

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Навчально-науковий центр заочної форми навчання

(повна назва)

Кафедра Інформаційно-мережної інженерії

(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Організація мережі передачі голосу по IP протоколу
на базі локальної мережі

(тема)

Виконав:

здобувач 4 року навчання,
групи ТРИМІЗ-22-1

Тетяна ВАЦУК

(власне ім'я, прізвище)

Спеціальність 172 Телекомунікації
та радіотехніка

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційно-мережна інженерія

(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Наталія ХАРЧЕНКО

(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту
В.о. завідувача кафедри

(підпис)

Дарія ЧЕБОТАРЬОВА

(власне ім'я, прізвище)

2026 р.

Не містить відомостей заборонених до відкритого публікування.

Здобувач

/ Тетяна Ващук /

Керівник

/ Наталія Харченко /

Харківський національний університет радіоелектроніки

Навчально-науковий центр заочної форми навчання

Кафедра *Інформаційно-мережної інженерії*

Рівень вищої освіти *перший (бакалаврський)*

Спеціальність *172 Телекомунікації та радіотехніка*

(код і повна назва)

Тип програми *освітньо-професійна*

Освітня програма *«Інформаційно-мережна інженерія»*

(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« ____ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві *Ващук Тетяні Петрівні*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Організація мережі передачі голосу по IP протоколу на базі локальної мережі*

затверджена наказом університету від 18 травня 2026 р. № 73 Стз

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 14 липня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи *Провести аналіз основних особливостей впровадження технології IP-телефонії в існуючу IP-мережу навчального закладу СумДУ. Дослідити існуючу локальну мережу навчального закладу. Проаналізувати необхідне обладнання для підключення IP-телефонії, визначити методику з'єднання з зовнішнім провайдером для надання послуг. Провести налаштування обраного обладнання, маршрутизації та VPN.*

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

Вступ

1. Аналіз технології IP-телефонії

2. Постановка завдання та планування мережі IP-телефонії

3. Впровадження технології IP-телефонії у локальну мережу СумДУ

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) назва, мета, завдання і актуальність кваліфікаційної роботи; технологія IP-телефонії; параметри якості зв'язку; структура мережі головного корпусу СумДУ; наявна телефонна мережа; обладнання для IP-телефонії; аналіз операторів IP-телефонії; організація IP-телефонії у СумДУ; протокол SIP та захист (VPN); економічна ефективність впровадження; висновки

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Ознайомлення із завданням. Уточнення ТЗ.	18.05.26	виконано
2	Підбір літератури за темою роботи.	19.05-15.06.26	виконано
3	Аналіз технології IP-телефонії	16.06-26.06.26	виконано
4	Постановка завдання та планування мережі IP-телефонії	27.06-03.07.26	виконано
5	Впровадження технології IP-телефонії у локальну мережу СумДУ	04.07-10.07.26	виконано
6	Оформлення презентаційного матеріалу, підготовка до захисту в ЕК	11.07-14.07.26	виконано

Дата видачі завдання 18 травня 2026 р.

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____ доц. Наталія Харченко
(підпис) (посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 69 с., 10 рис., 1 табл., 16 джерел, 1 додаток.

Об'єкт дослідження – корпоративна мережа навчального закладу.

Мета роботи – впровадження технології VoIP на базі локальної мережі.

Розглянуто особливості впровадження технології передачі голосу поверх локальної комп'ютерної мережі. Проаналізовано принцип роботи технології IP-телефонії, необхідне для цього обладнання та принцип його налаштування. Досліджено ринок пропозицій та рішення конкретних компаній, що присутні у м.Суми. Проведено впровадження та налаштування обраного обладнання та досліджено принцип взаємодії сформованої IP-мережі з зовнішнім провайдером для забезпечення потреб у телефонному зв'язку та доступі до мережі Інтернет.

КОРПОРАТИВНА МЕРЕЖА, ТЕХНОЛОГІЯ IP-ТЕЛЕФОНІЇ, VoIP, ПРОВАЙДЕР, ОБЛАДНАННЯ CISCO, ПРОТОКОЛ SIP.

THE ABSTRACT

Explanatory slip 69 p., 10 fig., 1 tab., 165 sources, 1 attach.

Object of research - the corporate network.

The purpose of the work - implementation of VoIP technology based on a local area network.

This paper examines the specifics of implementing voice-over-LAN technology. It analyzes the operating principles of IP telephony, the equipment required for its implementation, and the configuration process. The market offerings and solutions of specific companies operating in Sumy were investigated. The selected equipment was installed and configured, and the interaction between the established IP network and an external provider was examined to meet the needs for telephone communication and Internet access.

CORPORATE NETWORK, IP TELEPHONY TECHNOLOGY, VoIP, INTERNET SERVICE PROVIDER, CISCO EQUIPMENT, SIP PROTOCOL.

