

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

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО
“ _____ ” _____ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА
РОБОТА
(ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР

Тема: «Корпоративна мережа VoIP»

Виконавець: _____ Тарас РУЖИНСЬКИЙ
(підпис)

Керівник: _____ Веніамін АНТОНОВ
(підпис)

Нормоконтролер: _____ Денис БАХТІЯРОВ
(підпис)

Київ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра телекомунікаційних та радіоелектронних систем

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО

“ _____ ” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Ружинського Тараса Ігоровича

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

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Корпоративна мережа VoIP»

затверджена наказом ректора від «29» березня 2023 р. № 421/ст

2. Термін виконання роботи: з 22.05.2023 р. по 25.06.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: існуюча корпоративна мережі підприємства використанням аналогової телефонної мережі загального користування

4. Зміст пояснювальної записки: огляд технологій офісної телефонної мережі, аналіз існуючої корпоративної мережі підприємства та її подальша модернізація до VoIP мережі, розрахунок показників якості обслуговування для корпоративної VoIP мережі підприємства

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

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Розробити деталізований зміст розділів кваліфікаційної роботи	22.05.2023- 24.05.2023	Виконано
2	Вступ	25.05.2023	Виконано
3	Огляд технологій офісної телефонної мережі	26.05.2023- 29.05.2023	Виконано
4	Аналіз існуючої корпоративної мережі підприємства та її подальша модернізація до VoIP мережі	30.05.2023- 07.06.2023	Виконано
5	Розрахунок показників якості обслуговування для корпоративної VoIP мережі підприємства	08.06.2023- 14.06.2023	Виконано
6	Усунення недоліків та захист кваліфікаційної роботи	15.06.2023- 25.06.2023	Виконано

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

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис керівника)

Веніамін АНТОНОВ

(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис випускника)

Тарас РУЖИНСЬКИЙ

(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота «Корпоративна мережа VoIP» містить 56 сторінок, 13 рисунків, 3 таблиці, 40 використаних джерел.

ГОЛОСОВИЙ ЗВ'ЯЗОК ПО ПРОТОКОЛУ ІНТЕРНЕТУ (VOIP), ЛОКАЛЬНА МЕРЕЖА (LAN) ТА ШИРОКОМАСШТАБНА МЕРЕЖА (WAN), ПРИВАТНА ТЕЛЕФОННА МЕРЕЖА (PBX) ТА ПРИВАТНА ТЕЛЕФОННА МЕРЕЖА НА ОСНОВІ ПРОТОКОЛУ ІНТЕРНЕТУ (IP-PBX), ПРОТОКОЛ ІНІЦІУВАННЯ СЕСІЙ (SIP), ПРОТОКОЛ ПЕРЕДАЧІ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ (RTP), ЯКІСТЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ (QOS), ВІРТУАЛЬНА ЛОКАЛЬНА МЕРЕЖА (VLAN) ТА ВІРТУАЛЬНА ПРИВАТНА МЕРЕЖА (VPN), ТРАНСЛЯЦІЯ МЕРЕЖЕВОЇ АДРЕСИ (NAT), ГРОМАДСЬКА КОМУТОВАНА ТЕЛЕФОННА МЕРЕЖА (PSTN) ТА ЗВИЧАЙНА ТЕЛЕФОННА СЛУЖБА (POTS), АНАЛОГОВИЙ ТЕЛЕФОННИЙ АДАПТЕР (ATA), ІНТЕГРАЦІЯ ТЕЛЕФОНІЇ ТА КОМП'ЮТЕРА (СТІ), СЕРЕДНІЙ РЕЙТИНГ ДУМКИ (MOS), ДВОТОНОВИЙ МУЛЬТИЧАСТОТНИЙ СИГНАЛ (DTMF), ТРАНКІНГ ПРОТОКОЛУ ІНІЦІУВАННЯ СЕСІЙ (SIP TRUNKING), СКАСУВАННЯ ЕХО (ECHO CANCELLATION), SD-WAN, MPLS, H.323.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи VoIP телефонії на прикладі приватного підприємства.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є VoIP-технологія, що дає змогу використовувати будь-яку мережу з пакетною комутацією на базі протоколу IP як засіб організації та ведення міжнародних, міжміських і місцевих телефонних розмов, а також передавання факсів у режимі реального часу.

Предметом дослідження кваліфікаційної роботи є кабельна телефонна мережа, розроблений і реалізований проєкт якої дасть змогу об'єднати філіали підприємства, а також дасть змогу організувати взаємодію з іншими філіалами та центральним офісом. Можна сказати, що створення мережі VoIP-телефонії є обов'язковим завершальним кроком для створення гнучкої динамічної телекомунікаційної інфраструктури.

ктури всередині підприємства - інфраструктури, що дасть змогу швидко організувати та динамічно підтримувати тимчасові колективи, робочі групи, організувати як внутрішній зв'язок, так і зовнішні взаємодії.

Практична значущість розвитку корпоративної мережі підприємства на основі IP-телефонії обумовлена не тільки можливістю зниження витрат на телефонні переговори і технічне обслуговування інфраструктури (хоча і це, безумовно, має значення). У стратегічному плані IP-телефонія є єдиною технічною платформою, що дасть змогу об'єднати рішення для передавання даних і голосу, а також для оброблення та подальшого використання цієї інформації в усіх бізнес-процесах.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	6
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ОФІСНОЇ ТЕЛЕФОННОЇ МЕРЕЖІ	11
1.1. Аналіз ринку технологій проектування офісної телефонної мережі	11
1.2. Опис технологій проектування офісної телефонної мережі	16
1.3. Інфраструктура віртуальних робочих станцій	23
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА ТА ЇЇ ПОДАЛЬША МОДЕРНІЗАЦІЯ ДО VOIP МЕРЕЖІ	25
2.1. Аналіз корпоративної мережі підприємства	25
2.2. Комутація VoIP і TDM мереж	29
2.3. Комутація з корпоративною телефонною мережею	31
2.4. Аналіз обладнання	33
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ДЛЯ КОР- ПОРАТИВНОЇ VOIP МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА	43
3.1. Розрахунок показників QoS	43
3.2. Коригування втрат трафіку реального часу з урахуванням перевищення максима- льно допустимої затримки	49
ВИСНОВКИ	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

VoIP - Voice over Internet Protocol (голосовий зв'язок по протоколу Інтернету).

IP - Internet Protocol (протокол Інтернету).

LAN - Local Area Network (локальна мережа).

WAN - Wide Area Network (широкомасштабна мережа).

PBX - Private Branch Exchange (приватна телефонна мережа).

SIP - Session Initiation Protocol (протокол ініціювання сесії).

RTP - Real-time Transport Protocol (протокол передачі в реальному часі).

QoS - Quality of Service (якість обслуговування).

VLAN - Virtual Local Area Network (віртуальна локальна мережа).

VPN - Virtual Private Network (віртуальна приватна мережа).

NAT - Network Address Translation (трансляція мережевої адреси).

VoD - Voice over Data (голосовий зв'язок через дані).

DID - Direct Inward Dialing (прямий вхідний дозвіл).

IVR - Interactive Voice Response (інтерактивна голосова відповідь).

PSTN (ТМЗК) - Public Switched Telephone Network (громадська комутована телефонна мережа).

POTS - Plain Old Telephone Service (звичайна телефонна служба).

ATA - Analog Telephone Adapter (аналоговий телефонний адаптер).

IP-PBX - Internet Protocol Private Branch Exchange (приватна телефонна мережа на основі протоколу Інтернету).

CTI - Computer Telephony Integration (інтеграція телефонії та комп'ютера).

MOS - Mean Opinion Score (середній рейтинг думки).

DTMF - Dual-tone multi-frequency (двотоновий мультичастотний сигнал).

SD-WAN - Software-Defined Wide Area Network (мережа широкого доступу, задана програмним забезпеченням).

MPLS - Multiprotocol Label Switching (багатопротокольне комутування за мітками).

SIP trunking - Session Initiation Protocol trunking (транкінг протоколу ініціювання сесій).

H.323 - інтернет-стандарт для передачі голосу і відео через мережу Інтернет.

Echo cancellation - Скасування ехо, процес, що дозволяє уникнути появи ехо під час телефонних дзвінків.

ВСТУП

Актуальність теми. Актуальність теми дослідження полягає в тому, що на сьогоднішній день в усьому світі широкого поширення набуло підключення до мережі Інтернет, яке являє собою глобальну IP-мережу загального користування. Кількість IP-користувачів швидко зростає, і цілком природним є бажання розширити можливості IP-мереж, використовуючи їх поряд із передаванням даних також для інтерактивних відеоконференцій, передавання потоків голосової інформації та для інших застосувань реального часу.

Практична значущість повної інтеграції голосу і даних поверх загальної інфраструктури обчислювальних мереж призвела до появи так званої "пакетної телефонії" - технології передавання аналогових телефонних сигналів мережами передавання даних. Для позначення технології передавання мови IP-мережами використовують два основні терміни: IP-телефонія (IP Telephony) або голосовими IP-мережами (Voice over IP - VoIP) [1-40].

На сучасному рівні розвитку IP-телефонія вже має низку переваг порівняно з традиційною:

- послуги IP-телефонії дешевші за традиційний міжміський і міжнародний телефонний зв'язок;
- порівняно з традиційною телефонією обладнання каналів зв'язку простіше, нижчі експлуатаційні витрати;
- мережі з комутацією пакетів більш відмовостійкі, ніж мережі з комутацією каналів, у них ефективніше використовується продуктивність каналів зв'язку;
- кінцевий користувач отримує новий набір пристроїв доступу від традиційних телефонів і факсів до комп'ютерів;
- можливість користувачам мати доступ до одного і того ж набору послуг незалежно від того, де і як вони підключаються до мережі;
- надається можливість налаштування набору послуг.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є VoIP-технологія, що дає змогу використовувати будь-яку мережу з пакетною комутацією на базі протоколу IP як засіб організації та ведення міжнародних, міжміських і місцевих телефонних розмов, а також передавання факсів у режимі реального часу.

Предметом дослідження є кабельна телефонна мережа, розроблений і реалізований проєкт якої дасть змогу об'єднати філіали підприємства, а також дасть змогу організувати взаємодію з іншими філіалами та центральним офісом. Можна сказати, що створення мережі VoIP-телефонії є обов'язковим завершальним кроком для створення гнучкої динамічної телекомунікаційної інфраструктури всередині підприємства - інфраструктури, що дасть змогу швидко організовувати та динамічно підтримувати тимчасові колективи, робочі групи, організовувати як внутрішній зв'язок, так і зовнішні взаємодії.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи VoIP телефонії на прикладі приватного підприємства.

Завдання роботи можна сформулювати таким чином:

- провести аналіз теоретичних основ проєктування кабельної телефонної мережі;
- провести аналіз програмного забезпечення IP-телефонії;
- провести аналіз застосовуваного обладнання в IP-телефонії різних виробників;
- інтегрувати телефонну мережу загального користування з корпоративною телефонною мережею;
- розрахувати навантаження, що надходить на проєктовану телефонну IP-мережу.

Практична значущість розвитку корпоративної мережі підприємства на основі IP-телефонії обумовлена не тільки можливістю зниження витрат на телефонні переговори і технічне обслуговування інфраструктури (хоча і це, безумовно, має значення). У стратегічному плані IP-телефонія є єдиною технічною платформою, що дасть змогу об'єднати рішення для передавання даних і голосу, а також для оброблення та подальшого використання цієї інформації в усіх бізнес-процесах.

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

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

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ОФІСНОЇ ТЕЛЕФОННОЇ МЕРЕЖІ

1.1. Аналіз ринку технологій проєктування офісної телефонної мережі

Нині в галузі телекомунікацій спостерігається процес конвергенції мереж. Це означає, що наявні мережі (мережі передавання даних, мережі телефонії, мережі ширококомунікацій) використовують єдину інфраструктуру для передавання трафіку. Функціональні можливості різних мереж зближуються в результаті цього процесу. Конвергенція дасть змогу значно розширити спектр послуг, що надаються мережами зв'язку, підвищити їхню якість, знизити вартість обслуговування обладнання і значно скоротити його обсяги, уніфікувати мережі зв'язку і підвести їх під єдині стандарти. Конвергенція мереж стане можливою після реалізації мереж наступного покоління NGN (Next Generation Network]. NGN є мультисервісною мережею на базі мереж із комутацією пакетів. NGN здатна обслуговувати трафік мови, даних і відео. Це породило термін "Triple-Play Services", що вказує на здатність NGN підтримувати послуги, пов'язані з передачею цих трьох форм подання інформації [1]. Комутація пакетів є традиційною для мереж передавання даних, однак телефонія традиційно використовує мережі, що базуються на застосуванні технології комутації каналів. Розвиток технологій аналогово-цифрового перетворення та цифрового оброблення даних, а також розвиток мереж зв'язку, зокрема, зменшення затримок і збільшення швидкості передавання даних, дали змогу використовувати мережі з комутацією пакетів для передавання мовленнєвого трафіку. IP-телефонія є прикладом телефонного зв'язку, що використовує мережі з комутацією пакетів. Її широке впровадження є одним із кроків у бік конвергенції мереж зв'язку [1].

IP-телефонія є галуззю телекомунікацій, що динамічно розвивається. Це пов'язано з популярністю стека протоколів TCP/IP і з великими можливостями, які дає така телефонія. Вона дає змогу використовувати мережу Інтернет як транспортну,

організовувати конференц-зв'язок, відеозв'язок та інші додаткові послуги. Нині основним сценарієм використання IP-телефонії є корпоративний телефонний зв'язок.

