслуговування шляхом пріоритетизації трафіка, яка повинна здійснюватися незалежно від застосовуваної технології транспортної мережі доступу.

Сумарна кількість пакетів, яка повинна пройти мультिवипускний вузол доступу, буде:

$$N_{jy_j} = N_{1j} + N_{2j} + N_{3j} = n_{1j} \cdot t_1 \cdot f_1 \cdot 1 \cdot N + (n_{1j} \cdot t_2 \cdot f_2 \cdot 2 \cdot N + 2 \cdot N \cdot V_2 / h_j) + \\ + (n_{1j} \cdot t_3 \cdot f_3 \cdot 3 \cdot N + 3 \cdot N \cdot V_3 / h_j + 3 \cdot N \cdot n_{3j} \cdot t_{3\_B})$$

Враховуючи, що:

$t_1 = t_2 = t_3 = t$  -це середня тривалість розмови в секундах;  $f_3 = f_2 = f_1 = f$  -це число викликів в ГНН;

Отримуємо:

$$N_{jy_j} = n_{1j} \cdot t \cdot f \cdot N \cdot (1 + 2 + 3) \cdot N / h_j \cdot (2 \cdot V_2 + 3 \cdot V_3) + 3 \cdot N \cdot n_{3j} \cdot t_{3B}$$

Враховуючи, що  $1+2+3 = 1$ , отримуємо:

$$N_{y_j} = N \cdot (n_{1j} \cdot t \cdot f + (2 \cdot V_2 + 3 \cdot V_3) / h_j) + 3 \cdot N \cdot n_{3j} \cdot t_{3\_B} \cdot N_{y_j} = 258370000 \text{ для G711u}$$

$$N_{y_j} = 410730000 \text{ для G726-32}$$

Найнижча кількість пакетів у секунду розраховується для двох вибраних кодеків і рівна:

$$N_{y\_секj} = N_{y_j} / 3600$$

$$N_{y\_секj} = 71769,4 \text{ для G711u}$$

$$N_{y\_секj} = 114092 \text{ для G726-32}$$

Дані дозволяють оцінити вимоги до продуктивності маршрутизатора, агрегуючий трафік мультिवипускної мережі доступу. Кількість переданих пакетів в рік. для 3-х груп користувачів:

Кількість пакетів в с		
	G.711u	G.726-32
1 група ( 1 ),%	$68250 \cdot 10^3$	$68250 \cdot 10^3$
2 група ( 2 ),%	$112140 \cdot 10^3$	$192780 \cdot 10^3$
3 група ( 3 ),%	$77980 \cdot 10^3$	$149700 \cdot 10^3$

Вимоги до смуги пропускання визначаються гарантіями якості обслуговування, що надаються оператором користувачеві. Параметри QoS прописані в рекомендаціях ІТУ Y.1541. В частині, затримка розповсюдження з кінця в кінець, при передачі мовного трафіка, не повинна перевищувати 100 мс, а імовірність перевищення затримки порогу в 50 мс не повинна переводити 0,001, мс:

$$p\{t_p > 50 \text{ мс}\} 0.001$$

Затримка з кінця в кінець складається з таких складових:

$$t_p = t_{\text{пакет}} + t_{\text{ад}} + t_{\text{core}} + t_{\text{ад}} + t_{\text{буф}}$$

де:

- $t_p$  -це час передачі пакета з кінця в кінець;

- $t_{\text{пакет}}$  - це час пакетизації, залежить від типу трафіка і кодека;

- $t_{\text{ад}}$  -це час затримки при транспортуванні в мережі доступу;

- $t_{\text{core}}$  -це час затримки при розповсюдженні в транзитній мережі;

- $t_{\text{буф}}$  -це час затримки в приймальному буфері.

Допустимо, що затримка в мережі доступу не повинна перевищувати 5 мс. Час обробки заголовка IP-пакету постійний. Розподіл інтервалів між поступленнями пакетів відповідає експоненційному закону. Тому для опису процесу можна скористатися моделлю M/G/1 [27]:

$$\bar{t}_{\text{ад}j} = \frac{\tau_j (1 + C_j^2)}{2(1 - \lambda_j \tau_j)}, \quad (3.5)$$

де  $\tau_j$  - середня тривалість обслуговування одного пакета;

$C_j^2$  - квадрат коефіцієнта варіації, 0,2;

$\lambda_j$  - параметр потоку;

$\bar{t}_{\text{ад}j}$  - середній час затримки пакета в мережі доступу, = 0,005 с. -це середня тривалість обслуговування одного пакета;

Для передачі однієї і тієї ж інформації, тобто одного об'єму інформації, при використанні послуги Triple Play, потрібна різна смуга пропускання. Допустимо, що в структурному складі абонентів відсутні групи абонентів, які користуються відео, тоді  $p_{2н} \gg p_2 + p_2$ . При цьому в вище наданому аналізі слідую опустити розрахунок кількості