ЗМІСТ

	С.
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	9
ВСТУП	11
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ІР-ТЕЛЕФОНІЇ	12
1.1 Основні поняття ІР-телефонії та види будови мереж ІР-телефонії	12
1.2 Структура мережі СумДУ	16
1.3 Рішення компанії Cisco Systems для ІР-телефонії	16
1.4 Огляд маршрутизаторів Cisco Systems	17
1.5 Опис використовуваного комутатору серії Catalyst 2950	19
1.6 Опис ІР-телефонів	20
1.7 Налаштування VPN	21
1.8 Методи захисту інформації	22
2 ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ТА ПЛАНУВАННЯ МЕРЕЖІ ІР-ТЕЛЕФОНІЇ	24
2.1 Структура мережі головного корпусу СумДУ	24
2.2 Структура телефонної мережі СумДУ	24
2.3 Організація мережі ІР-телефонії в СумДУ	27
2.4 Параметри якості мережі зв'язку	28
3 ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ІР-ТЕЛЕФОНІЇ У ЛОКАЛЬНУ МЕРЕЖУ СУМДУ	30
3.1 Дослідження ринку та вибір рішень по ІР-телефонії	30
3.2 Огляд компаній, що представляють рішення ІР-телефонії	31
3.3 Аналіз та вибір ІР-провайдера	35
3.4 Управління з Cisco Call Manager	39
3.5 Модуль Cisco Unity Express	39
3.6 Модуль Cisco Systems VWIC-2MFT-E1	41
3.7. Підключення цифрової АТС СумДУ до маршрутизатора	42
3.8 Обробка звукового сигналу	43
3.9 Налаштування Cisco CallManager	44
3.10 Види з'єднань в ІР-телефонії	46
3.11 Вибір операторів ІР-телефонії	47

3.12 Принципи роботи оператора UniTalk.....	50
3.13. Налаштування маршрутизації у UniTalk.....	51
3.14 Загальні відомості про протокол SIP.....	52
3.15 Особливості протоколу SIP.....	53
3.16 Інтеграція SIP та IP-мереж.....	54
3.17 Принцип роботи VPN.....	57
ВИСНОВКИ.....	59
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	60
ДОДАТОК А СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ.....	62

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- ATM – (Asynchronous Transfer Mode) асинхронний режим передавання;
- CLID – (Caller ID або Calling Line Identification) - це ідентифікатор абонента, який використовується в телекомунікаціях та IP-телефонії;
- DHCP – (Dynamic Host Configuration Protocol) протокол динамічної конфігурації хостів;
- DoS – (Denial of Service) відмова в обслуговуванні;
- DSP – (Digital Signal Processor) спеціалізований цифровий сигнальний процесор;
- ISDN – (Integrated Services Digital Network) еволюційна цифрова телефонна мережа, яка дозволяє передавати голос, дані та відео через стандартні мідні телефонні лінії;
- LAN – (Local Area Network) – локальна обчислювальна мережа;
- QoS – (Quality of Service) якість обслуговування;
- RSVP – (Resource ReSerVation Protocol) це сигнальний мережевий протокол, призначений для резервування пропускнуої здатності та ресурсів мережі;
- SIP – (Session Initiation Protocol) це протокол прикладного рівня, призначений для ініціювання, модифікації та завершення мультимедійних сеансів зв'язку;
- TCP – (Transmission Control Protocol) протокол передачі даних із установленням з'єднання;
- TFTP – (Trivial File Transfer Protocol, тривіальний протокол передачі файлів) це спрощений мережевий протокол для передачі файлів між пристроями;
- UDP – (User Datagram Protocol) протокол користувальницьких датаграм;
- VAD – (Voice Activity Detection) алгоритми придушення пауз;
- VoIP – (Voice-over-IP) технологія передачі медіа-даних у реальному часі;
- VPN – (Virtual Private Network) віртуальна приватна мережа;
- АЛ – абонентська лінія;
- ЕЦП – електронний цифровий підпис;

МСЕ – міжнародний союз електрозв'язку;

СІБ – система інформаційної безпеки;

СумДУ – Сумський державний університет;

ТфОП – телефонна мережа загального користування;

УАТС – управлінська автоматична телефонна станція;

ЦАТС – цифрова автоматична телефонна станція;

ЦТО – центр технічного обслуговування.

ВСТУП

Протокол IP став загальноновизнаним світовим стандартом передачі даних, який слугує універсальною платформою для інтеграції голосового, відео- та іншого трафіку. Провідні світові телекомунікаційні компанії здійснюють стратегічні інвестиції у розвиток власної IP-інфраструктури та міграцію існуючих мереж передачі голосу на технологію IP.

Традиційні телефонні комунікації базуються на використанні розгалуженої системи АТС та виділених ліній зв'язку. Значні операційні витрати операторів призводять до високої вартості міжміських та міжнародних з'єднань. На фоні зростання тарифів на користування загальними телефонними мережами, впровадження IP-телефонії стає економічно доцільним та ефективним рішенням для передачі голосових даних та факсимільних повідомлень [1].

Сумський державний університет володіє розвиненою IT-інфраструктурою, що створює належну технічну базу для впровадження технологій передачі голосу та факсимільних даних за протоколом IP.

Метою кваліфікаційної роботи є оптимізація витрат на міжміський та міжнародний зв'язок шляхом впровадження технології IP-телефонії на базі локальної обчислювальної мережі Сумського державного університету.

Ключові завдання роботи:

- мінімізація витрат на телекомунікаційні послуги;
- створення повноцінної мережі передачі голосу за протоколом IP;
- підвищення якості телефонного зв'язку.

Впровадження технології VoIP дозволить оптимізувати бюджетні витрати, інтегрувати локальну мережу СумДУ для забезпечення потреб у телефонному зв'язку та доступі до мережі Інтернет, а також суттєво підвищити якість комунікацій.