Метою цього дослідження було розроблення корпоративної системи зв'язку на базі концепції уніфікованих комунікацій. Існує два сценарії реалізації цієї концепції: підприємство вже має встановлену IP-телефонію, тоді рішення UC накладатиметься "поверх" наявної інфраструктури. Або, як у нашому випадку, підприємство має стандартну аналогову телефонію. У цьому випадку необхідно забезпечити впровадження IP-телефонії, з подальшим включенням функціональності UC в систему зв'язку.

При побудові корпоративної системи зв'язку необхідно з особливою увагою поставитися до вибору рішення IP-телефонії. В даний час провідні постачальники рішень IP-телефонії надають у своїх рішеннях базову підтримку UC. Згідно з вимогами конкретної організації функціональні можливості UC можуть розширюватися практично нескінченно.

Було проведено огляд провідних пропозицій ринку корпоративної телефонії та уніфікованих комунікацій. Щоб звузити список продуктів, звернемося до дослідження аналітичної компанії Info-tech research "Iptelephony Vendor- Landscape" [1]. Дослідження містить у собі оцінку пропозицій провідних постачальників ринку IP телефонії, а саме:

Alcatel-Lucent. Продукт OpenTouch. Компанія відома зручними телефонними конструкціями та гнучкими методами комунікацій;

Avaya. Продукт Aura, IP Office. Лідер з великою часткою ринку по всьому світу;

Cisco. Продукт Unified Communications. Компанія, відома своїми мережевими рішеннями, які зробили їй ім'я на ринку IPT;

Digium. Продукт Switchvox. Представники з відкритим вихідним кодом платформи Asterisk IP PBX, який забезпечує всю функціональність для сегмента SMB все в одному рішенні;

Interactive Intelligence. продукт Customer Interaction Center. Більш відома своїми рішеннями для контакт-центрів.

Mitel. Продукт Communications Director. Постачальник, який реалізує практично всі функції, приділяючи особливу увагу програмному забезпеченню ІРТ платформ, що розвиваються;

NEC. Продукт UNIVERGE Series. Один з найменших виробників у цій оцінці, і єдиний все ще в основному зосереджений на великих підприємствах.

Shore Tel. Продукт UC Platform, IP Phones. Виділений постачальник телефонії, який одразу ж прийняв SIP і продовжує рухатися в тому ж руслі;

Siemens. Продукт Open Scape. Лідер ринку в Європі, Siemens надає переконливі рішення ІР-телефонії за підтримки сильної компанії та каналів постачання.

Toshiba. Продукт Strata CIX Series. Найвідоміший за свої рішення телефонії для малого бізнесу, з системами, що масштабуються до 1000 користувачів.

Згідно з даними Info-tech research для кожної пропозиції з представлених справедливо наступне: пропозиції провідних постачальників, що підтримують функціональність UC, а також підтримують BYOD, тобто надають софтверні клієнти принаймні для двох найпопулярніших платформ для смартфонів, надаючи доступ до ІРРВХ мобільним пристроям.

ІР-телефонія сама по собі вже зробила свій внесок у розвиток бізнесу [2, 3]. ІР-телефонія поряд з уніфікованими комунікаціями і можливостями підтримки мобільності виходять на передній план для кінцевого користувача. Щоб найкращим чином виокремити лідера ринку, що підходить для конкретних вимог, необхідно чітко визначити, які саме комунікації необхідні компанії.

За результатами дослідження Info-tech Research складається рейтинг пропозицій виробників. Виробник потрапляє в ту чи іншу групу після інтегрованої оцінки за критеріями виробник/продукт. У кожного з цих критеріїв є складові, за якими складається загальний бал окремо за оцінкою виробника, окремо за оцінкою продукту. Ці критерії наведено нижче:

Критерії до продукту:

Особливості. Рішення забезпечує базові та розширені функції / функціональність;

Доступність. П'ятирічна ТСО рішення є економічним;

Зручність використання. Рішення та інструменти приладових панелей інтуїтивно зрозумілі та прості у використанні;

Архітектура. Методи розміщення рішення збігаються з передбачуваними.

Критерії до оцінки виробника:

Життєздатність. Виробник вигідний, відомий і буде існувати довгий час;

Стратегія. Виробник розвивається і має задумки нових продуктів;

Досяжність. Виробник пропонує глобальний продукт не тільки продати, а й забезпечити післяпродажну підтримку;

Канали. Виробник має сильні канали постачання.

Оцінивши продукт і виробника за цими критеріями, було складено рейтинг, лідери, що отримують високі бали за більшістю критеріїв оцінювання і пропонують чудову цінність. Вони мають сильний вплив на ринку і, як правило, є законодавцями моди в галузі [4].

Новатори продемонстрували сили інноваційного продукту, які діють як їхня конкурентна перевага у зверненні до сегментів ніші ринку.

Нові гравці - нові виробники, які починають закріплюватися на ринку. Вони балансують атрибути продукту і постачальника, хоча оцінка нижча порівняно з лідерами. За результатами огляду отримано такий результат [4, 5].

Чемпіони:

- **Cisco**, за його точно орієнтований продукт і конкурентоспроможні ціни.
- **Avaya**, за його пакет ІРТ і основних можливостей уніфікованих комунікацій (UC).
- **Mitel**, за його дуже гнучкий варіант розгортання, сильну платформу уніфікованих комунікацій і зосередження на бізнес-комунікаціях.

Премія цінності:

- **Digium**, за пропозицію рівню підприємств малого та середнього бізнесу комунікаційних можливостей за дуже конкурентоспроможною ціною.

Інноватори:

- **Siemens**, за надання клієнтам одного з найповнішого набору ІР-телефонії та основних можливостей UC незалежно від розміру компанії або галузі.

Премія цінності - одна з окремих нагород Infornetics Research. Представник, який отримує цю премію має найбільш розумний продукт за співвідношенням ціна/якість. Тобто, це оцінка того, на скільки пропозиція дійсно варта своїх грошей. У кожного виробника в цій оцінці є свої плюси і мінуси. Необхідно проаналізувати кожен продукт більш детально, щоб підібрати найбільш відповідне рішення до конкретних вимог.

У таблиці 1.1 подано мінімальний набір можливостей, які реалізовані у кожного представника цієї оцінки. Без цих елементів пропозицію навіть не розглядали.

Таблиця 1.1

Стандартні характеристики пропозиції виробника ринку IPT і UC

Характеристика	Опис
Різноманітність сертифікованих гарантованих кінцевих точок	Набір кінцевих точок, включено телефонні трубки, що підтримують відеопристрої та бездротові телефони
Трафік, смуга пропускання, контроль прийому виклику	Здатність здійснити контроль над голосовим трафіком, смугою пропускання та управління викликами
Рішення UC	Інтегроване рішення UC, здатне до контролю присутності, чату та відеоконференцзв'язку
Особливості обробки голосу	Підтримка інтерактивної мовної відповіді (IVR) та перетворення тексту в мову (TTS)
Рішення для контакт-центру обробки вхідних викликів (ICC)	Автоматизований розподіл викликів та інтелектуальна маршрутизація

Можливо, для деяких компаній цей функціонал - усе, що необхідно. Тоді єдиною різницею стає ціна, адже всі ці функції реалізовані у кожного представника. Якщо ж ні, то необхідно розглядати просунуті характеристики. Переваги, тобто просунуті характеристики - диференціатори ринку, доленосні для продукту.

Просунуті характеристики наведені в Таблиці 1.2.

Просунуті характеристики пропозиції виробника ринку IPT і UC

Характеристика	Опис
Сертифіковані дворежимні бездротові сертифіковані телефонні трубки	Дворежимні GSM/CDMA і Wi-Fi телефони, що дають змогу користувачам перемикатися між мережами
Софтфони iOS, Android	Софтфони клієнтів, які розширюють функціональність IPPBX для цих платформ
Софтфони для інших мобільних пристроїв	Клієнтські софтфони, які розширюють IP PBX функціональність PBX для існуючих платформ
Інтеграція з іншими UC рішеннями	Інтеграція з рішеннями такими як Microsoft Lync, IBM Sametime та Adobe Connect
Рішення контакт-центру	Можливості для управління компаніями, авто обдзвін та використання агентів
IP факс	Можливість обробляти IP-факс на основі стандарту T. 38
Віддалене VPN ініціювання	Телефонні трубки, які можуть почати сесію VPN у головний офіс без стороннього втручання
Стационарно-мобільна конвергенція (FMC)	Здатність передати дзвінки з/на мобільні пристрої за вимогою

На основі проведеного огляду робимо вибір на користь Mitel за такими критеріями: виробник є чемпіоном на ринку IPT. Рішення підтримує всі базові функціональні можливості уніфікованих комунікацій і більший, порівняно з іншими постачальниками, набір просунутих функціональних можливостей. За трьома основними актуальними вимогами ринку рішення Mitel посідає лідируючі позиції [5].

1.2. Опис технологій проєктування офісної телефонної мережі

Програмна IP-PBX ASTERISK. Існує безліч варіантів організації телефонних мереж на базі IP-телефонії. Вони об'єднуються під назвою IP PBX (Internet Protocol Private Branch Exchange, або установка телефонна станція на базі протоколу IP). Апаратні рішення в цій галузі вирізняються закритістю, обмеженістю функцій і високою вартістю обладнання. З цієї причини в даний час стають популярними різноманітні програмні рішення, так звані програмні IP-PBX. Існує широкий вибір такого програмного забезпечення [6-8].

Найбільш популярним рішенням, що забезпечує величезний набір додаткових функцій і можливостей, є програмна IP-PBX Asterisk. Це комплекс програмного забезпечення на основі ліцензій вільного поширення, здатний виконувати функції сервера IP-телефонії на базі популярних протоколів (наприклад, SIP (Session Initiation Protocol)), функції центру обробки дзвінків і безліч інших функцій. Проєкт є відкритим і постійно перебуває у стадії розроблення, під час якого розширюється список можливостей даної IP- PBX [7].

Asterisk дає змогу використовувати як сервер будь-який комп'ютер зі встановленою на ньому операційною системою сімейства Linux (зокрема й віртуальні машини). Для обслуговування малих і домашніх офісів потрібно 512 Мб оперативної пам'яті та процесор з тактовою частотою в 1 ГГц (до 10 каналів). Для малої бізнес-системи з кількістю каналів до 25 потрібен 1 Гб оперативної пам'яті та процесор із частотою в 3 ГГц [7]. Це нижче можливостей сучасних офісних персональних комп'ютерів, які перебувають у широкому вжитку та продажу. Його налаштування являє собою зміну конфігураційних файлів і не становить особливих труднощів для системного адміністратора. При цьому існують широкі можливості для програмування Asterisk, що дають змогу здійснювати складні алгоритми обробки викликів [8].

Використовуючи мінімальний обсяг обладнання, можна побудувати працездатну мережу з найменшими фінансовими витратами. По суті, апаратна частина такої мережі міститиме звичайне мережеве обладнання (комутатори, маршрутизатори, точки доступу) для передачі даних, власне сервер і IP-телефони. Можуть використовуватися як традиційні IP-телефони, так і програмні, встановлені на персональних комп'ютерах і смартфонах. Це особливо актуально у зв'язку з широким розповсюдженням смартфонів нині. Для підключення до телефонної мережі загального користування використовуються спеціальні шлюзи. Також існує можливість підключення до вже існуючих операторів IP-телефонії [9].

Сучасні офісні автоматичні телефонні станції (АТС) мають бути досить гнучкими. Можна виділити низку функцій, особливо важливих для роботи сучасного підприємства. До них належать функції голосового меню, конференц-зв'язку, голосової пошти.

IP PBX Asterisk пропонує широкий спектр функцій, можливість здійснювати досить складну логіку обробки викликів. Функції, перелічені вище, реалізуються в системі за допомогою стандартних застосунків номерного плану та коригуванням низки конфігураційних файлів. Налаштування системи за допомогою конфігураційних файлів надає найширші можливості. Далі розглянемо реалізацію функцій у середовищі Asterisk. Голосове меню являє собою систему заздалегідь записаних звукових файлів, які дають змогу спрямувати виклик на установчо-виробничу автоматичну телефонну станцію (УВАТС), що входить на потрібного абонента, на підставі інформації, яку вводить клієнт із клавіатури свого телефону. Під час дзвінка на УВАТС клієнт чує привітання і інструкції набору, яким він повинен слідувати, щоб отримати необхідну інформацію або зв'язатися з потрібним йому представником організації. Ця функція є основною для організації Call-центрів, також може використовуватися в офісах для маршрутизації до потрібного абонента. Для реалізації функцій голосового меню існують додатки діалплану Playback і Background. Playback здійснює відтворення заздалегідь записаного звукового файлу. Містить низку опцій, таких як відтворення тільки встановленого каналу (skip). Синтаксис програми - Playback (файл, опції). У полі файл може вказуватися один із заздалегідь записаних для самого Asterisk файлів, так і розташування довільного файлу, який необхідно відтворити. Додаток Background, крім відтворення звукового файлу, також очікує від абонента введення додаткового номера. Абонент після прослуховування звукового файлу має ввести додатковий номер згідно з отриманими інструкціями. Крім включення цього додатка в діалплан, необхідно також внести в нього відповідні додаткові номери. Бажано, щоб ці додаткові номери не були початками інших додаткових номерів, оскільки це призведе до стану невизначеності та збільшить затримку під час виклику (однак, не призведе до помилки). Синтаксис додатка - Playback (файл, опції). Така форма організації голосового меню дає змогу організувати багат шарове голосове меню, організувати як зв'язок клієнта зі співробітником офісу, так і видати заздалегідь записану довідку простим додаванням додаткових номерів і додатків Background [10].