пакетів, виникаючих при використанні високошвидкісної передачі даних і відео послуг. Кількість генеруючих пакетів, що виникають у ГНН, буде:

$$\begin{aligned}
 N &= N_{tel} + N_{int} = N \cdot (n \cdot t \cdot f + \frac{\pi_{2H} \cdot V_2}{h}) \\
 N &= 2800 \cdot (50 \cdot 150 \cdot 5 + \frac{0,3 \cdot 15851760}{163,84}) = 186271230 \\
 N &= 2800 \cdot (50 \cdot 150 \cdot 5 + \frac{0,3 \cdot 15851760}{81,92}) = 267542461
 \end{aligned}
 \tag{3.6}$$

де,  $N_{tel}$  - це кількість пакетів телефонії, генеруєма всіма абонентами в ГНН;

$N_{int}$  - це кількість пакетів інтернету, генеруєма 2-й групою користувачів в ГНН;

$r_{2H}$  - це число абонентів групи 2, в спільній структурі абонентів;

$n_j$  - це кількість пакетів, що генеруються в секунду одним абонентом при використанні кодека G.711u;

$t$  - це середня тривалість розмову у секундах;

$f$  - це кількість викликів в ГНН;

$N$  - це загальна кількість абонентів.

Кількість пакетів за секунду:

$$\begin{aligned}
 N_{сек} \frac{N}{3600} &= N \cdot (n_j \cdot t \cdot f + \frac{\pi_{2H} \cdot V_2}{h_j}) / 3600 \\
 N_{сек} &= \frac{186271230}{3600} = 51742,008 \\
 N_{сек} &= \frac{267542461}{3600} = 74317,35
 \end{aligned}
 \tag{3.7}$$

Найвищий час обслуговування одного пакета при нормі затримки 5 мс:

$$\begin{aligned}
 \tau_j(0.005) &= \frac{1}{N_{сек} + \frac{1+0.2}{2 \cdot 0.005}} \\
 \tau_j(0.005) &= \frac{1}{51742,008 + \frac{1+0.2}{2 \cdot 0.005}} = 1,928 \cdot 10^{-5} \text{ (секунд)} \\
 \tau_j(0.005) &= \frac{1}{74317,35 + \frac{1+0.2}{2 \cdot 0.005}} = 1,343 \cdot 10^{-5} \text{ (секунд)}
 \end{aligned}
 \tag{3.8}$$

Коефіцієнт використання [27]:

$$\begin{aligned}
 \rho_j &= \lambda_j \cdot \tau_j(0.005) \\
 \rho_j &= 51742,008 \cdot 1,928 \cdot 10^{-5} = 0,998 \\
 \rho_j &= 74317,35 \cdot 1,343 \cdot 10^{-5} = 0,998 \quad ,
 \end{aligned}
 \tag{3.9}$$

Прі завантаженні системи на 50% [27]:

$$\begin{aligned}
 \tau_j(0.005) &= \frac{0,5}{N_{seq} + \frac{1+0.2}{2 \cdot 0.005}} \\
 \tau_j(0.005) &= \frac{0,5}{51742,008 + \frac{1+0.2}{2 \cdot 0.005}} = 9,641 \cdot 10^{-6} \text{ сек} \\
 \tau_j(0.005) &= \frac{0,5}{74317,35 + \frac{1+0.2}{2 \cdot 0.005}} = 6,717 \cdot 10^{-6} \text{ сек} \\
 \beta_j &= \frac{1}{\tau_j} \\
 \beta_j &= \frac{1}{9,641 \cdot 10^{-6}} = 103700 \\
 \beta_j &= \frac{1}{6,717 \cdot 10^{-6}} = 148900 \quad ,
 \end{aligned}
 \tag{3.10}$$

Тоді потрібна пропускна здатність смуги рівна:

$$\varphi_i = \beta_i \times h_i, \text{ (біт/с)}$$

$$\varphi_i = 103700 \cdot 163,848 = 135900000 \text{ біт/с} = 129,625 \text{ Мбіт/с}$$

$$\varphi_i = 148900 \cdot 81,928 = 97580000 \text{ біт/с} = 93,063 \text{ Мбіт/с}$$