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ IP-ТЕЛЕФОНІЇ

1.1 Основні поняття IP-телефонії та види будови мереж IP-телефонії

IP-телефонія - це технологія, що забезпечує можливість ведення міжнародних та міжміських переговорів, а також передачу факсимільних повідомлень у режимі реального часу за допомогою мережі Інтернет або інших IP-мереж. Для реалізації телефонного зв'язку в IP-середовищі застосовується спеціалізоване обладнання - IP-шлюзи, які інтегруються з телефонними апаратами або абонентськими лініями АТС [1].

Ключовою перевагою технології є можливість встановлення зв'язку між абонентами, що знаходяться на значній відстані, з оплатою лише за використання ресурсів IP-мережі. Принцип роботи шлюзу полягає в перетворенні аналогового телефонного сигналу на цифровий, його подальшій компресії, пакетуванні та передачі згідно з IP-протоколами. Зворотний процес відбувається на приймальному боці, забезпечуючи повнодуплексний режим спілкування.

Економічна доцільність впровадження IP-телефонії зумовлена суттєвим зниженням витрат на зв'язок, особливо під час міжнародних комунікацій. Технічна ефективність забезпечується використанням спеціалізованих кодеків (зокрема G.711, G.722, G.723, G.729 тощо) для стиснення звукового потоку та дотриманням протоколів передачі даних у реальному часі (наприклад, RTP) [1].

На відміну від традиційної комутації каналів, IP-мережі базуються на принципах маршрутизації пакетів даних (рис. 1.1). Оскільки мережа не гарантує фіксованого шляху проходження сигналів, інформація розділяється на окремі пакети, що містять адресні дані та порядкові номери для подальшої коректної збірки. Враховуючи критичну чутливість голосового трафіку до затримок та втрат пакетів, сучасні IP-системи використовують алгоритми компенсації втрат та динамічного відновлення даних.

Архітектура мереж IP-телефонії передбачає суворі вимоги до якості обслуговування (QoS). Для мінімізації затримок при побудові корпоративних або магістральних мереж застосовується оптимізація топології, що мінімізує кількість вузлів комутації на шляху слідування трафіку. Підключення кінцевого

обладнання до найближчих вузлів комутації дозволяє суттєво підвищити стабільність та якість надаваних послуг зв'язку [1].

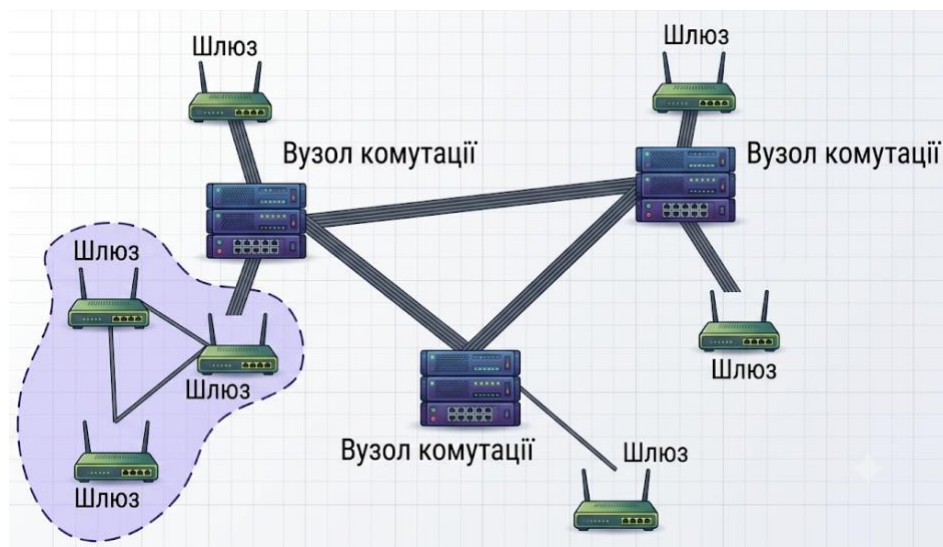


Рисунок 1.1 - Приклад побудови мережі IP-телефонії з використанням магістралі

Для організації взаємодії як усередині локальних мереж, так і з зовнішніми мережами IP-телефонії, використовуються виділені канали зв'язку або мережа Інтернет. За архітектурою з'єднання кінцевого обладнання мережі IP-телефонії класифікуються на виділені, інтегровані та змішані.

У виділених мережах (рис. 1.2) обмін даними між пристроями здійснюється через спеціалізовані канали, пропускну здатність яких зарезервована виключно для передачі голосових пакетів.

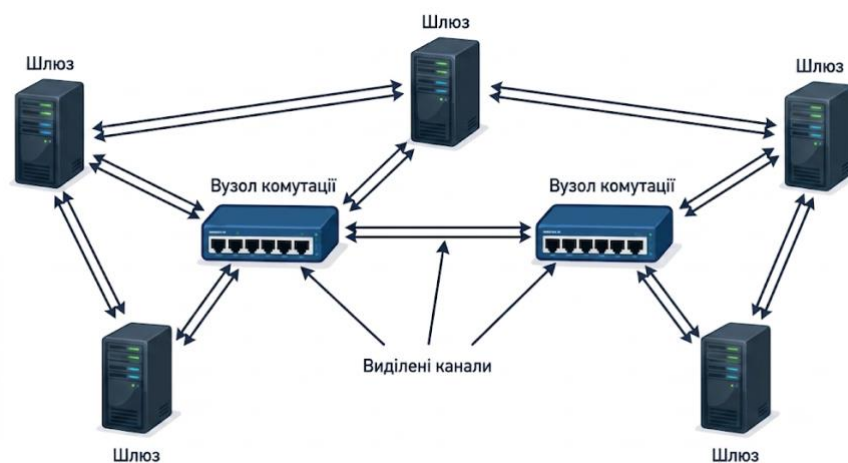


Рисунок 1.2 - Приклад побудови виділеної мережі IP-телефонії

Ключовою перевагою такої архітектури є висока якість передачі мовлення, що досягається завдяки цільовому використанню ресурсів мережі для голосового трафіку. Додатково, для гарантування якості послуг (QoS), окрім IP-протоколу, у таких мережах застосовуються технології ATM та Frame Relay.