Для запису голосових інструкцій можна використовувати як сторонні додатки, так і додатки діалплану. Однак досить важко знайти сторонній додаток, що

дає змогу здійснити запис звуку у форматах, сумісних з Asterisk. У цьому випадку проблемою є те, що Asterisk не підтримує більшість поширених форматів аудіо-файлів. Простіше здійснити це за допомогою внутрішніх засобів Asterisk. Додаток Record призначений для запису аудіофайлу у форматі, сумісному з Asterisk. Його синтаксис - Record (файл: розширення, час очікування, максимальний час запису, опції). У полі файл заповнюється директорія файлу і його назва, а також розширення файлу (наприклад, gsm). Час очікування - проміжок часу без сигналу на передавальній стороні (тиша), після якого припиняється запис файлу. Максимальний час запису - максимальний час, який може тривати запис файлу. Таким чином, змінюючи в діалплані назву файлу і здійснюючи запис зі звичайного телефону, можна швидко створити файли для голосового меню.

Конференц-зв'язок - це послуга, що забезпечує зв'язок між трьома і більше абонентами УВАТС одночасно в режимі реального часу. Ця функція є дуже важливою для організації роботи підприємств і організацій. Вона дає змогу влаштовувати наради та переговори в ситуаціях, коли учасники не можуть зустрітися особисто. Вона забезпечує значну економію часу і тому широко поширена у світі. Для реалізації функції конференц-зв'язку використовується додаток MeetMe. Конференц-зв'язок організовується у форматі кімнати. Абоненти, які бажають узяти участь у розмові, набирають відповідний номер і потрапляють до кімнати, де чують усіх співрозмовників, які беруть участь у конференції [11].

Голосова пошта надає можливості з передачі інформації абоненту, який недоступний у цей момент. У цьому випадку у абонента, який зателефонував, з'являється можливість залишити повідомлення, яке згодом зможе прослухати абонент, якому воно призначалося. Для голосової пошти має бути виділена поштова скринька, в якій зберігаються повідомлення. Asterisk надає низку функцій, пов'язаних із використанням поштових скриньок. Поштові скриньки та їхні параметри прописуються у файлі voicemail.conf. У цьому файлі, як і в extensions.conf, створюються контексти. У контекстах задаються поштові скриньки. Рядок, що визначає параметри поштової скриньки, має такий вигляд: номер поштової скриньки = пароль, ім'я, email пошти, email пейджера, опції. Пароль поштової скриньки може використовуватися при доступі до

неї користувачем. Ім'я - ім'я абонента, якому належить ця поштова скринька. Email пошти - ім'я поштової скриньки голосової пошти [12-14].

Крім запису повідомлень голосової пошти необхідна можливість прослуховувати ці повідомлення. Для цього існує додаток VoiceMailMain. Його зазвичай задають без аргументу. Під час набору відповідного додаткового номера абонент може прослухати повідомлення, залишені йому.

Як було сказано раніше, діалплан Asterisk може мати досить складну логіку. Вона здійснюється шляхом застосування змінних, функцій, операторів, макросів.

Таким чином, для розв'язання питання телефонізації офісів і підприємств найбільш економічно вигідним, гнучким рішенням є використання програмних серверів IP-телефонії Asterisk.

Основний протокол IP-телефонії SIP. Як правило, у сучасних IP-мережах для ініціювання сеансу голосового зв'язку використовується Session Initiation Protocol (SIP) (3).

SIP є протоколом прикладного рівня і призначається для організації, модифікації та завершення сеансів зв'язку, наприклад мультимедійних конференцій, телефонних з'єднань. Користувачі можуть брати участь в існуючих сеансах зв'язку, запрошувати інших користувачів і бути запрошеними до нового сеансу зв'язку.

Протокол SIP розроблено групою MMUSIC комітету IETF, а специфікації протоколу представлено в документі RFC 2543 [15].

В основу протоколу закладено такі принципи.

Персональна мобільність користувачів. Кожному користувачеві в мережі надається унікальний ідентифікатор, який прив'язується до його номера телефону. Відповідно полегшується процес налаштування голосового зв'язку під час переїзду співробітника на нове місце.

Необхідно прив'язати цей ідентифікатор до програми (Soft-Phone) або IP-телефону, через які може здійснюватися голосовий зв'язок.

Масштабованість мережі. Підключення і використання нових телефонних апаратів або Soft-Phones несуттєво збільшують навантаження на мережу і сервер.

Розширюваність протоколу. Розширюваність протоколу характеризується можливістю додавання в нього нових функцій, необхідних для впровадження нових послуг і адаптації до роботи з різними додатками.

Інтеграція з іншими протоколами. Протокол SIP є частиною глобальної архітектури мультимедіа, розробленої IETF. Це означає, що протокол SIP може взаємодіяти з іншими протоколами. Часто спільно з протоколом SIP використовують протоколом резервування ресурсів (RSVP) і протоколом передачі потокової аудіо, відео інформації в реальному часі (RTP). Але функціональність і працездатність кожного з цих протоколів не залежить від інших.

Для організації взаємодії з наявними додатками IP-мереж і для забезпечення мобільності користувачів протокол SIP використовує адресу, подібну до адреси електронної пошти. Як адреси робочих станцій використовуються спеціальні універсальні покажчики ресурсів - так звані SIP URL.

SIP-адреси бувають чотирьох типів:

- ім'я@домен;
- ім'я@хост;
- ім'я@!P-адреса;
- № телефону@шлюз.

Таким чином, адреса складається з двох частин. Перша частина - це ім'я користувача, зареєстрованого в домені або на робочій станції. Якщо друга частина адреси ідентифікує будь-який шлюз, то в першій вказується телефонний номер абонента.

У другій частині адреси вказується ім'я домену, робочої станції або шлюзу. Для визначення IP-адреси пристрою необхідно звернутися до служби доменних імен - Domain Name Service (DNS). Якщо ж у другій частині SIP-адреси розміщується IP-адреса, то з робочою станцією можна зв'язатися безпосередньо.

У протоколі SIP визначено два види сигнальних повідомлень - запит і відповідь. Вони мають текстовий формат і базуються на протоколі HTTP. У запиті вказуються процедури, що викликаються для виконання необхідних операцій, а у відповіді - результати їх виконання.

Визначено шість процедур:

- INVITE - запрошує користувача взяти участь у сеансі зв'язку (служить для встановлення нового з'єднання; може містити параметри для узгодження);
- BYE - завершує з'єднання між двома користувачами;
- OPTIONS - використовується для передавання інформації про підтримувані характеристики (це передавання може здійснюватися безпосередньо між двома агентами користувачів або через сервер SIP);
- ACK - використовується для підтвердження отримання повідомлення або для позитивної відповіді на команду INVITE;
- CANCEL - припиняє пошук користувача;
- REGISTER - передає інформацію про місцезнаходження користувача на сервер SIP, який може транслювати її на сервер адрес (Location Server).
- Основні відповіді на процедури:
- 100 Trying - запит обробляється;
- 180 - 183 Ringing - місце розташування користувача, якого викликають, визначено.

Видано сигнал про вхідний виклик;

- 200 OK - успішне завершення;
- 400 Bad Request - запит не зрозумілий через синтаксичні помилки в ньому, помилка в сигналізації, найімовірніше, щось із налаштуваннями обладнання;
- 404 Not found - абонента, що викликається, не знайдено, немає такого SIP-номера;

В умовах розвитку інфраструктури міст мобільний телефонний зв'язок став невід'ємною частиною життя людей. Однак за користування абонентським номером передбачається плата. Завданням цієї статті є пошук способів зробити мобільний телефонний зв'язок найменш витратним. Основною класифікацією мобільного зв'язку на сьогодні є наземний і супутниковий зв'язок, причому якщо супутниковий зв'язок добре зарекомендував себе в умовах великої віддаленості абонентів один від одного, то наземний використовують здебільшого в населених пунктах із великою щільністю

населення. Найбільшого поширення наземному мобільному зв'язку набув вид на основі стільникової мережі GSM (Global System for Mobile Communications), розглянутий далі [16].

1.3. Інфраструктура віртуальних робочих станцій

Адміністрування робочих місць для ІТ-персоналу завжди було нетривіальним завданням, що вимагає часу. А останнім часом зі збільшенням ризиків безпеки даних і кількістю так званих "мобільних користувачів" - тих, хто користується ресурсами компанії з мобільних пристроїв - це стало ще складнішою проблемою. У типовій ситуації, якщо виникає якась неполадка, ІТ-працівник повинен фізично дістатися до проблемного комп'ютера. Не варто також забувати про необхідність регулярного оновлення програмного забезпечення, яке не завжди може бути автоматизовано, а для виконання не завжди вистачає знань ПК звичайним користувачем. Таким чином, намагаючись знайти способи зменшення витрат на поліпшення й утримання інформаційних систем та їхню безпеку, компанії стали все частіше звертатися до технологій віртуалізації. Почалося активне вдосконалення цього підходу та більш глибока інтеграція в інформаційні системи, зокрема - у віртуалізацію робочих станцій. Інфраструктура, яку було реалізовано за допомогою цього підходу, отримала назву Virtual Desktop Infrastructure (Інфраструктура віртуальних робочих станцій, VDI).

Головна ідея технології полягає в тому, що операційна система користувача з усіма його додатками та даними знаходиться не на фізичній машині, яка стоїть у нього на робочому місці, а на віртуальній, розміщеній на сервері в центрі даних компанії [16-18]. Робота з віртуальною машиною здійснюється через так званий віртуальний робочий стіл. Для підключення до нього можна скористатися звичайним ПК, але набагато раціональніше з точки зору економії ресурсів використовувати спеціальні пристрої - тонкі клієнти. Тонкий клієнт являє собою системний блок, зі значно меншою порівняно з традиційним ПК продуктивністю та обчислювальною потужністю. До нього так само підключаються монітор, клавіатура, миша та інші периферійні при-

строї, але завдяки нетрадиційній архітектурі та деяким особливостям - наприклад, відсутності жорсткого диска - цей пристрій має значно менші розміри і, головне, вагу. Клієнт підключається до віртуального робочого столу через певний протокол і починає працювати з віртуальною машиною. У результаті чого користувач має доступ до всіх своїх даних і додатків. Але з боку це виглядає так, ніби все зберігається й обробляється на локальній машині.

Таким чином, можна виокремити 3 основні переваги технології VDI:

- зниження витрат на підтримку та оновлення робочих місць;
- підвищення рівня безпеки даних і відмовостійкості системи;
- доступ до робочого місця з будь-якої точки (з офісу, вдома, в поїзді), з будь-якого пристрою.

Але, як і будь-яка система, що розвивається, VDI не позбавлена недоліків, найістотнішим з яких є низька якість роботи мультимедіа додатків реального часу, наприклад, аудіо- та відеотелефонії. Щоб зрозуміти основну причину цієї проблеми, розглянемо традиційну архітектуру IP-телефонії в системах, де використовуються фізичні ПК під час дзвінка. Під час встановлення з'єднання під час аудіо- та/або відеосесії з віддаленим клієнтом VoIP-додаток має отримати його IP-адресу від сервера сигналізації. За допомогою аудіо- та відеопристроїв здійснюється запис звуку і зображення з подальшим їх кодуванням [19]. Отримані в результаті закодовані дані у вигляді пакетів відправляються на IP- адресу віддаленого клієнта. Одночасно з цим, VOIP-додаток зчитує пакети з порту, зазначеного в параметрах сесії, які приходять від віддаленого клієнта. Ці дані декодуються в медіа-потік і відправляються на пристрої виведення. Архітектура може ускладнюватися залежно від типу використовуваного продукту, наявності проксі-серверів у мережі або фаєрвола, але базовий принцип залишається незмінним [20].

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА ТА ЇЇ ПОДАЛЬША МОДЕРНІЗАЦІЯ ДО VOIP МЕРЕЖІ

2.1. Аналіз корпоративної мережі підприємства

Необхідність вибору рішень виникає під час побудови тієї чи іншої системи телефонного зв'язку. Існує низка типових завдань при введенні в експлуатацію системи телефонного зв'язку, реалізованої на технології VoIP загалом і технології, побудованої на протоколі SIP, зокрема, які потребують обґрунтованого та найбільш раціонального рішення.

Для нашого випадку основна складова цих завдань представляється сполученням SIP-мережі з іншими телефонними мережами за допомогою різних шлюзів. На додаток до сказаного, одним із пріоритетних завдань був вибір рішення для корпоративної телефонної мережі.

Інтеграція телефонної мережі в корпоративну телефонну мережу - одне з типових завдань, які витончено вирішуються за допомогою технології IP-телефонії. Приватне підприємство складається з двох лабораторно-адміністративних будівель. У 2000-х роках будівлі були з'єднані мережею стандарту Ethernet з метою автоматизації збору даних і віддаленого управління експериментальними комплексами. Слід зазначити, що, незважаючи на герметизацію роз'ємів високочастотного кабелю, через великий перепад температур усередині та поза приміщенням у кабелі все ж таки відбувається конденсація вологи з боку приміщення, через що кожні два-три роки його доводиться міняти.

Телефонна мережа підприємства побудована на основі офісної РВХ Panasonic КХ-ТА 616 (Рис. 2.1). Через відсутність на момент створення мережі інших доступних варіантів, для організації зв'язку було використано адаптери аналогових телефонів Cisco ATA 186, під'єднані до зовнішніх ліній міні-атс. Ці ж пристрої використовувалися і для підключення телефонних апаратів на полігоні, і в точці розташування

ретранслятора. У точці ретрансляції до адаптера IP-телефонії під'єднано радіотелефон Senao. Керування з'єднаннями у VoIP-мережі здійснювалося за протоколом H.323.