Порівняємо отримані результати рис. 3.1

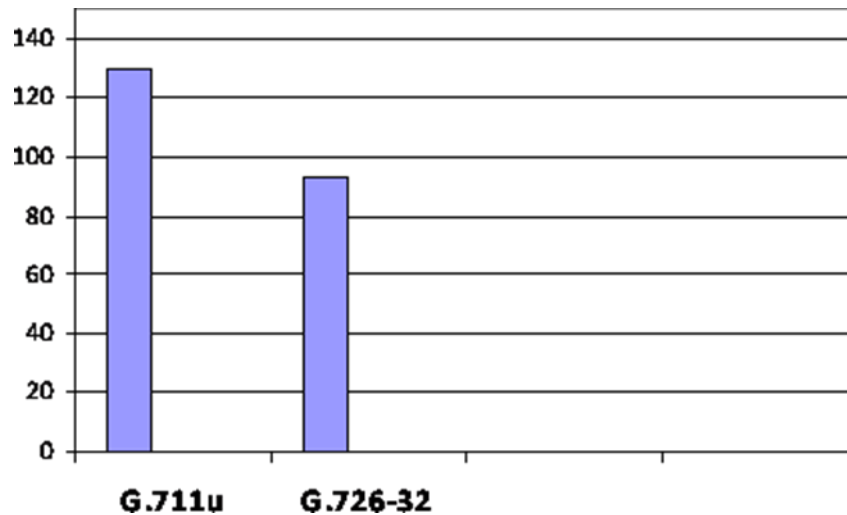


Рис. 3.1. Відображення результатів розрахунку: потрібна смуга пропускання

### 3.2. Маршрутизація дзвінків

Маршрутизація, Routing -це визначення маршрута проходження трафіка в мережах передачі даних.

Маршрути задаються або адміністративно, це статичні маршрути, або обчислюються за допомогою алгоритмів маршрутизації, ґрунтуючись на інформації про топології і стані мережі, одержуваної за допомогою протоколів маршрутизації, це динамічні маршрути.

Статичними маршрутами бувають:

- Маршрути, які не змінюються у часі;
- Маршрути, які змінюються за розкладом;
- Маршрути, які змінюються від ситуації - адміністративно.

Маршрутизація в комп'ютерних мережах виконується спеціальними програмно-апаратними засобами такими як маршрутизатори, при простих конфігураціях мереж може бути виконана комп'ютерами які, відповідно налаштовані.

Сам протокол маршрутизації працює тільки з пакетами, які належать одному з маршрутизованих протоколів, наприклад, IP, IPX або Xerox Network System, AppleTalk. Маршрутизовані протоколи створюють форми пакетів, де важливою інформацією для маршрутизації буде адреса одержувача. Протоколи, які не підтримують

маршрутизацію, можуть передаватися між мережами за допомогою тунелів. Такі можливості частіше всього надають програмовані маршрутизатори і деякі з моделей апаратних маршрутизаторів [22].

Перші маршрутизатори представляли собою спеціалізоване ПЗ, яке обробляло IP-пакети специфічним чином. Таке ПЗ працювало на комп'ютерах, де було кілька видів мережевих інтерфейсів, які входили в структуру різних мереж, між якими вироблялася маршрутизація трафіка. Потім з'явилися маршрутизатори в вигляді спеціалізованих пристроїв. Комп'ютери, на яких застосовується маршрутизуюче ПЗ називаються - програмні маршрутизатори, а обладнання називається - апаратними маршрутизаторами.

У сучасних апаратних маршрутизаторах, при побудові таблиць маршрутизації, застосовується спеціалізоване ПЗ, "прошивка", для обробки пакетів IP, застосовується комутаційна матриця або ж інша технологія апаратної комутації, розширена фільтрами адрес в заголовку пакетів IP.

Існують два типи маршрутизації: це апаратна і програмна маршрутизація.

Є два види апаратної маршрутизації: 1-це зі статичними шаблонами для потоків, і 2- це з динамічними адаптованими таблицями.

Статичні шаблони для потоків розуміють поділ всіх пакетів IP на віртуальні потоки; кожен такий потік характеризується такими ознаками для пакету як: IP-адресами відправника та одержувача, TCP/UDP-порт відправника та одержувача у випадку підтримки маршрутизації на підставі інформації 4 рівня. Оптимізація маршрутизації, при цьому будується на тому, що всі пакети при однакових визнаннях повинні оброблятися однаково, по однаковим правилам. При цьому правила перевіряються тільки для першого пакета в трафіку, при появі пакета з ознаками, що не входять в існуючі потоки, створюється новий потік, по результату аналіз даного пакету формується статичний шаблон, який буде застосовується, при визначенні правил комутації пакетів всередині цього потоку. Частіше час збереження не застосовується. Шаблон обмежено для визволення ресурсів маршрутизатора. Великим недоліком да-



ної схеми становиться інерційність щодо зміни таблиці маршрутизації, при існуючому потоці зміна правил маршрутизації пакетів, не "помічається" до часу видалення шаблону [24].

Динамічні адаптовані таблиці маршрутизації застосовують правила маршрутизації "прямо", застосовуючи маску мережі і номер мережі з таблиці маршрутизації при перевірці пакету і визначення порта, в який потрібно переслати пакет. Зміни, які вносяться в таблицю маршрутизації, при роботі, протоколів маршрутизації та резервування, тут же впливають на обробку всіх нових пакетів. Динамічні адаптовані таблиці маршрутизації дозволяють вільно реалізовувати швидку апаратну перевірку з списків доступу мережі.