В інтегрованих мережах IP-телефонії для організації взаємодії між пристроями застосовується інфраструктура мережі Інтернет (рис. 1.3). Це може бути як власна розгорнута мережа, так і доступ до ресурсів сторонніх провайдерів. У разі використання оператором власної мережі передачі даних, впровадження послуг IP-телефонії передбачає встановлення спеціалізованого обладнання для перетворення голосового трафіку в цифровий формат, а також модернізацію існуючих вузлів зв'язку для забезпечення належної якості обслуговування (QoS). При залученні сторонніх інтернет-провайдерів якість послуг може бути обмеженою, оскільки мережі загального користування не оптимізовані для передачі трафіку в режимі реального часу [2].

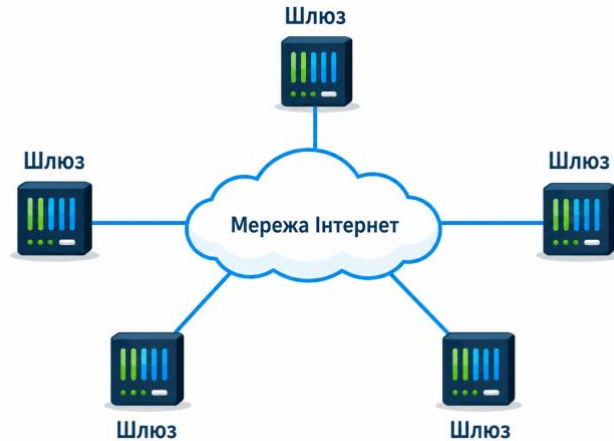


Рисунок 1.3 - Приклад побудови інтегрованої мережі IP-телефонії

Оператори мереж IP-телефонії можуть використовувати комбінацію виділених каналів зв'язку та мережі Інтернет для інтеграції мережевих пристроїв, формуючи мережі змішаного типу (рис. 1.4). Вибір відповідної архітектури каналів здійснюється оператором індивідуально, з урахуванням наявних ресурсів та технічних можливостей [1].

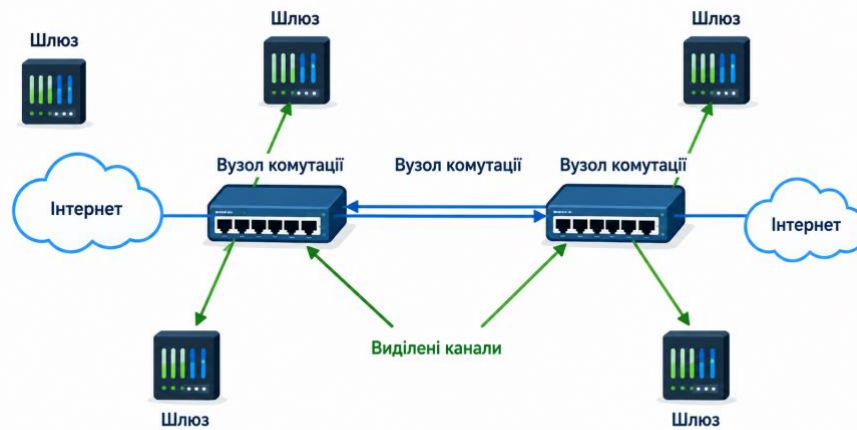


Рисунок 1.4 - Приклад архітектури змішаної мережі IP-телефонії

За масштабом охоплення мережі IP-телефонії класифікують на міжнародні, національні та місцеві.

Міжнародні мережі IP-телефонії характеризуються наявністю точок присутності в декількох країнах, що забезпечує термінацію трафіку в глобальному масштабі при мінімальному залученні телефонної мережі загального користування. Як правило, такі мережі спеціалізуються на наданні пропускної здатності іншим мережевим операторам, виконуючи функції транзиту трафіку між мережами різних рівнів. Побудова міжнародної мережі передбачає створення потужної магістральної інфраструктури з високою пропускною здатністю на базі виділених каналів та ресурсів мережі Інтернет [1].

Національні мережі обмежують свою присутність територією однієї або кількох суміжних країн, обслуговуючи локальних абонентів та операторів. Завдяки партнерським угодам із міжнародними мережами, вони забезпечують кінцевим користувачам можливість термінації дзвінків у будь-яку точку світу. Оскільки національні мережі переважно створюються на базі існуючої інфраструктури телекомунікаційних компаній, більшість із них функціонують як інтегровані системи [1].

Місцеві мережі IP-телефонії орієнтовані на надання послуг приватним абонентам та корпоративному сектору. Оператори таких мереж виконують роль провайдерів доступу, найчастіше послуговуючись одним шлюзом для з'єднання з мережами вищого рівня через Інтернет або виділені канали. Подібні суб'єкти господарювання часто діють як реселери, здійснюючи перепродаж послуг

міжнародних або національних операторів кінцевим користувачам місцевих телефонних мереж [1].