Офісна міні-АТС Panasonic КХ-ТА616 є серією гібридних офісних телефонних станцій. АТС Panasonic КХ-ТА616 ємністю шість міських і 16 внутрішніх ліній може бути розширена до шести міських і 24 внутрішніх ліній.



Рис. 2.1. Міні-АТС Panasonic КХ-ТА616

Підключення шлюзу внутрішньої мережі до СО-ліній міні-атс має певні недоліки, головний з яких - неможливість організації єдиного плану нумерації у внутрішній мережі. Для здійснення викликів між корпусами доводилося здійснювати набір номера у дві стадії. Ще складнішими були правила набору в ТМЗК. У зв'язку з цим було прийнято рішення про модернізацію мережі IP-телефонії філії.

Модернізація мережі включає чотири елементи:

- перехід із протоколу H.323 на SIP.
- заміна обладнання.

Зміна схеми ввімкнення шлюзу внутрішньої мережі та перехід на статичну маршрутизацію викликів у внутрішній мережі.

Організація зв'язку з корпоративною мережею центрального корпусу та філії.

Перехід на протокол SIP зумовлений здебільшого прагненням до уніфікації використовуваних протоколів, програмних і апаратних засобів усередині корпоративної мережі.

Необхідність заміни адаптерів Cisco ATA 186 FXS була викликана низкою причин.

Мережа має три сегменти, що маршрутизуються: ЛОМ лабораторного корпусу, радіомережу і ЛОМ полігону. Адаптер Cisco ATA 186 не підтримує таблиці IP-маршрутів і не обробляє повідомлень ICMP-redirect, що неминуче породжує подвоєний трафік в одному плечі мережі під час розмов з адаптера, розташованого в точці ре-трансляції.

Адаптер Cisco ATA 186 не підтримує статичної маршрутизації телефонних з'єднань на два або більше шлюзи. Серед протестованих моделей аналогових шлюзів необхідною функціональністю володіють моделі двох виробників - лінійка шлюзів VoiceFinder виробництва компанії Addpac і шлюзи MediaPack компанії Audiocodes. При приблизно рівнозначному наборі функціональних можливостей і порівнянних цінах перевагу було віддано шлюзам Addpac через більш звичний інтерфейс управління, виконаний у стилі Cisco.

Перехід на статичну маршрутизацію телефонних з'єднань було визнано доцільним для підвищення відмовостійкості телефонної мережі. Хоча стабільність роботи використовуваного досі воротаря H.323 (AquaGatekeeper) не викликала нарікань, все ж надійність цього елемента пов'язана з апаратною надійністю комп'ютера, який, до того ж, використовується для декількох застосунків. У той же час, за малої кількості абонентів VoIP-мережі конфігурація статичних маршрутів на шлюзах не викликає особливих труднощів.

Для забезпечення зв'язку з полігоном з використанням єдиного плану нумерації внутрішньої мережі було вирішено використовувати техніку "виносу" внутрішніх ліній міні-АТС за допомогою зв'язки шлюзів FXO-FXS. Як шлюз внутрішньої мережі буде використано AP1100C - шлюз із 8 FXO-портами, під'єднаними до внутрішніх ліній міні-АТС.

У міні-АТС використовується тризначний план нумерації з провідними цифрами 1 - для абонентів, безпосередньо підключених до АТС, 2 - для абонентів, підключених до АТС через VoIP-шлюзи.

Правило трансляції номерів перетворює номери, що надсилаються на міні-АТС (1... - абоненти, 9... - ТМЗК, 8... - КМ підприємства) і не змінює номери IP-абонентів, що починаються з 2. Під час дзвінка в ТМЗК після набору "9" відбувається спроба зайняття однієї з відповідних СО-ліній і, в разі успіху, абонент чує сигнал готовності і набирає номер. Якщо вільної СО-лінії немає, абонент відразу після набору "9" чує сигнал відмови в обслуговуванні (Reorder Tone). Набір "8" використовується для виходу в корпоративну мережу з маршрутизацією за найменшою вартістю.

Організація зв'язку з корпоративною телефонною мережею і, насамперед, з мережею центрального корпусу, принесе значну економію витрат на послуги зв'язку, яку планується використовувати для оплати Інтернет-трафіку. Схема організації мережі зображена на рис. 2.2. Інтеграція мереж виконується за допомогою шлюзу IP-телефонії, під'єданого до звільнених СО-ліній міні-АТС. При цьому з'єднання під час дзвінка з мережі центрального корпусу на будь-який номер мережі буде виконуватися в одну стадію - за внутрішнім номером. Це досягається перетворенням номера перед його відправленням у міні-АТС. Набір номера мережі з міні-АТС проводиться з префіксом "8" і маршрутизується механізмом ARS.

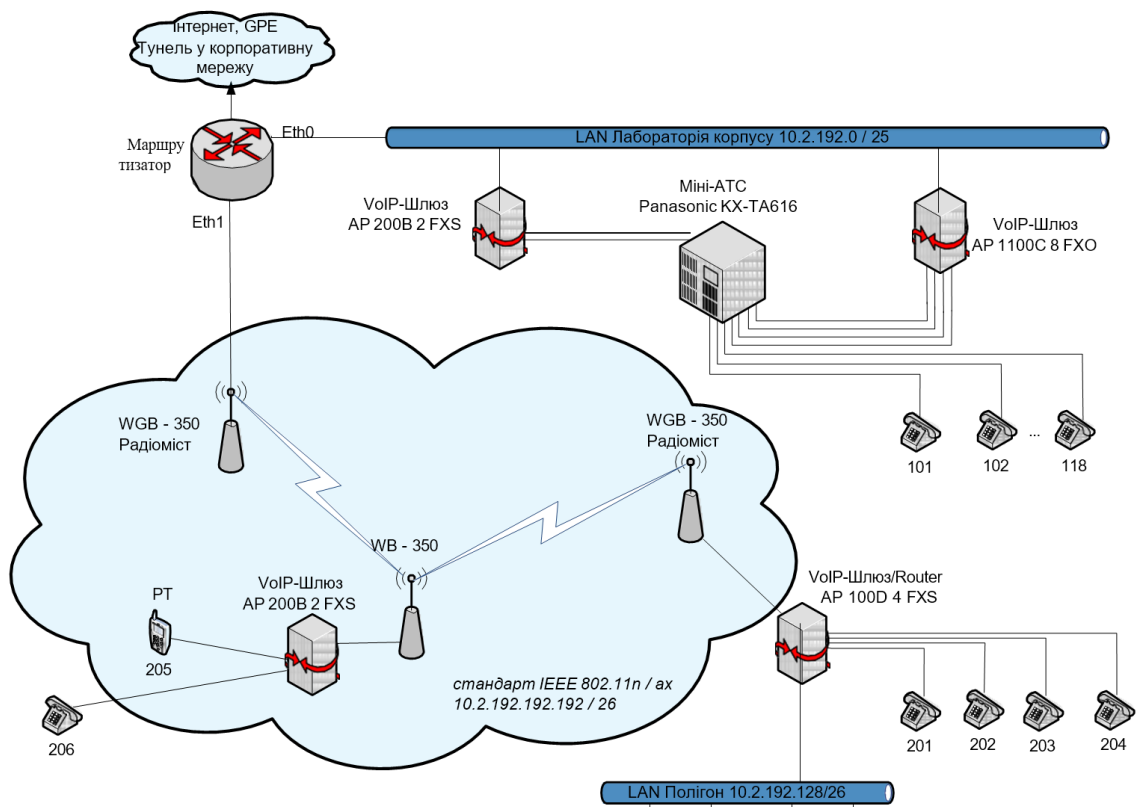


Рис. 2.2. Схема організації телефонної мережі

2.2. Комутація VoIP і TDM мереж

Для сполучення VoIP-мережі з ТМЗК необхідно використовувати медіашлюз.

Існує два підходи до реалізації такого рішення. У першому випадку в корпоративних клієнтів, які мають TDM-мережу і не збираються замінювати її на рішення VoIP, встановлюються медіашлюзи (MG). УВАТС замовника під'єднується до медіашлюзу каналами ISDN PRI (Primary Rate Interface) 2 Мбіт/с, а MG перетворює трафік TDM на пакети, виконуючи за необхідності функції компресії голосу і придушення пауз. Крім цього, медіашлюз може виконувати функції трансляції номерів, ухвалювати рішення щодо маршрутизації та підтримувати в разі потреби функції обліку викликів на сервері RADIUS. Функції централізованого управління, управління викликами, маршрутизації та генерування записів CDR зазвичай покладаються на центральний вузол управління викликами (MGC, SIP Proxy, H. 323 Gatekeeper або IP-to-IP Gateway), встановлений у оператора.

Інший підхід призначений для клієнтів, у яких у рамках корпоративної IP- телефонії вже встановлено IP-УВАТС, що керує IP-телефонами, ПК-телефонами (PC Soft Phones) і/або IP-функціями, вбудованими в УВАТС на базі TDM. Рішення для пакетної телефонії емулює функції традиційної УВАТС (тобто авторизацію користувачів, локальну комутацію тощо) і, крім цього, надає доступ до мультимедійних послуг, наприклад, онлайн-директорій і відеоконференцій. Замість встановлення у клієнта шлюзу IP-TDM для передачі викликів у мережу ТМЗК оператор забезпечує стандартний інтерфейс VoIP, такий як SIP або H.323. Замовник у цьому разі під'єднується до операторської мережі безпосередньо через маршрутизатор доступу, який, за необхідності, використовується і для передавання даних, створюючи єдиний для голосу і даних канал передавання від клієнта до мережі оператора. Вузли управління викликами (MGC, SIP Proxy або H.323 Gatekeeper), встановлені в оператора, виконують функції маршрутизації викликів, генерування записів CDR тощо.

Як приклад, можна навести мультисервісну систему MageLan [21-23]. Структурна схема цієї системи зображена на рис. 2.3. Для організації зв'язку по шині Ethernet 10/100Base-T між системою цифрової комутації, що працює в мережі TDM (ТМЗК), і мережею VoIP реалізовано транспортний шлюз (Media GateWay - MGW).

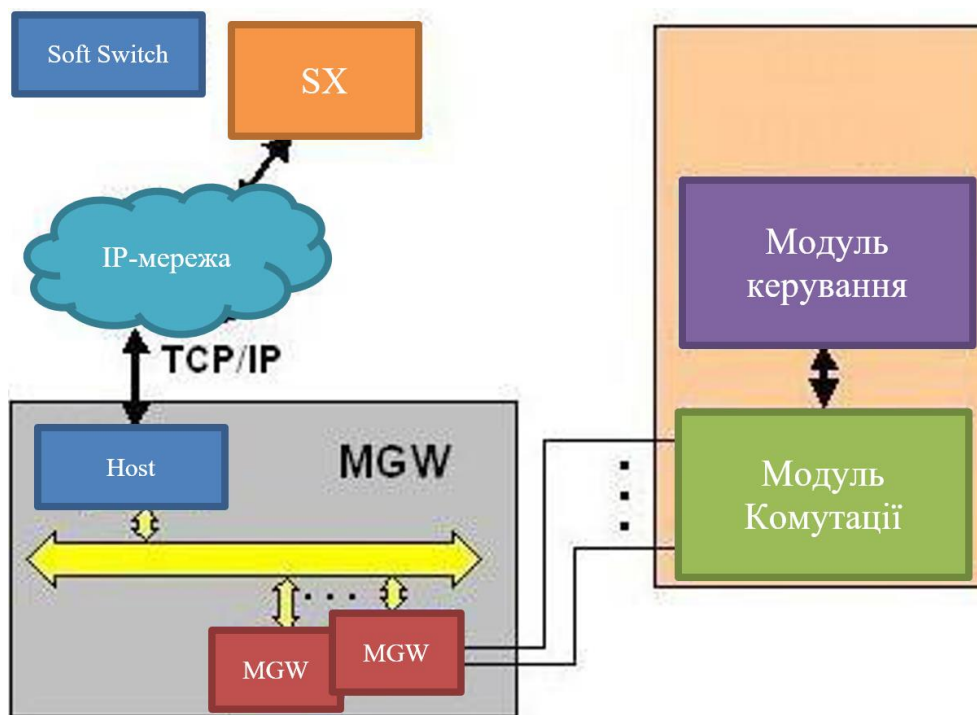


Рис. 2.3. Структурна схема системи MageLan

Шлюз MGW виконує такі функції:

- взаємодія з зовнішнім кінцевим обладнанням за протоколами MGCP, MEGACO/H.248;
- перетворення мовної інформації в пакети IP;
- маршрутизація пакетів IP.

Як кінцевий комплект СК використовується плата (модуль) шлюзів MGW, яка підтримує до 60 розмовних каналів.

Реалізовані кодеки: G.723, G.729. Модуль має такі виходи:

- G.711a, G.711.
- IP-порт для виходу на зовнішню IP-мережу (WAN) для управління з боку SX (абонентів);
- IP-порт для виходу на зовнішню IP-мережу (LAN) для передавання пакетів даних;
- порт для виходу на шину Ethernet для стику з модулем комутації.

Шлюз MGW може бути під'єднаний безпосередньо до комутаційного поля будь-якої АТС, яка має у своєму складі модуль керування. Шлюз є нарощуваним, крок збільшення - 60 ліній (1 плата).