Програмна маршрутизація з використання спеціалізованого ПЗ для маршрутизаторів, і у випадку, коли апаратні методи не застосовуються, наприклад, при організації тунелів, або ПЗ на комп'ютері. В цілому, кожен комп'ютер виробляє маршрутизацію своїх вихідних пакетів [23]. При маршрутизації чужих пакетів IP, і при побудові таблиць маршрутизації застосовуються різні ПЗ такі як:

- Сервіс RRAS, routing and remote access service, в Windows Server
- Демони routed, gated, quagga, в Unix-подібних ОС, Linux, FreeBSD і тд.

Розглянемо діючу маршрутизацію дзвінків у корпоративної мережі Підприємства. Центральна АТС Meridian 11С головного офісу компанії підключена до оператора зв'язку за допомогою потоку E1, і номерна ємність становить 20 міських номерів (7172) XXXX00 – (7172) XXXX19, для корпоративних дзвінків офісу, застосовується внутрішня нумерація 25XX. Все дзвінки направляються на провайдера зв'язку (рис. 3.2).

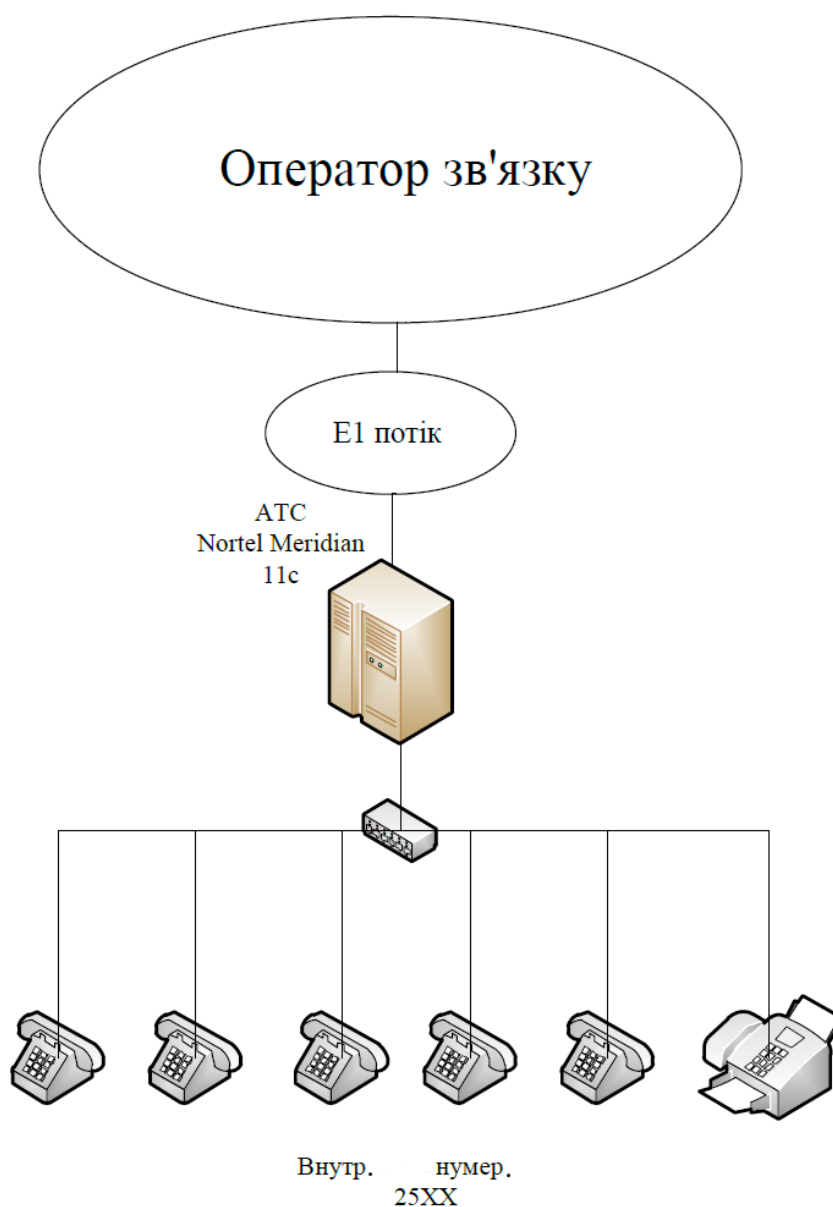


Рис. 3.2. Діюча схема телефонного зв'язку центрального офісу

АТС Alcatel для філії в Місті №2 підключена до провайдера зв'язку за допомогою SIP-транку, ємність становить 10 міських номерів (7272) XXXXX0-(7272) XXXXXX9, при корпоративних дзвінках застосовується внутрішня нумерація 28XX. Дзвінки направляються по одному маршруту на провайдера зв'язку (рис. 3.3).