1.2 Структура мережі СумДУ

В Сумському державному університеті функціонує IP-мережа (рис. 1.5.), побудована на базі маршрутизатора Cisco 3845 (Integrated Services Router) та комутаторів Cisco Catalyst серії 2950. Використання зазначеного обладнання забезпечує можливість інтеграції сервісів передачі голосових даних та факсимільних повідомлень за протоколом IP. Враховуючи, що архітектура мережі СумДУ базується на рішеннях Cisco Systems, для забезпечення повної сумісності та ефективної роботи інфраструктури доцільно використовувати обладнання виключно цього виробника [3].

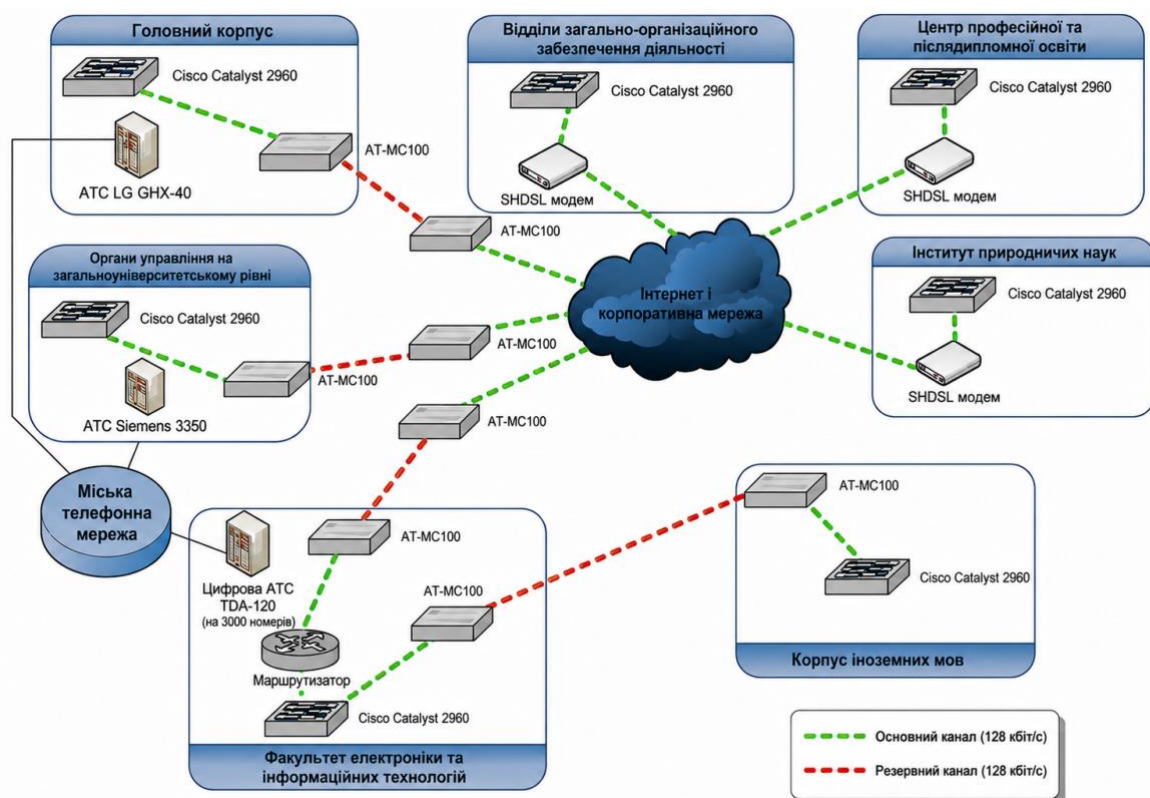


Рисунок 1.5 - Структура IP-мережі СумДУ

1.3 Рішення компанії Cisco Systems для IP-телефонії

Голосові шлюзи забезпечують інтеграцію систем корпоративної IP-телефонії з існуючими УАТС та мережами загального користування, а також

дозволяють підключати аналогові термінальні пристрої та факсимільні апарати. Компанія Cisco пропонує широкий спектр рішень: від спеціалізованих шлюзів початкового рівня до універсальних систем операторського класу з розширеним функціоналом. Ключовими критеріями при виборі обладнання є кількість і тип інтерфейсів, а також підтримка відповідних протоколів сигналізації VoIP. Вибір має здійснюватися з урахуванням специфічних вимог конкретного мережевого середовища [4].

Переваги, особливості та функціональні можливості [4]:

- передача голосового та факсимільного трафіку поверх IP-мереж із використанням будь-яких транспортних середовищ (виділені лінії, ISDN, Frame Relay, Ethernet, ATM тощо);
- інтеграція в єдину екосистему маршрутизаторів Cisco, що виключає потребу в додатковому апаратному забезпеченні;
- модульна архітектура з можливістю подальшого масштабування;
- передача голосу та факсів у межах одного порту;
- повна відповідність стандарту H.323;
- висока продуктивність завдяки використанню спеціалізованих цифрових сигнальних процесорів (DSP);
- підтримка кодеків G.729 та G.711, що забезпечує пропускну здатність голосового каналу на рівні 8 кбіт/с;
- забезпечення високої якості передачі голосу через механізми RSVP та пріоритезацію черг;
- алгоритми придушення пауз (VAD);
- функція генерації комфортного шуму;
- розширені інструменти управління планом нумерації та трансляцією адрес;
- підтримка протоколів DTMF та T.30 (для передачі факсів);
- підтримка функцій наскрізного з'єднання та роботи в групах обдзвону.