Очевидним рішенням для випадку корпоративної телефонної мережі, є реалізація медіашлюзу на стороні оператора, оскільки придбання дорогого устаткування та оренда цілого потоку для потреб IP- телефонії не є вигідним з економічної точки зору. До переваг такого вибору можна віднести:

- єдиний канал для голосу і передачі даних від клієнта до мережі оператора;
- мінімальні витрати на обладнання.

2.3. Комутація з корпоративною телефонною мережею

На ділянці сполучення телефонної мережі з корпоративною використовується стандарт H.323, оскільки він більш пристосований для взаємодії з мережами

ISDN. Тому виникає необхідність у конвертації сигналізації протоколу SIP у сигналізацію протоколу H.323 і назад. Для цих цілей використовується шлюз IP-IP реалізований на платформі Cisco.

Конвертори (шлюзи) допомагають з'єднати між собою дві, а то й кілька незалежних мереж. У ролі такого конвертера може виступати ПЗ, що працює на платформі ПК, наприклад, MERA MVTS з модулем SIP-NIT або маршрутизатора Cisco (Cisco Multiservice IP-to-IP Gateway).

IPIP GW - це комплекс функцій, реалізованих в ОС Cisco IOS, який надає функції безпеки, управління викликами (Call Admission Control), якості обслуговування, перетворення сигналізації (Signaling Interworking) і міжмережевого білінгу.

Цей шлюз відповідає за таку функціональність:

- обробка медіа-потоків і цілісність мовного тракту; б) передача DTMF-сигналів;
- трансляція факсових повідомлень або їх прозорий пропуск (Passthrough);
- трансляція номерів і обробка викликів;
- фільтрація напрямків і кодеків;
- розпізнавання та обробка ідентифікатора мережі оператора;
- термінування та ре-ініціювання сигналізації та мовного тракту.

Шлюзом підтримуються такі типи з'єднань:

H.323 <--> H.323 SIP <--> H.323
SIP <--> SIP

У корпоративній мережі шлюз IP-IP працює на прикордонному маршрутизаторі Cisco 2851. У процесі налагодження було отримано різні результати під час роботи з трьома іншими науковими філіалами:

- повна сумісність;
- одностороннє проходження викликів;
- повна неможливість здійснення викликів.

У зв'язку з цим, до завершення налагодження взаємодії з іншими мережами сполучення SIP-H.323 виконано через зв'язку двох шлюзів SIP-TDM-H.323.

2.4. Аналіз обладнання

Аналіз обладнання проводили на базі наявної мережі передавання даних, побудованої на базі технології Ethernet, і корпоративної телефонної мережі, побудованої за технологією TDM, що дало змогу перевірити сумісність обладнання, яке брало участь у тестуванні, зокрема різних VoIP-шлюзів.

У результаті аналізу пропозиції на ринку IP-телефонії та наявної у постачальника, було відібрано сім моделей телефонів, три VoIP/FXO- шлюзи і два FXS-шлюзи різних виробників.

З асортименту постачальника було відібрано такі моделі, що найбільше задовольняють перелічені вище критерії: Astra 480i, Grandstream BT-200, Grandstream GXP-2000, Snom 320, Snom 360, Thomson ST2030 і Planet VIP-153T.

Для використання в корпоративній мережі з централізованою службою технічної підтримки найвищою мірою бажано обмежити коло моделей для того, щоб "полегшити життя" інженерам і, за можливості, скоротити витрати на обслуговування всієї системи загалом. Зазвичай це досягається використанням лінійки продуктів одного виробника.

Оскільки з описів апаратів, доступних на сайті виробників і постачальників, не завжди можливо зрозуміти деякі деталі й оцінити ті чи інші якості апаратів, перш ніж зупинити свій вибір на тій чи іншій лінійці обладнання, дуже бажано ознайомитися з обладнанням на практиці.

Тестування, що проводилося, було обмеженим і мало такі цілі:

- перевірка сумісності IP-телефонів із SIP-сервером SER (Open SER), програмною АТС Asterisk і між собою;
- оцінка якості звуку під час розмови через трубку, гучномовець і під час конференц-дзвінків;

- оцінка ергономіки, зокрема, зручність реалізації функцій, що найчастіше використовуються: переведення дзвінка, відповідь по другій лінії, організація конференц-дзвінка, робота з телефонною книгою, голосовою поштою тощо;
- перевірка можливості автоматизованого обслуговування через завантажувані файли конфігурації та оновлення програмного забезпечення.

Схема нашого тестування, представлена на рис. 2.4, є єдиною для всіх моделей IP-телефонів, оскільки вони використовують однотипне підключення до мережі Ethernet.

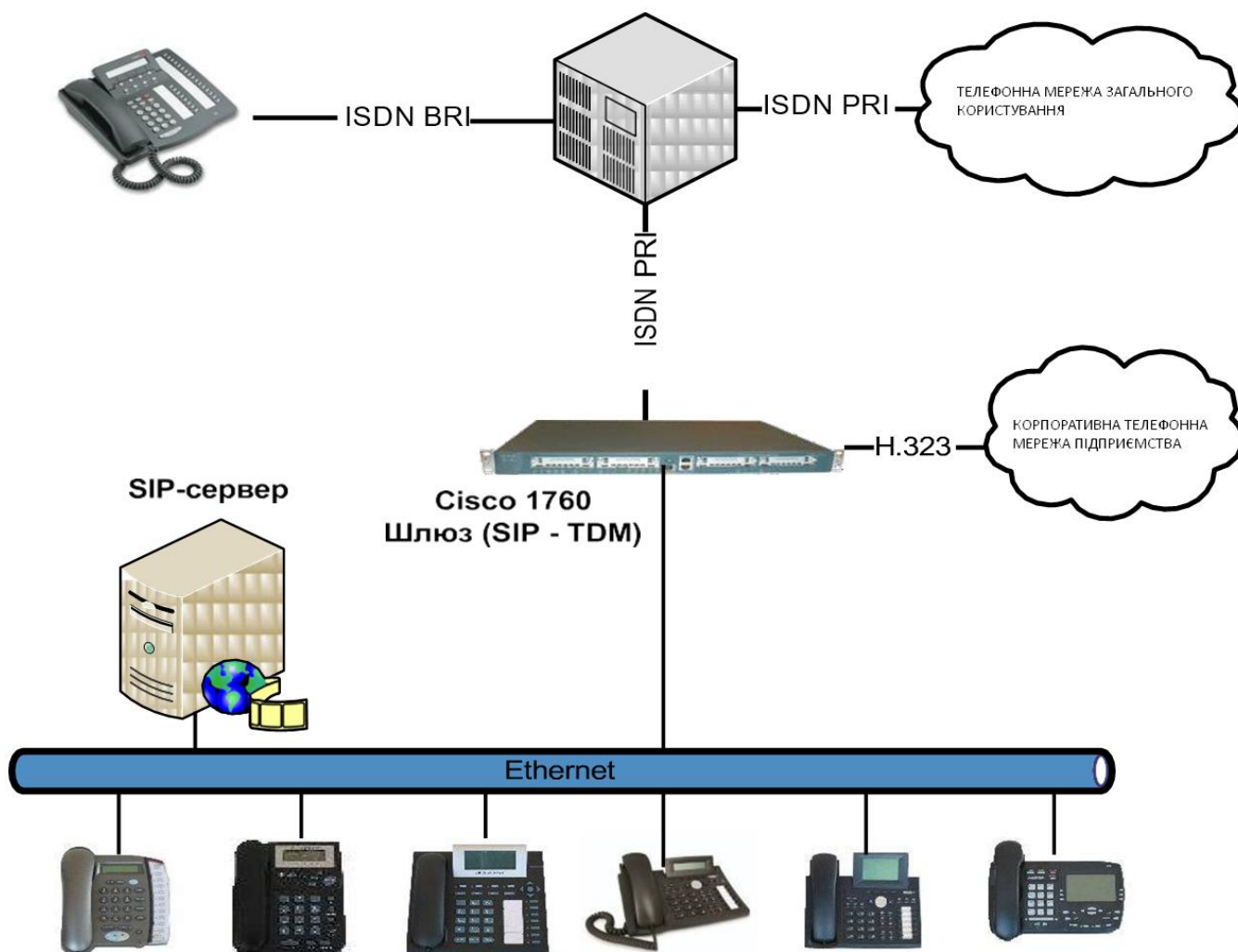


Рис. 2.4. Схема тестування IP-телефонів

Потрібно відзначити, те, що в цій схемі до УВАТС Definity були підключені цифрові телефони. Вони були використані як еталонні джерела / приймачі звуку під час оцінювання якості передавання голосу тестованими моделями.

Як VoIP-TDM шлюз використовували маршрутизатор Cisco 1760 з голосовими процесорами та інтерфейсом E1 із сигналізацією ISDN PRI. Якість звуку оцінювали під час використання кодеків G.711/A-law і G.729.

Напрямок викликів.

1. **SIP-телефон --> SIP-сервер --> SIP-телефон.**
2. **SIP-телефон -->SIP-сервер --> Cisco GW --> УПАТС Definity --> Цифровий телефон і назад.**
3. **SIP-телефон -->SIP-сервер --> Cisco GW --> УПАТС Definity --> ТМЗК і назад.**
4. **SIP-телефон -->SIP-сервер --> Cisco GW --> Канал передавання даних --> УВАТС Definity --> Цифровий телефон і назад.**

За результатами тестування можна виділити такі моменти:

Найуспішнішими, з точки зору тестування, виявилися телефони виробників Astra і Snom. У цих моделях найповніше і найзручніше реалізовано всі функції, заявлені в супровідній документації. Необхідно зазначити, що ці продукти є найдорожчими з усіх тестованих. Сфера застосування цих телефонів може бути найрізноманітнішою, від ділових переговорів, коли якість зв'язку має бути на високому рівні, до операторів зв'язку, коли навантаження для телефону велике. Для секретаря найбільш ергономічними є телефони фірми Snom.

Обґрунтування вибору моделей IP-шлюзів проводилося за кількома критеріями:

- наявність у постачальника;
- мінімальна кількість портів FXO;
- підтримка протоколу SIP;
- підтримка передавання факсів.

Цілі тестування полягали в перевірці:

- сумісності з SIP-сервером OpenSER і IP-АТС Asterisk;
- якості передавання голосу;
- передавання факсів;
- детектування Caller ID;
- детектування сигналу "відбою" ТМЗК.

Метод тестування: здійснення вхідних з боку телефонної мережі загального користування (ТМЗК) і вихідних з VoIP-мережі викликів для експериментального підтвердження функціональності цих шлюзів, а також перевірка відправлення та отримання факсимільних повідомлень.

Тестувалися такі моделі аналогових VoIP-шлюзів: Grandstream GXW-4108v, AudioCodes MP-108/FXO і Addpac VoiceFinder AP-200D/FXO. Схема тестування показана на рис. 2.5.

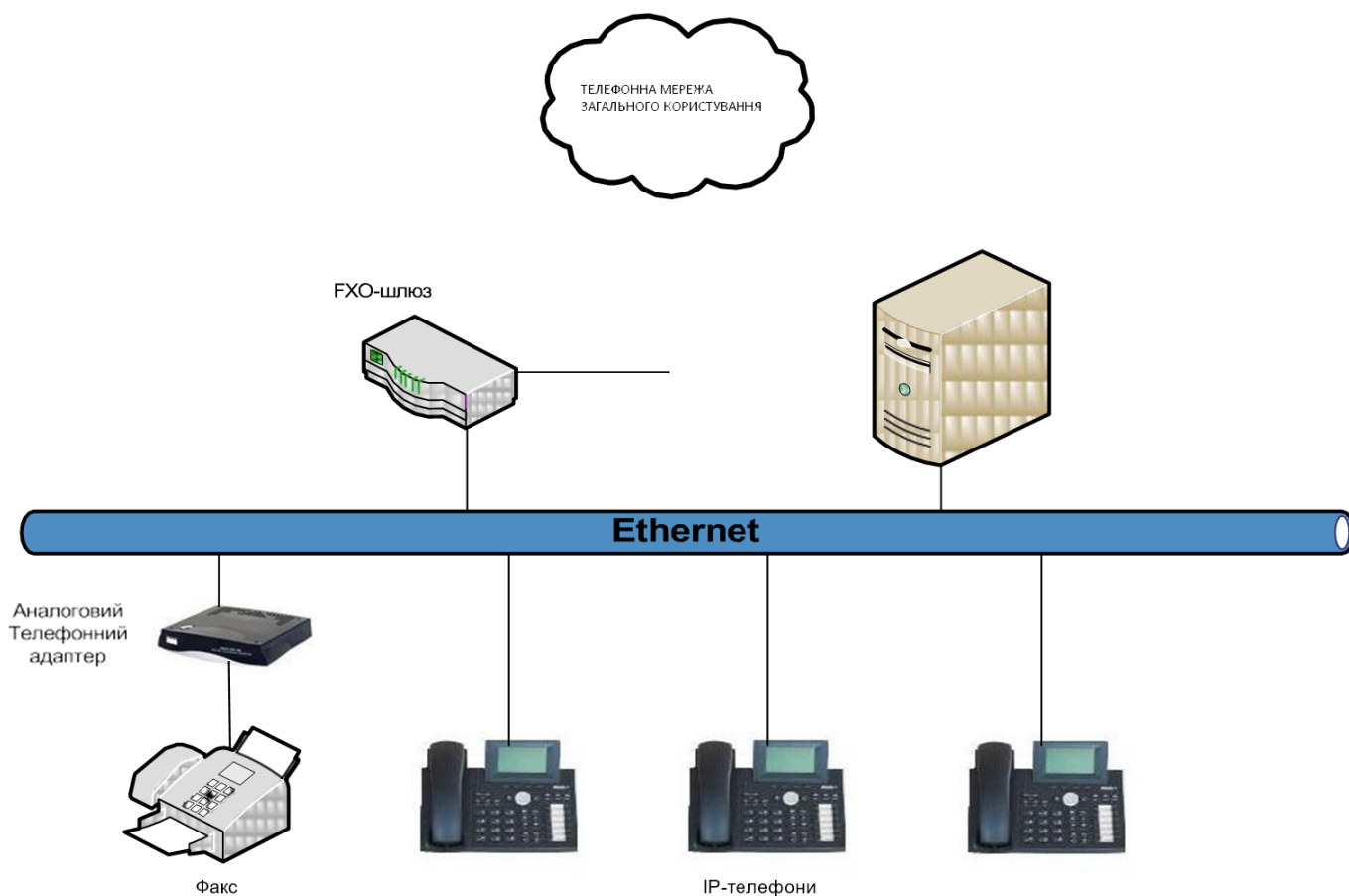


Рис. 2.5. Схема тестування VoIP-шлюзів

Технічні характеристики для всіх FXO-шлюзів практично схожі, відмінність становить кількість портів і деяка апаратна модифікація параметрів, тому наведені в таблиці 3 характеристики, одного з них - AudioCodes MP-108/FXO, зовнішній вигляд пристрою показано на рис. 2.6.