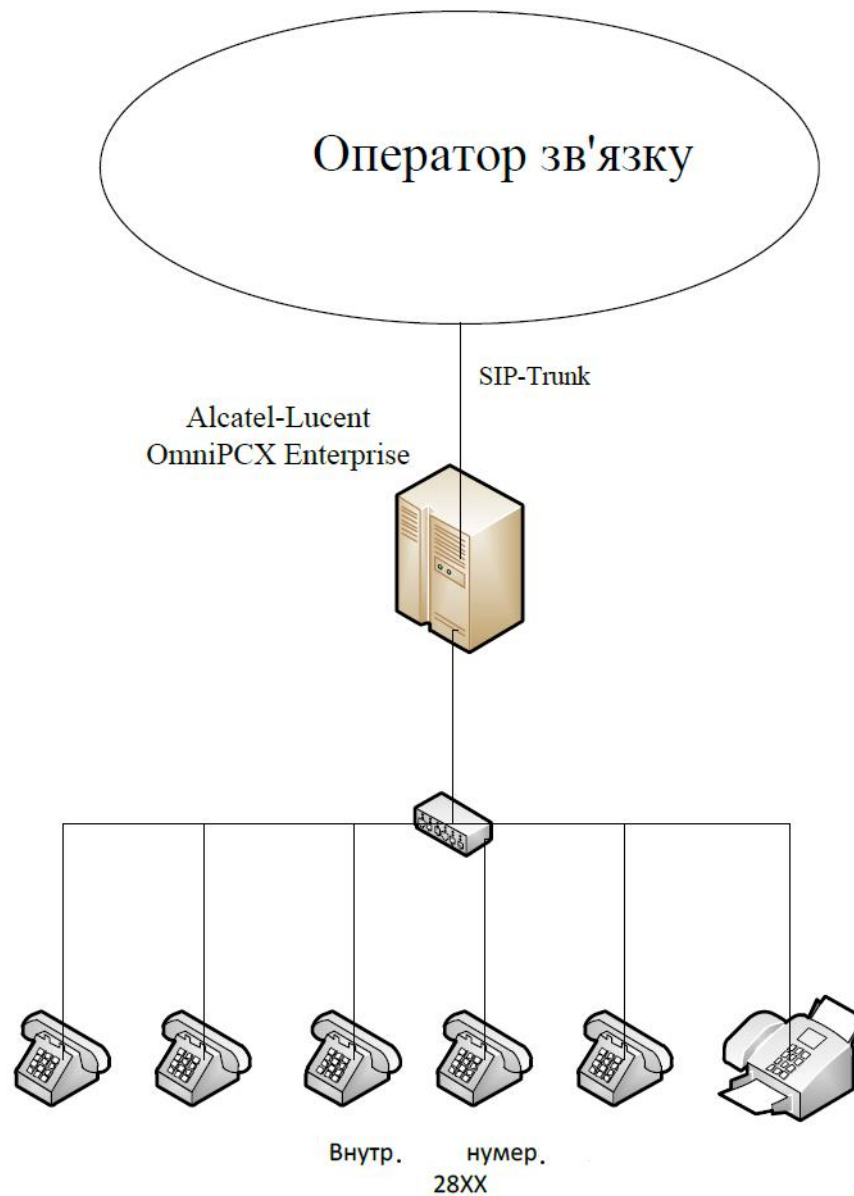


Рис. 3.3. Діюча схема телефонного зв'язку в Місті №2

АТС Panasonic 308 в Місті №2 була підключена до провайдера зв'язку 3 міськими номерами, а внутрішня нумерація була 20X. Прийнято рішення про спинення цієї АТС, взамін потрібно встановити Сервер Asterisk зі шлюзами VoIP FXS для підключення аналогових телефонів, само підключення до провайдера зв'язку здійснити за допомогою SIP-транку (рис. 3.4).