1.4 Огляд маршрутизаторів Cisco Systems

Маршрутизатори Cisco серії Integrated Services Router (ISR) оснащені інтегрованими апаратно-програмними модулями безпеки, що дозволяє кінцевим користувачам використовувати уніфіковане рішення для одночасної

підтримки функцій захисту та сучасних бізнес-додатків. Даний підхід забезпечує оперативне розгортання мережевих систем з широким функціоналом, а також спрощує процес модернізації наявної інфраструктури. Маршрутизатори сімейства Cisco 3800 об'єднують у собі можливості маршрутизації, забезпечення безпеки та підтримки додаткових мережевих сервісів, що сприяє максимально ефективному використанню пропускної здатності каналів зв'язку [5].

Рішення на базі Cisco забезпечують створення надійних і адаптивних мережевих середовищ для віддалених офісів та підприємств малого бізнесу завдяки інтеграції функцій VPN, міжмережевого екранування (firewall), систем запобігання (IPS) та виявлення вторгнень (IDS), а також апаратного прискорення VPN, що реалізовані на базі операційної системи Cisco IOS.

Інтегрована обробка голосового трафіку

Сімейство маршрутизаторів Cisco 3800 є фундаментом для високопродуктивних систем пакетної передачі голосу. Використання даних пристроїв надає віддаленим офісам та комерційним організаціям доступ до широкого спектра функцій обробки та передачі голосових даних безпосередньо на рівні маршрутизації доступу [5].

Модель Cisco 3845 (рис. 1.6) дозволяє оптимізувати капітальні витрати, усуваючи необхідність у додатковому спеціалізованому обладнанні та програмному забезпеченні з аналогічним набором функцій. Водночас архітектурні особливості цих пристроїв забезпечують масштабованість, що дозволяє ефективно впроваджувати перспективні технології та додатки відповідно до майбутніх потреб бізнесу [5].

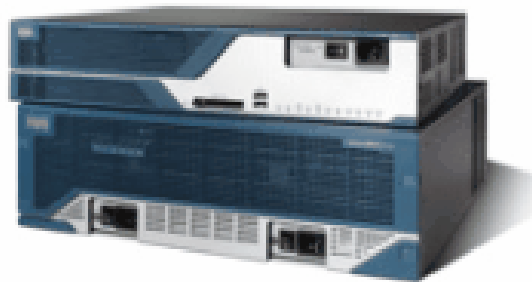


Рисунок 1.6 - Маршрутизатор Cisco 3845

Архітектура маршрутизатора Cisco 3845 оптимізована для забезпечення високої продуктивності, надійності та відмовостійкості, необхідних для масштабування мережевих інфраструктур. Пристрій гарантує комплексний захист даних, а також ефективну роботу підсистем IP-телефонії, відеоконференцій, мережевої аналітики та вебдодатків. Маршрутизатор реалізує багаторівневу систему безпеки для різних типів мережевого трафіку при швидкостях, що відповідають пропускній здатності магістральних мереж.

1.5 Опис використовуваного комутатору серії Catalyst 2950

Серія комутаторів Cisco Catalyst 2950 (рис. 1.7) - це лінійка інтелектуальних рішень Fast Ethernet із фіксованою конфігурацією, що підтримують можливість стекування на швидкостях Fast Ethernet та Gigabit Ethernet. Обладнання вирізняється розширеними функціями забезпечення якості обслуговування (QoS). Інтеграція комутаторів Catalyst 2950 із пристроями Catalyst 3845 забезпечує реалізацію IP-маршрутизації на рівні від межі мережі до її магістральної частини [6].



Рисунок 1.7 - Комутатор серії Catalyst 2950

Керування пристроями здійснюється за допомогою програмного забезпечення Cisco IOS та вебінтерфейсу Cisco Cluster Management Suite (CMS). Останній надає адміністратору можливість централізованого конфігурування кількох комутаторів Catalyst та проведення діагностики їхньої роботи через стандартний веббраузер [6].

Моделі Catalyst 2950, оснащені портами 10/100/1000 BaseT, забезпечують гігабітну швидкість передавання даних мідними кабелями, що робить їх оптимальним вибором для модернізації мережевої інфраструктури з Fast Ethernet до Gigabit Ethernet. Порти Gigabit Ethernet підтримують підключення через широкий спектр інтерфейсних конвертерів, зокрема Cisco GigaStack,

1000BaseT, 1000BaseSX, 1000BaseLX/LH та 1000BaseZX. Усі порти автоматично визначають швидкість передавання даних та дуплексний режим, сприяючи ефективному використанню пропускної здатності. Також реалізовано підтримку стандарту IEEE 802.1q [6].

1.6 Опис IP-телефонів

Компанія Cisco пропонує широкий спектр телефонних апаратів: від базових моделей цифрових IP-телефонів до спеціалізованих рішень для керівного складу та операторів кол-центрів з високим навантаженням (рис. 1.8).



Рисунок 1.8 - IP-телефони Cisco: моделі 7920, 7905G, 7912G, 7940G, 7960G з модулем розширення 7914, 7970G та бездротовий IP-телефон Cisco 7920

IP-телефони Cisco Systems належать до стандартних телекомунікаційних пристроїв нового покоління, що забезпечують передачу голосу за допомогою технології IP.

Архітектура IP-телефонів Cisco передбачає можливість масштабування функціоналу. Впровадження нових сервісів та можливостей здійснюється шляхом оновлення програмного забезпечення у флеш-пам'яті пристроїв.