Рис. 2.6. AudioCodes MP-108/FXO

Технічні характеристики AudioCodes MP-108/FXO

Інтерфейси	
Голосові інтерфейси	8 x RJ11
Мережевий інтерфейс	10/100 BaseT RJ45 (здвоєний із резервуванням для MP-124 FXS)
Індикатори	Індикатори стану та активності каналу
Протоколи VoIP	
Можливості VoP	Придушення луни (G.168-2000), VAD, CNG, динамічний програмований буфер (Jitter Buffer), визначення підключення модему
Кодеки	G.711, G.723.1, G.726, G.727, G.729a, NetCoder 6,4-9,6 кбіт/с
Факс поверх IP	T.38, 14.4 Кб/с з автоматичним поверненням у ТМЗК у разі неможливості передачі по IP
Сигналізація	
Сигналізація	FXS, FXO шлейф-старт
Внутрішньоканальна сигналізація	DTMF (TIA 464B), MFR1, MFR2, AC15, SS4, SS5
Підтримка протоколів	MGCP (RFC 2705), H.323v4, MEGACO (H.248), SIP (RFC 3261), AudioCodesVoIP Library API
Обслуговування та управління	- BootP, DHCP і TFTP - Віддалене управління за допомогою WEB інтерфейсу - Система управління елементами EMS - Підтримка SysLOG
Фізичні характеристики	
Харчування	90-260 В змінного струму 47-63 Гц 36-72 В постійного струму
Розміри	44x445x269 мм
Монтаж	Настінний, настільний

Також проведено тестування шлюзів FXS. Обґрунтування вибору моделей проводилося за кількома критеріями:

- наявність у постачальника;
- мінімальна кількість портів FXS;
- підтримка протоколу SIP;
- підтримка передавання факсів.

Цілі тестування: перевірити працездатність і сумісність з IP-мережею двох аналогових VoIP-шлюзів.

Метод тестування: здійснення вхідних з боку телефонної мережі загального користування (ТМЗК) і вихідних з VoIP-мережі викликів для експериментального підтвердження функціональності цих шлюзів, а також перевірка відправлення та отримання факсимільних повідомлень.

Тестували такі моделі аналогових VoIP-шлюзів: AudioCodes 114/FXS, Adprac 200B/FXS, схему тестування шлюзів FXS показано на рис. 2.7.

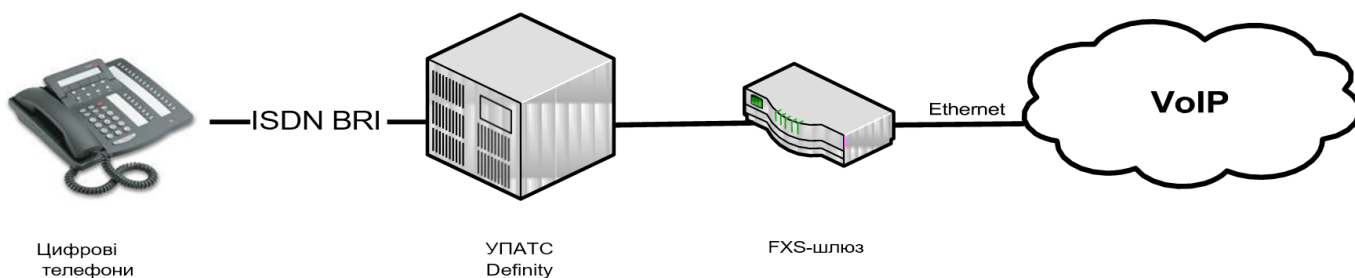


Рис. 2.7. Схема тестування шлюзів FXS

Audiocodes MP-114/FXS - це голосовий шлюз на чотири FXS-порти, призначений для під'єднання звичайних телефонних апаратів, DECT-телефонів або факсів до сучасних IP-АТС, зовнішній вигляд пристрою зображено на рис. 2.8. Схема встановлення моделі MP-114/FXS гранично проста - через вбудовані чотири порти RJ11, до VoIP-шлюзу підключаються аналогові пристрої, які необхідно зареєструвати на IP-АТС, а сам шлюз підключається до локальної обчислювальної мережі компанії за допомогою Ethernet-порту 10/100 Мбіт/с. Потім, для кожного телефонного апарату необхідно завести обліковий запис на IP-АТС і в зручному Web-інтерфейсі налаштувати сам шлюз MP-114/FXS.



Рис. 2.8. Аналоговий VoIP-шлюз Audiosodes MP-114/FXS

Порт FXS (Foreign Exchange Subscriber) знаходиться на АТС, створює петлю змінного струму за допомогою трансформатора, і є портом "станції", якщо дивитися з боку кінцевого абонента. Таким чином, аналогові абоненти підключаються до VoIP-шлюзу через порти через FXS.

Шлюз FXS використовується для під'єднання однієї або більше традиційних аналогових міні-АТС до VOIP-АТС або провайдера. Шлюз FXS необхідний для з'єднання портів FXO.

Ці шлюзи практично схожі за всіма технічними і функціональними можливостями зі шлюзами FXO, опис яких наведено вище. Відмінність становить тип інтерфейсу і деякі апаратні модифікації. Технічні характеристик і мережеві можливості Addrac 200B/FXS, представлені в додатку 2 [28-31].

Для сумісності VoIP-шлюзів з наявною SIP-мережею проведено оновлення ПЗ за допомогою FTP/TFTP. Встановлення пройшло успішно.

Перевірку базових функцій FXS-шлюзів, як-от передання ідентифікатора користувача (Caller ID) і переведення дзвінка (Transfer), було здійснено з успішним результатом у двох напрямках:

- VoIP-мережа --> аналоговий телефон;
- Аналоговий телефон --> IP-телефон.

Тестування адаптерів для VoIP-телефонії дало такі результати:

Цілі тестування: перевірка працездатності та сумісності обладнання. Перевірка надсилання та отримання факсів. Зробити вибір моделей для побудови корпоративної VoIP-мережі.

Було протестовано таке обладнання: Cisco ATA 186, Mediatrix 1102. Схема тестування наведена на рис. 2.9.

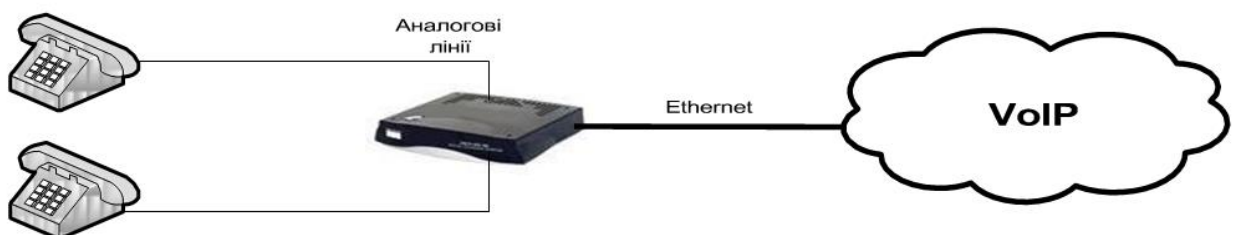


Рис. 2.9. Схема тестування адаптерів VoIP-телефонії

Факс і аналогові телефони підключаються до FXS-портів адаптера. Який після обробки сигналів, що надійшли, перенаправляє їх на вбудований порт Ethernet. Виклики, що надійшли з боку VoIP-мережі, проходять зворотним ланцюжком інтерфейс-FXS.

Cisco ATA 186 - аналоговий телефонний адаптер. Дає змогу під'єднати два звичайні аналогові телефони або факс до корпоративної мережі IP-телефонії. Цей адаптер має два телефонні порти, кожен зі своїм власним незалежним номером телефону.

Підтримує автоматичне присвоєння IP-адрес за протоколом DHCP. Конфігурацію пристрою можна здійснити через вбудований Web-інтерфейс, також є голосове меню (IVR, Interactive Voice Response) для налаштування пристрою через під'єднаний аналоговий телефон до першого порту адаптера.

Mediatrrix 1102 являє собою аналоговий VoIP-шлюз із двома FXS-портами і двома портами 10/100 Base-T Ethernet (для виходу на IP-телефонну мережу), зовнішній вигляд пристрою показано на рис. 2.10. Він призначений для організації телефонного та факсимільного зв'язку по мережах передачі даних TCP/IP. Шлюз підтримує підключення до двох звичайних аналогових телефонних і факс-апаратів, PBX і Key-систем.



Рис. 2.10. Mediatrrix 1102

У Mediatrrix 1102 є вбудований комутатор мережевого рівня, який дає змогу додатково під'єднувати будь-який LAN пристрій (наприклад, персональний комп'ютер) до мережі IP.

Шлюз підтримує всі необхідні види телефонної сигналізації, встановлення з'єднання можливе за протоколами МСЕ-Т (ITU-T) H.323, MGCP, SIP. Використовується набір голосових кодеків G. 711 (a-law, u-law), G. 723.1, G. 729a і луна-ком-

пенсація G. 168. Підтримує передачу факсу поверх IP (Fax over IP, FoIP), включаючи протокол T. 38. Управління шлюзом здійснюється за протоколом SNMP [32-34].

Це обладнання повністю сумісне з VoIP-мережею, реалізованою на базі протоколу SIP.

Тестовані телефонні адаптери сумісні з наявною корпоративною мережею.

Перевірку базових функцій адаптерів, як-от передавання ідентифікатора користувача (Caller ID) і переведення дзвінка (Transfer), було здійснено з успішним результатом у двох напрямках:

- VoIP-мережа --> аналоговий телефон;
- аналоговий телефон --> IP- телефон.

Передавання факсимільних повідомлень здійснювалося у двох режимах: з використанням протоколу передавання факсів T.38 і в "прозорому", з використанням кодека G.711/A-law. В обох випадках передача факсів працювала надійно.

Cisco ATA 186 і Mediatrix 1102 рекомендовані для впровадження в телефонну мережу підприємства.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ДЛЯ КОРПОРАТИВНОЇ VOIP МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА

3.1. Розрахунок показників QoS

Корпоративна мережа IP-телефонії характеризується різними законами розподілу, крім Пуассона, в основному закону Парето. Як модель може бути обрано системи організації черг зі спільними розподілами розподілів вхідного потоку та обробляє типу послуги G/G/G/M.

Дифузійне наближення є найвідомішим і найширше використовуваним методом наближеного обчислення QS для довільних процесів: закони розподілу вхідних і процесів обслуговування. Ідея методу полягає в апроксимації дискретного стохастичного процесу (у даному випадку - в якому описується кількість пакетів у вузлах) безперервним процесом дифузії. Варто зазначити, що за низького навантаження, цей метод дає помітну помилку [35]. Дифузійне наближення помилка також збільшується зі збільшенням розподілів коефіцієнта варіації. Разом із поправками метод дифузійного наближення можна використовувати для системного аналізу, коефіцієнт варіації перевищує 1 [36-38].

Затримка. Для пакетного трафіку можна розглядати загалом затримку t (або пакет Термін поставки) у вигляді суми ТТК затримки перевезення, затримки розповсюдження тп, TS затримку перемикання та черг затримки в маршрутизаторах (затримки у вузлі).

$$t = t_{tr} + t_p + t_s + t_w, \quad (3.1)$$

Під транспортною затримкою (Serialization Delay) мається на увазі час, необхідний для передавання пакета за заданої смуги пропускання, і залежить від розміру пакета та ширини смуги пропускання каналу. Транспортну затримку можна визначити як функцію від ширини смуги пропускання і довжини пакета, тобто:

$$t_{tr} = L/B, \quad (3.2)$$

де L - розмір пакета, біт,

B - ширина смуги пропускання, кбіт/с.

Затримка поширення (Propagation Delay) залежить від використовуваного середовища передавання і відстані та може становити десятки мілісекунд. Впровадження технології DWDM дає змогу приймати затримку поширення менше ніж 1 мс.

Затримка перемикавання (затримка перемикавання) і комутаційних пристроїв вводиться, як правило, менше 10 нс.

Якщо мережа не зазнає перевантаження, TW черг затримка маршрутизаторів відсутня. У цьому випадку ми можемо говорити про мінімально можливу затримку під час передавання пакетів через дану мережу. У разі перевантаження мережі TW не тільки може зробити значну кількість, а й призводить до затримки тремтіння. Затримка джиттера і визначає максимальну затримку на стійці реєстрації. Залежно від типу додатка, приймаюча сторона може спробувати компенсувати тремтіння затримки через організацію приймального буфера для зберігання прийнятих пакетів у момент часу T_j , що є меншим або дорівнює верхній межі тремтіння.