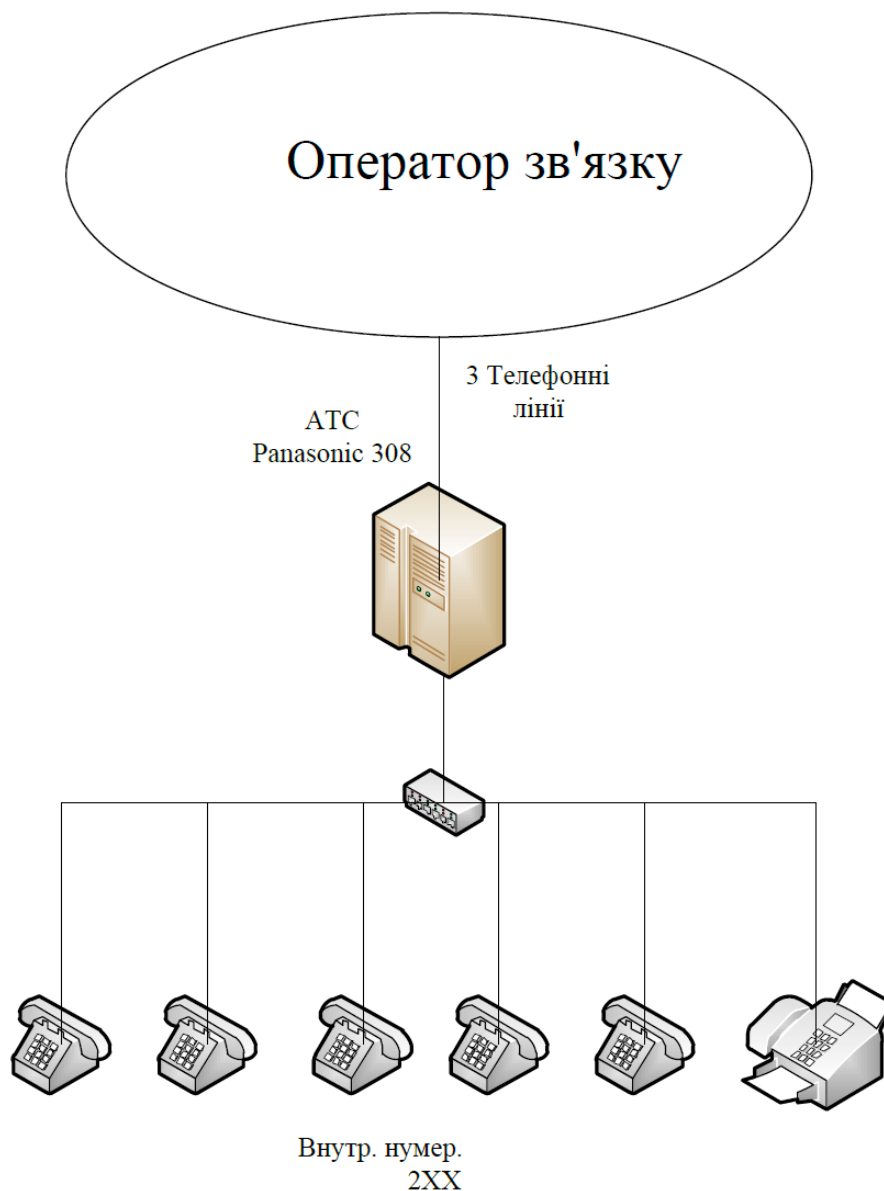


Рис. 3.4. Дійсна схема телефонного зв'язку в Місті №3

Після монтажу всіх трьох Asterisk IP-PBX та інсталяції між ними SIP-транків типу кожен з кожним, маршрутизація дзвінків по ЕАТС буде виглядати таким чином.

На ЕАТС Меридіан 11С, при наборі:

-87272XXXXXX Місто №1;

-87273XXXXXX Місто №2;

-87122XXXXXX Місто №3, необхідно перекласти дзвінки на сер. Asterisk Міста №2, щоб дзвінок був переправлений по мережі VoIP, альтернативним варіантом залишається провайдер зв'язку, в випадку виникненні проблем на IP-PBX серверах.

І також набори внутрішніх номерів, на станцію Asterisk, як головний маршрут без альтернативної заміни, для коротких наборів:

-28XX для коротких наборів номерів філії Місто №2.

-20X для коротких наборів номерів філії Місто №3.

В ЕАТС Alcatel, потрібно перевести наступні напрямки такі, як головний маршрут -це сервер Asterisk, а як альтернативу йому через провайдера зв'язки, а якщо виникають проблеми на серверах Asterisk тоді:

-87172XXXXXX Місто №2;

-87122XXXXXX Місто №3.

Так само внутрішні номери, як головний маршрут без альтернативи, для коротких наборів:

-25XX для коротких наборів номерів філії Місто №2.

-20X для коротких наборів номерів філії Місто №3.

На сервері IP-PBX Asterisk в Місто №3, треба створити наступні напрями такі, як головний маршрут - це сервера Asterisk в Місто №1 і в Місто №3, в вигляді альтернативи застосовувати через провайдера зв'язку, при випадку виникненні проблем в серверах Asterisk:

- 87172XXXXXX в Місто №1;

- 87272XXXXXX в Місто №2;

- 87273XXXXXX в Місто №3.

Також внутрішні номери, як головний маршрут без альтернативи, при коротких наборів:

-25XX при коротких наборів номерів філії Місто №2.

-28XX при коротких наборів номерів філії Місто №3.