Функції IP-телефонів

Нижче наведено перелік функціональних можливостей пристрою [4]:

Функції користувацького інтерфейсу:

- отримання повідомлень голосової пошти;
- перегляд журналу викликів (пропущені, вихідні та прийняті дзвінки);

- налаштування списку швидкого набору для часто використовуваних номерів;
- персоналізація параметрів пристрою, включаючи вибір типу сигналу виклику та регулювання контрастності дисплея.

Функції обробки викликів:

- повторний набір номера;
- визначення номера абонента (CLID);
- очікування виклику;
- утримання виклику;
- організація тристоронньої конференції.

Мережеві характеристики [4]:

- підтримка протоколів стиснення аудіо: G.711a, G.711u, G.729ab;
- Ethernet-з'єднання 10BASE-T через роз'єм RJ-45;
- конфігурація пристрою за допомогою протоколу передачі файлів (TFTP);
- автоматичне отримання мережевих параметрів через протокол динамічної конфігурації хостів (DHCP);
- виявлення голосової активності (VAD) та придушення фонового шуму під час пауз.

1.7 Налаштування VPN

З огляду на постійне зниження вартості інтернет-трафіку, використання дороговартісних виділених каналів зв'язку, що створюють залежність від єдиного оператора, втрачає економічну доцільність.

Технологія VPN забезпечує створення віртуальних каналів зв'язку (VPN-тунелів) через загальнодоступні мережі. Трафік, що циркулює між віддаленими офісами, підлягає обов'язковому шифруванню, що гарантує конфіденційність даних: перехоплена зломисниками інформація залишається недоступною без відповідних ключів дешифрування. Для кінцевих користувачів робота через VPN-тунелі є цілком прозорою; наприклад, співробітники територіально віддалених підрозділів отримують доступ до корпоративних ресурсів із такою ж зручністю, як і в межах власного офісу [7].

Впровадження технології Voice-over-IP (VoIP) дозволяє оптимізувати значні витрати на міжміський зв'язок між центральним офісом та представництвами. Використання спеціалізованих шлюзів Cisco для інтеграції голосових пакетів з офісних АТС у загальний IP-трафік забезпечує передачу голосу через мережу Інтернет, мінімізуючи використання послуг традиційних операторів зв'язку. Це рішення дозволяє об'єднати всі філії в єдину корпоративну мережу з підтримкою внутрішньої нумерації, що суттєво знижує комунікаційні витрати та підвищує ефективність взаємодії. Повна конвергенція мереж на базі шлюзів Cisco та існуючих АТС дає змогу реалізувати можливість здійснення VoIP-дзвінків як між офісами, так і між телефонними мережами різних міст [7].

При проектуванні системи інформаційної безпеки (СІБ) слід враховувати, що створення абсолютно захищеної інфраструктури є економічно недоцільним. Стратегія захисту повинна базуватися на аналізі актуальних загроз та оцінці ймовірності їх реалізації. Попри суб'єктивність експертних оцінок, такий підхід дозволяє сфокусувати ресурси на мінімізації критичних ризиків, забезпечуючи оптимальний баланс між безпекою та вартістю впровадження системи.

1.8 Методи захисту інформації

На основі аналізу актуальних загроз розробляється комплекс контрзаходів, що включає методи, інструментарій та стратегії протидії. Ця сукупність елементів формує політику інформаційної безпеки - фундаментальний нормативний документ, який регламентує діяльність системи інформаційної безпеки (СІБ). Політика безпеки визначає перелік загроз, вимоги до засобів захисту інформації, а також відповідні адміністративні процедури. Прикладом документа такого рівня є Доктрина інформаційної безпеки [8].

Побудова СІБ повинна починатися з забезпечення фізичної безпеки, оскільки недоліки на цьому рівні нівелюють ефективність будь-яких подальших заходів захисту. Надання зловмиснику фізичного доступу до компонентів системи критично підвищує ймовірність успішної реалізації загрози.

Шифрування - це процес математичного перетворення відкритої інформації у зашифрований вигляд, що забезпечує конфіденційність даних під

час їх зберігання або передачі. Для цих цілей застосовуються різноманітні алгоритми шифрування (наприклад, DES, IDEA, ГОСТ та інші) [8].

Електронний цифровий підпис (ЕЦП) використовується для автентифікації відправників та отримувачів інформації. Ці механізми базуються на використанні інфраструктури відкритих ключів. Додатково можуть впроваджуватися протоколи підтвердження, які забезпечують зворотне сповіщення відправника про успішне отримання даних адресатом [8].

Резервування та дублювання компонентів системи є критично важливими для мінімізації ризиків атак на відмову в обслуговуванні (DoS). Оскільки виведення системи з ладу може бути спричинене як цілеспрямованими діями, так і непередбачуваними інцидентами (технічні збої, відключення енергопостачання), резервування забезпечує безперервність бізнес-процесів через динамічне перемикання на дублюючі компоненти у разі виходу з ладу основних елементів інфраструктури [8].

2 ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ ТА ПЛАНУВАННЯ МЕРЕЖІ ІР-ТЕЛЕФОНІЇ

2.1 Структура мережі головного корпусу СумДУ

ІР-мережа охоплює всі рівні головного корпусу СумДУ (рис. 2.1), що забезпечує можливість інтеграції ІР-телефонії в будь-якому структурному підрозділі університету, а також використання персональних комп'ютерів для здійснення викликів засобами локальної обчислювальної мережі за протоколом ІР.