Для розрахунку система мережева затримка G/G/G/m використовувати результати теорії дифузійного наближення [39]. Потім, щоб визначити середнє число пакетів у системі G/G/m:

$$\bar{q} = P(\rho, m) \frac{\rho}{1-\rho} \cdot \frac{c_a^2 + c_s^2}{2} + m\rho, \quad (3.3)$$

де $P(\rho, m)$ - імовірність того, що пакет, прийшовши в систему, застане всі прилади зайнятими,

C^2 - квадратичний коефіцієнт варіації.

Для трафіку реального часу джиттер затримки може призвести до втрати пакетів, оскільки в разі перевищення порогового значення затримки пакети будуть відкинуті як такі, що не задовольняють вимогам, які висуваються до режиму реального часу. Для потокового трафіку внесення додаткової затримки не виявляється критичним і не призводить до втрат.

Параметр $P(\rho, m)$ може бути розрахований за наближеною другою формулою Ерланга:

$$P(\rho, m) \approx m(1 - \rho) \frac{\rho^m}{1 - \rho^m}, \quad (3.4)$$

Середнє значення числа пакетів у черзі з і значення затримки t_{delay} у вузлі, і середній час перебування пакета в буфері можуть бути визначені як [39]:

$$\bar{\omega} = P(\rho, m) \frac{\rho}{1 - \rho} \cdot \frac{C_a^2 + C_s^2}{2}, \quad (3.5)$$

$$t_{delay} = t_{\bar{\omega}} + t_{\bar{s}}, \quad (3.6)$$

$$t_{\bar{\omega}} = P(\rho, m) \frac{t_{\bar{s}}}{m(1 - \rho)} \cdot \frac{C_a^2 + C_s^2}{2}, \quad (3.7)$$

де t_s - середній час обробки пакета приладом обслуговування.

З огляду на те, що максимальна продуктивність сучасного комутатора становить $20 \cdot 10^6$ пакетів/с, прийmemo $t = 1_s \cdot 10^7$ с для каналу з пропускною спроможністю 2 Мбіт/с.

Таким чином, затримка у вузлі є функцією від коефіцієнта варіації, тобто залежить від закону розподілу довжин протокольних блоків та інтервалів між приходами.

Припустимо, досліджуємо мережевий рівень моделі ІЕТF, на якому розподіл Парето слугує для опису вхідного потоку і часу обслуговування (система Р/Р/1). Тоді на підставі (рис. 3.1) можна отримати сімейство графіків $t_{delay}(\rho)$ для різних довжин пакетів (рис.3.2).

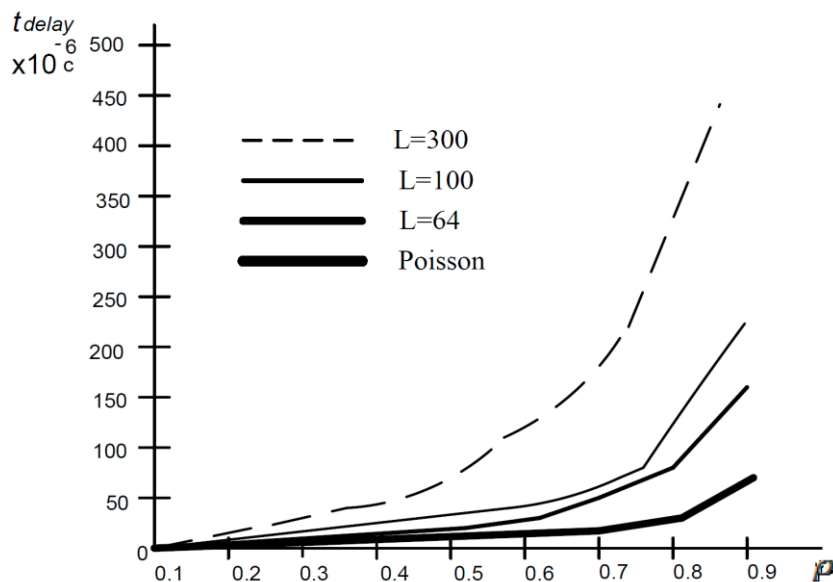


Рис. 3.1. Залежність величини затримки від завантаження системи Р/Р/1 для різних L

Для розподілу Пуассона немає поняття пакети, тож на графіку, встановлений в L - максимальний розмір стека. Для інших значень правда, що збільшення розміру пакета збільшує затримки пакета. Пакет, що з'явилися наприкінці зграї, служив у буфері більше (час обробки всі попередні пакети плюс час обробки в цьому пакеті). Більше ніж пакет, тим більше часу, що пакет буде в буфері: $T_{Buf} = L \cdot TR$.

Крім того, на суму затримки залежить від різних законів розподілу трафіку. У цьому випадку, найдовший час тимчасової затримки - характеристика трафіку, довжина пакетів, які розподілені за Парето, та інтервали між ними - за логнормальним. Це зумовлено тим, що в цьому випадку інтервали між пакетами є відносно невеликими, що призводить до склеювання пакетів у буфері і, як наслідок, збільшити затримку. Слід зазначити, що навантаження збільшує ймовірність адгезії пакетів збільшується, що призводить до додаткової затримки. Таким чином, для системи R/R/1 можна говорити про помітну затримку (про нас) вже при завантаженні 0.5.

Таким чином, затримка в законі трафіку впливає на розподіл трафіку, максимальний розмір пакетів і пакетів та мінімальний інтервал між приходами пакетів.

Втрати. Втрати, пов'язані з мережевими помилками P_m у каналі та втрат у вузлах мережі P_{loss} . Втрати у вузлах мережі втрати P визначаються інтенсивністю руху, розміром буфера, чергою, застосовною політикою і методами, що використовуються для запобігання перевантаження. У роботі [40] для розрахунку втрат у вигляді G/G/1 за певних розподілів, що описують вхідний потік, пропонується використовувати метод дифузійного наближення:

$$P_{loss} = \frac{1-\rho}{1-\rho \frac{c_a^2+c_s^2}{2} \cdot nb+1} \cdot \rho \frac{c_a^2+c_s^2}{2} \cdot nb, \quad (3.8)$$

де C_a і C_s - квадратичні коефіцієнти варіації відповідно розподілів вхідного потоку і часу обслуговування,

n_b - розмір буфера, ρ - завантаження системи.

Описуючи Пуассонів закон руху, є найбільш сприятливим для системи. У цьому випадку, квадратичні коефіцієнти дорівнюють 1 [39], і втрата з найнижчих порівняно з іншими законами розподілу, за інших рівних умов (розмір буфера, навантаження). Звичайним правом і розподілом Парето для довжин блоків PDU і проміжків між їхніми приходами, є середній варіант. Якщо інтервал між PDU, описаний логнормальним, втрати в мережах є досить великими (від 0,5 запуск до 25%). З цього можна зробити висновок, що для руху, що тяжіє до логнормального розподілу, необхідно запровадити додаткові механізми, що регулюють вибух.

На рис. 3.2 наведено значення ймовірностей втрат для різних розмірів буферних. Діапазон N_b був обраний з урахуванням того, що поточні мережеві пристрої мають розмір буфера близько ста клітин. Розмір стека передбачається, максимум 100 пакетів. Як впливає з малюнка, якщо розмір буфера з 50 клітинок (одна клітинка може бути записана як один пакет), різким збільшенням імовірності втрат уже на завантажувальному $\rho = 0,7$.

Це тому, що в разі приходу до максимально можливого вибуху пакетів, які перевищують розмір буфера, деякі пакети будуть відкинуті. Якщо кількість місць у буфері відповідають максимальному розміру вибух пакетів, втрати відбуваються тільки при завантаженні 0,85. У цьому випадку можливі два прибуття зі стопки через відносно короткий проміжок часу, внаслідок чого блокує пакети в буфері, і, отже, до втрати пакетів.

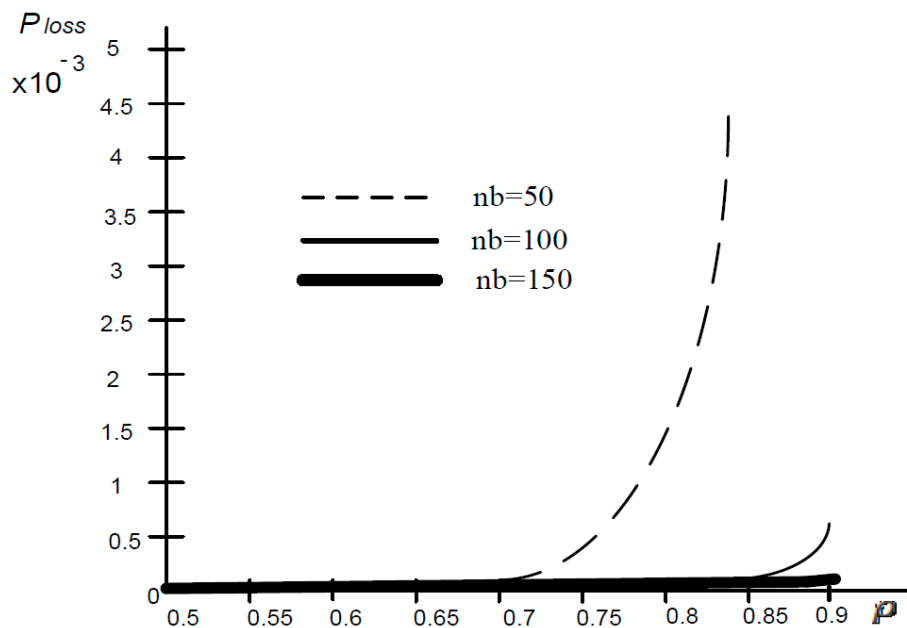


Рис. 3.2. Залежність імовірності втрат від розміру буфера для P/P/1

Збільшуючи втрати буферні спостерігаються тільки за дуже високих навантажень, що також пояснює прилипання пакети, які приходять у буфер через невеликий період часу.

У зв'язку з цим виникає завдання визначення мінімально можливого розміру буфера, в якому втрата буде несумісна з Угодою про трафік. Так, при завантаженні $\rho=0,7$ мінімально можливий розмір буфера близько 20 клітинок (розподіл P/P, вибуховий характеристичний показник $a=1,5$, максимально можливий розмір пачки 100). У цьому разі втрати не перевищують 1% [39].

Таким чином, під час розрахунку розміру буфера необхідно зосередитися на характеристиках трафіку, що генерується конкретним застосуванням, визначення ступеню його розривності та законів розподілу.

3.2. Коригування втрат трафіку реального часу з урахуванням перевищення максимально допустимої затримки

Втрати пакетів трафіку реального часу будуть виявлені користувачем і негативно позначатися на якості наданої послуги, тому має сенс розглядати втрати в точці прийому. Тоді втрати в наскрізному з'єднанні для трафіку реального часу можуть бути оцінені як:

$$P_{e2e} = 1 - (1 - P_{net}) \cdot (1 - P_{ter}), \quad (3.9)$$

де P_{net} - чистий збиток; P_{ter} - збиток від термінального пристрою через перевищення допустимої затримки (рачується тільки для трафіку в реальному часі та поточкового).

Причина РТЕР насамперед затримати тремтіння. У цьому випадку допустимі значення затримки в усій мережі для трафіку в реальному часі матиме вирішальне значення, тобто угода не виконуватиметься від руху.

Розглянемо випадок, коли є максимальне значення затримки в наскрізне з'єднання ТМАН. Тоді всі в режимі реального часу пакети трафіку, для яких є затримки мережі, можна вважати втраченими.

Таким чином, $P_{TER} = P \{T_{NET} > T_{max}\}$ - імовірність того, що вхідний пакет перевищив максимально допустиму затримку.

Джерело виникнення збитків унаслідок перевищення максимально допустимого буфер затримки джиттера діє. Потім ви можете собі уявити, як РТЕР ймовірність втрат у буфері флуктуацій. У цьому разі завдання зводиться до визначення РТЕР проблему визначення ймовірності втрат у буфері вузла. На рисунку 3.8 показано внесок буфера тремтіння та мережі до загальних втрат. Для розрахунку величина буфера тремтіння була прийнята 20 мс, значення буферної у вузлах мережі 50 місць.