В перспективі для економії грошей по міжнародним дзвінкам можливо провести підключення до таким великим провайдерам VoIP мереж як SIPNET та ін.

Загальна схема корпоративної мережі VoIP на базі Asterisk представлена на малюнку 3.5.

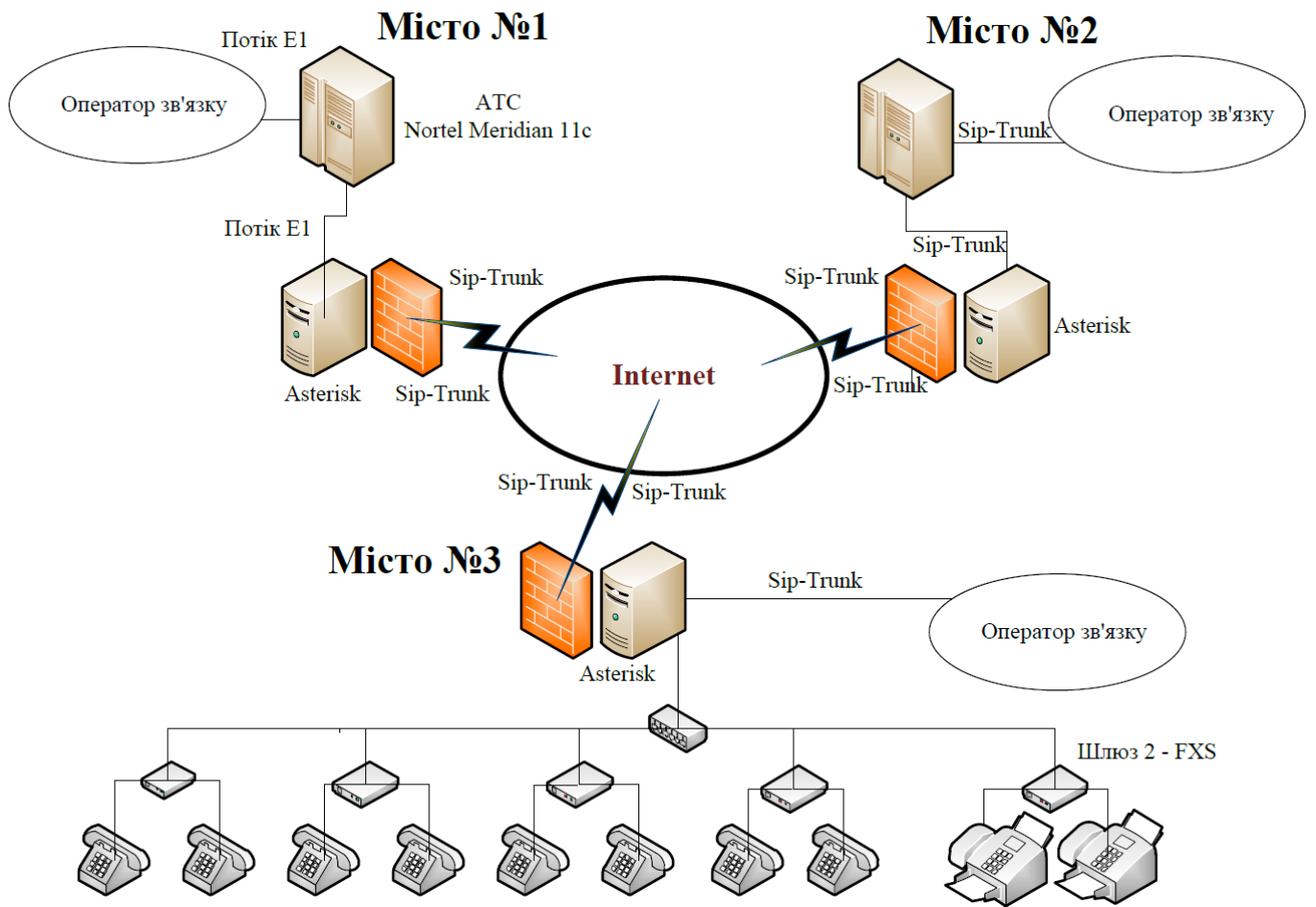


Рис. 3.5. Спільна схема корпоративної мережі VoIP на базі Asterisk

## ВИСНОВКИ

У результаті розробки даної дипломної (кваліфікаційної) роботи, загалом переглянута система роботи зв'язку, яка забезпечує трансляцію мовного і відео сигналів в мережі Інтернет, для зменшення вартості на міжміські і міжнародні дзвінки, досягнута в процесі використання нових інноваційних технологій. Далі, розроблений проєкт VoIP мережі на базі IP- PBX Asterisk між філіями, які знаходяться в різних містах України, яка виконує такі функції як:

- об'єднання філій компанії в одну корпоративну телефонну мережу;
- зменшення собівартості для компанії, при міжміських дзвінках;
- відео-дзвінки;
- аудіо-конференції;
- визначення додаткових найкоротших маршрутів при виході з ладу проєктованої корпоративної VoIP мережі.

Звідси приходимо до висновку про те, що поставлена ціль в роботі досягнута.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bhogal Amit; Hamza Idrissi; Thai-son Nguyen; Michael Wakahe (2020) “Voice over Internet Protocol”. Online at [www3.sympatico.ca/albert\\_nguyenx/project/VoIP.pdf](http://www3.sympatico.ca/albert_nguyenx/project/VoIP.pdf)
2. Di Wu (2020), “Performance studies of VoIP over Ethernet LANs”, Online at <http://www.autoresearchgateway.ac.uz/bitstream/10292/677/5/Diw/pdf>. (Accessed : 28/04/2022)
3. Greg S Tucker (2014) “Voice over Internet Protocol (VoIP) and security”, Online at [www.sans.org/reading\\_room/whitepapers/voip/voice-internet-protocol-voip-security-1513](http://www.sans.org/reading_room/whitepapers/voip/voice-internet-protocol-voip-security-1513). (Accessed: 30/04/2022)
4. Hersent Oliver (2021) “IP telephony: deploying VoIP protocol and IMS Infrastructure”, Second Edition, John Wiley and sons, UK
5. Jeomgoo Kim, Inyong Lee, Suh ron Noh (2020) “VoIP Quality of Service Design of measurement management process model”, International Conference on information science and applications (ICISA) Pp 1-6.
6. Mona Habib, Nirmala Bulusu (2020), “Improving QOS of VoIP over WLAN (IQ-VW)”. Online at <http://www.cs.iccs.edu> (Accessed: 05/05/2022)
7. Rakesh Arora (2019) “Voice over IP: Protocol and Standards”, Online at [http://www.cse.wustl.edu/~jain/cis7878-99/ftp/voip\\_protocols.pdf](http://www.cse.wustl.edu/~jain/cis7878-99/ftp/voip_protocols.pdf) (Accessed; 05/05/2022)
8. Maresca, M., Z. Nicola, and P. Baglietoo, Internet Protocol Support for Telephony. Proceedings of IEEE, 2018. 92(9): p. 1463:1477.
9. Thom, G.A., H.323: The Multimedia Communications Standard for Local Area Networks. Ieee Communications Magazine, 2016. 34(12): p. 52-56.
10. Rosenberg, J., et al., RFC 3261: SIP: Session Initiation Protocol. 2020, IETF.
11. Blatherwick, P., R. Bell, and P. Holland, RFC 3054: Megaco IP Phone Media Gateway Application Profile. 2001, IETF.
12. Nocentini, S. and M. Siviero, Innovative class 5: A challenge for incumbent network operators. Journal of the Communications Network, 2020. 1: p. 52-55.



13. Lovell, D., Cisco IP Telephony. 2017, Indianapolis, IN: Cisco Press.
14. Markopoulou, A.P., F.A. Tobagi, and M.J. Karam, Assessing the quality of voice communications over Internet backbones. *Ieee-Acm Transactions on Networking*, 2017. 11(5): p. 747-760.
15. I.T.U., ITU-T Recommendation H.323: Packet-based multimedia communications systems, in International Telecommunication Union. 1997, ITUT: Geneva, Switzerland.
16. Handley, M. and V. Jacobson, RFC 2327: SDP: Session Description Protocol. 2018, IETF.
17. Arango, M. and C. Huitema, Simple gateway control protocol (SGCP) Version 1.0. 2018.
18. C.T.L., PacketCable Network-Based Call Signaling Protocol Specification. 2019.
19. Schulzrinne, H. and J. Rosenberg, Internet telephony: architecture and protocols - an IETF perspective. *Computer Networks-the International Journal of Computer and Telecommunications Networking*, 2019. 31(3): p. 237-255.
20. Goode, B., Voice over Internet protocol (VoIP). *Proceedings of the Ieee*, 2021. 90(9): p. 1495-1517.
21. N.A.o.S., *Realizing the Information Future: The Internet and Beyond*. 2014, CSTB Publications. p. 340.
22. Saltzer, J., D. Reed, and D. Clark, End-to-end arguments in system design. *ACM Transactions of Computer Systems*. 2(4): p. 277-288.
23. Sterman, J., *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. c2020, Boston: Irwin/McGraw-Hill.
24. F.C.C., *Local Telephone Competition: Status as of December 31, 2014*.
25. F.C.C., *High Speed Services for Internet Access: Status as of December 31, 2014*.
26. I.D.C., Challenges with 911 to slow VoIP Adoption, in *Customer Relationship Management*. 2015. p. 144.
27. Y.G., *Discovering VoIP Profitability*, in *America's Network*. 2018. p. 220.