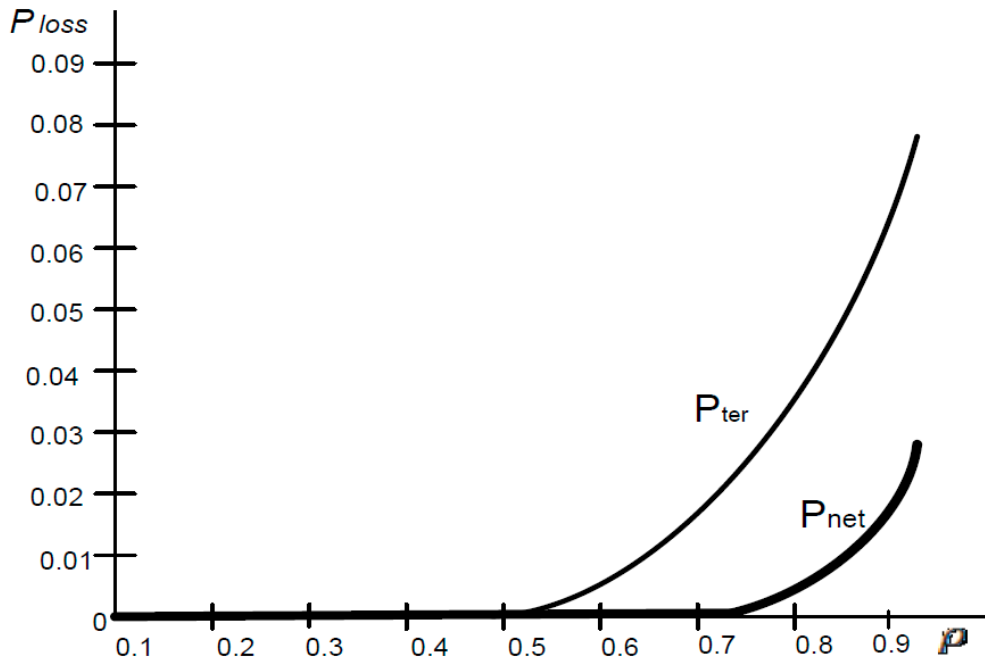


Рис. 3.3. Величина втрат мережі P_{net} і в джиттер-буфері P_{ter} залежно від завантаження системи

Враховуючи (3.8), отримаємо співвідношення для розрахунку P_{ter} :

$$P_{ter} = \frac{1-\rho}{1-\rho \frac{C_{a_jitt}^2 + C_{s_jitt}^2}{2} \cdot t_{j_max} + 1} \cdot \rho \frac{C_{a_jitt}^2 + C_{s_jitt}^2}{2} \cdot t_{j_max} \quad (3.10)$$

де C_{2a_jitt} і C_{2s_jitt} - квадратичні коефіцієнти варіації відповідно розподілів вхідного потоку і часу обслуговування,

t_{j_max} - розмір буфера, ρ - завантаження системи.

Пакети, що приходять у джиттер-буфер, затримуються в ньому на час, необхідний для вирівнювання затримки, причому максимальна затримка не перевищує $t_j \leq t_{max} - t_{codec} - t_{net}$. Позначимо одне місце в буфері як затримку на одиницю часу t . Тоді t_{j_max} - максимальний розмір джиттер-буфера.

ВИСНОВКИ

У результаті виконаної кваліфікаційної роботи було розроблено і запущено в роботу дослідну ділянку – корпоративну телефонну мережу на основі технології IP-телефонії. За цей час було вироблено загальну концепцію побудови VoIP-мережі підприємства, зокрема, вибір протоколу SIP і використання IP-АТС Asterisk. Проведено роботу та відповідні розрахунки щодо забезпечення якості обслуговування в мережі. Так само були протестовані різні моделі абонентських терміналів. Опрацьовано питання взаємодії з мережею TDM і підключення SIP-мережі до оператора телефонної мережі загального користування безпосередньо за технологією IP.

Сьогодні на підприємстві паралельно працюють дві телефонні системи - традиційна, на базі TDM-мережі з трьох УВАТС, і "пакетна", на базі сервера Asterisk і IP-телефонів. При цьому вони тісно інтегровані між собою - застосовують єдиний номерний простір, забезпечують єдині сервіси та повну прозорість для користувачів.

Багато років тому, коли IP-телефонія тільки з'явилася, ставлення до неї було зовсім іншим. Перші продукти для IP-телефонії забезпечували досить низьку якість передавання мови. Відтоді відбулися великі зміни на краще, і тепер телефонна мережа на основі IP здатна не тільки конкурувати з мережами на основі комутації каналів, а й володіє додатковими перевагами, головними з яких є:

- вища відмовостійкість;
- використання єдиної уніфікованої телекомунікаційної мережі;
- гнучкість і масштабованість;
- економія на телефонних рахунках за міжміські та міжнародні дзвінки;
- можливість реальної інтеграції корпоративних ІС.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. F. E. Zamani et al., "Build a BTS VoIP Kit for Android-based Communication Needs (Handset)," 2019 IEEE 5th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT), Yogyakarta, Indonesia, 2019, pp. 1-6.
2. A. Wijayanto, R. Adhitama and A. Burhanuddin, "SOLSR Protocol Performance Analysis For Voip Application In Mesh Topology," 2021 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (COMNETSAT), Purwokerto, Indonesia, 2021, pp. 348-353.
3. D. Suthar and P. H. Rughani, "A Comprehensive Study of VoIP Security," 2020 2nd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICACCCN), Greater Noida, India, 2020, pp. 812-817.
4. L. Chaoqun, L. Jie and D. Bin, "Research on Voip-Over- Vpn s Classification And Mitigation," 2022 8th International Conference on Information Management (ICIM), Cambridge, United Kingdom, 2022, pp. 63-67.
5. I. Haryono, D. Wisaksono Sudiharto and A. Gautama Putrada, "QoS Improvement Analysis of VoIP Service Which Uses Overlay Network. Case Study: Calling AWS VoIP Gateway From Bandung, Indonesia," 2018 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication, Semarang, Indonesia, 2018, pp. 381-387.
6. M. Di Mauro and A. Liotta, "An Experimental Evaluation and Characterization of VoIP Over an LTE-A Network," in IEEE Transactions on Network and Service Management, vol. 17, no. 3, pp. 1626-1639.
7. S. D. You and J. Chang, "Reducing latency for an Android-based VoIP phone," 2018 7th International Symposium on Next Generation Electronics (ISNE), Taipei, Taiwan, 2018, pp. 1-4.
8. A. T. Sombie and P. Poda, "Towards enhancing the performance of a VoIP infrastructure for limited-resource structures," 2018 1st International Conference on Smart Cities and Communities (SCCIC), Ouagadougou, Burkina Faso, 2018, pp. 1-4.

9. J. Prajwala, R. Mathew and N. Taj, "Analysis of VoIP Traffic over LTE for different Codecs," 2018 3rd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT), Bangalore, India, 2018, pp. 1858-1862.
10. D. Khoury, E. F. Kfoury, J. Ged, J. Crichigno and E. Bou-Harb, "Method for Securing and Terminating a CS Call over a VoIP System with Multi-Device Support," 2019 42nd International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP), Budapest, Hungary, 2019, pp. 318-322.
11. F. Kaledibi, H. H. Kilinc and C. O. Sakar, "Quality of Experience Prediction for VoIP Calls Using Audio MFCCs and Multilayer Perceptron," 2022 7th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK), Diyarbakir, Turkey, 2022, pp. 300-304.
12. O. A. Ishgeem, A. M. Abood, N. R. Abosata, H. A. Alzawam and H. T. Haqaf, "Analysis and Evaluation QoS of VoIP over WiMAX and UMTS Networks," 2021 IEEE 1st International Maghreb Meeting of the Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering MI-STA, Tripoli, Libya, 2021, pp. 787-793.
13. M. Moravcik and M. Kontsek, "Proposal of VoIP infrastructure and services for academia - case study," 2019 17th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA), Starý Smokovec, Slovakia, 2019, pp. 540-545.
14. M. Ceaparu, Ş. -A. Toma and A. I. Frunză, "Character Level Keyword Spotting in VoIP Networks," 2019 27th Telecommunications Forum (TELFOR), Belgrade, Serbia, 2019, pp. 1-4.
15. J. Wang, Z. Yuan and J. Li, "UVP: Uncoveing WeChat VoIP Peers over Time," 2019 2nd International Conference on Communication Engineering and Technology (IC-CET), Nagoya, Japan, 2019, pp. 93-100.
16. A. Yahya and K. Tawer, "Performance Analysis of VoIP traffic over MANETs Under Different Routing Protocols," 2022 IEEE 2nd International Maghreb Meeting of the Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (MI-STA), Sabratha, Libya, 2022, pp. 492-498.

17. R. S. Nur'afifah, D. Perdana and Istikmal, "Comparative Analysis of Codec G.729 and G.711 on IEEE 802.11AH with MCS and Raw Slot Change Mechanism for VOIP Service," 2019 4th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE), Yogyakarta, Indonesia, 2019, pp. 379-384.
18. N. Gozuacik, F. Gurcan and B. Gunes, "Processor Transformation for Integrated VoIP Soft-Switches," 2019 27th Telecommunications Forum (TELFOR), Belgrade, Serbia, 2019, pp. 1-4.
19. N. Gupta, N. Kumar and H. Kumar, "Comparative Analysis of Voice Codecs Over Different Environment Scenarios in VoIP," 2018 Second International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS), Madurai, India, 2018, pp. 540-544.
20. B. S. Kavyashree and U. Padma, "Implementation of VoIP Systems by Replacing EPABX Voice System," 2018 3rd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT), Bangalore, India, 2018, pp. 94-97.
21. P. Kadam, M. Kulkarni and V. Gaikwad, "Bandwidth Management for VoIP Calling Through Asterisk," 2021 2nd Global Conference for Advancement in Technology (GCAT), Bangalore, India, 2021, pp. 1-6.
22. S. Kong and Z. Kong, "Performance based active early warning algorithm and system for mobile communication VoIP core network," 2022 International Conference on Artificial Intelligence in Everything (AIE), Lefkosa, Cyprus, 2022, pp. 493-498.
23. S. Kong and Z. Kong, "Performance based active early warning algorithm and system for mobile communication VoIP core network," 2022 International Conference on Artificial Intelligence in Everything (AIE), Lefkosa, Cyprus, 2022, pp. 493-498.
24. I. Romanets, A. Sachenko and L. Dubchak, "Method of Protection Against Traffic Termination in VoIP," 2018 10th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI), Iasi, Romania, 2018, pp. 1-5.
25. A. B. Traore, J. Wang, X. Zhao and J. Wang, "Improvement of VoIP service quality based on an adaptive congestion control method," 2018 14th IEEE International Conference on Signal Processing (ICSP), Beijing, China, 2018, pp. 265-269.

26. P. Adesso, M. Cirillo, M. Di Mauro and V. Matta, "ADVoIP: Adversarial Detection of Encrypted and Concealed VoIP," in *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, vol. 15, pp. 943-958.
27. H. Nurwarsito and K. I. Aprilian, "The Implementation of Prioritized Task Scheduling for VOIP Data Package Processing in Cloud Computing," 2021 3rd International Conference on Electronics Representation and Algorithm (ICERA), Yogyakarta, Indonesia, 2021, pp. 149-154.
28. A. Alhayajneh, A. N. Baccarini and T. Hayajneh, "Quality of Service Analysis of VoIP Services," 2018 9th IEEE Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON), New York, NY, USA, 2018, pp. 812-818.
29. B. Koné and A. D. Kora, "Management and Orchestration for Network Function Virtualization in a VoIP Testbed: A Multi-domain Case," 2021 44th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP), Brno, Czech Republic, 2021, pp. 372-376.
30. M. A. Barry, J. K. Tamgno, C. Lishou and M. B. Cissé, "QoS impact on multimedia traffic load (IPTV, RoIP, VoIP) in best effort mode," 2018 20th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), Chuncheon, Korea (South), 2018, pp. 694-700.
31. A. C. Politis and C. S. Hilar, "Sharing transmission opportunity in ad-hoc WLANs supporting VoIP," 2018 7th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCASST), Thessaloniki, Greece, 2018, pp. 1-4.
32. B. Koné, A. D. Kora, R. Botez, I. -A. Ivanciu and V. Dobrota, "Use Case of a Management and Orchestration for Network Functions Virtualization in a VoIP Testbed," 2021 IEEE International Black Sea Conference on Communications and Networking (BlackSeaCom), Bucharest, Romania, 2021, pp. 1-5.
33. A. Bhattacharyya, B. Sardar and D. Saha, "Impact on V2V VoIP Traffic between to ProSe-enabled End-points while Switching between Infrastructure Mode and Direct Mode," 2020 International Conference on Information Networking (ICOIN), Barcelona, Spain, 2020, pp. 747-752.

34. R. Laurens, E. Christianto, B. Caulkins and C. C. Zou, "Side-Channel VoIP Profiling Attack against Customer Service Automated Phone System," GLOBECOM 2022 - 2022 IEEE Global Communications Conference, Rio de Janeiro, Brazil, 2022, pp. 6091-6096.
35. R. Murakami, K. Tanabe, K. -i. Baba and K. Yamaoka, "VoIP Admission Control to Increase QoS-Guaranteed Sessions by Considering State Probability," 2018 IEEE 29th Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), Bologna, Italy, 2018, pp. 284-289.
36. F. Neves, S. Soares and P. A. A. Assuncao, "Optimal voice packet classification for enhanced VoIP over priority-enabled networks," in *Journal of Communications and Networks*, vol. 20, no. 6, pp. 554-564.
37. S. S. lo Moriello and R. Aurigemma, "oneTcall: implementation of an innovative VoIP communication system enabled by the presence of a satellite link," 2021 4th International Symposium on Advanced Electrical and Communication Technologies (ISAECT), Alkhobar, Saudi Arabia, 2021, pp. 1-6.
38. M. Molina, A. Vera, C. Molina and P. Garzon, "Design of a VOIP Services Portfolio for Small Businesses Based on Free Download Software Tools," 2018 9th IEEE Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON), New York, NY, USA, 2018, pp. 640-644.
39. M. A. Ramirez-Reyna, F. A. Cruz-Pérez, S. L. Castellanos-Lopez, G. Hernandez-Valdez and M. E. Rivero-Angeles, "Differentiated Connection Admission Control Strategy for Wireless VoIP Networks with Adaptive Modulation Coding," 2018 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC), Maui, HI, USA, 2018, pp. 31-37.
40. T. Bakhshi and I. Nadir, "On MOS-Enabled Differentiated VoIP Provisioning in Campus Software Defined Networking," 2019 15th International Conference on Emerging Technologies (ICET), Peshawar, Pakistan, 2019, pp. 1-6.