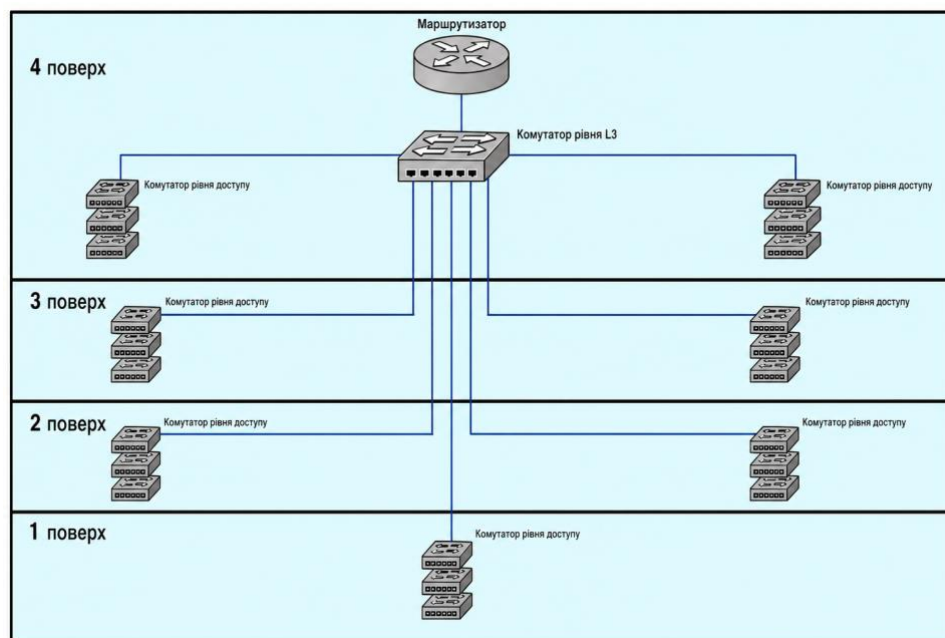


Рисунок 2.1 - Структура мережі головного корпусу СумДУ

Підключення ІР-терміналів здійснюється безпосередньо до портів комутаційного обладнання локальної мережі СумДУ.

2.2 Структура телефонної мережі СумДУ

У головному корпусі СумДУ експлуатується цифрова АТС типу ТОС-120 ємністю 180 абонентів (рис. 2.2) з виходом на міську телефонну мережу.

Система об'єднує три об'єкти (головний корпус, гуртожитки №1 та №3). Станом на поточний момент до мережі підключено 106 абонентів (табл. 2.1).

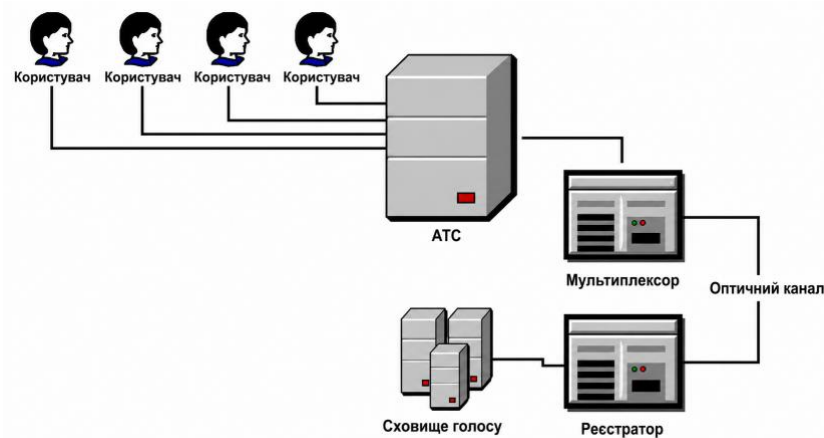


Рисунок 2.2 - Структура телефонної мережі СумДУ

Призначення: міська кінцева, опорно-транзитна АТС.

Технічні характеристики:

- цифрова якість зв'язку;
- оптимізація експлуатаційних витрат завдяки:
 - організації єдиного центру технічного обслуговування (ЦТО) з використанням цифрового інтерфейсу Е1 та мережевого протоколу TOS;
 - спрощеним процедурам конфігурації, реконфігурації, технічного обслуговування та ремонту;
 - функціонуванню в режимі цілодобового безперервного обслуговування;
- висока надійність та відмовостійкість системи, зумовлена модульною архітектурою: локалізація несправностей забезпечується наявністю в кожному модулі власної комутаційної системи з інтегрованим програмним забезпеченням для діагностики та обслуговування;
- уніфікація апаратної бази: використання двох типів комірок для створення АТС будь-якої конфігурації;
- абонентський комплект на 10 АЛ з можливістю масштабування кратно 10;
- підтримка прямого, віддаленого та транзитного підключення абонентів;

- пропускна здатність кожного базового модуля: 4 потоки Е1 для комутації абонентських ліній та 4 потоки Е1 для комутації зовнішніх каналів;
- надання повного спектра телекомунікаційних послуг для абонентів різних категорій;
- регулярне оновлення програмного забезпечення без додаткових витрат.

Ключові переваги:

- пряма інтеграція (без додаткового перетворення) із наявними АТС, що використовують різні протоколи сигналізації (ОКС №7, EDSS1, 2BCK, 1BCK);
- максимальна ефективність використання наявного обладнання за рахунок підтримки широкого спектра лінійних кодів (NRZ, AMI, HDB-3).

Таблиця 2.1 -Параметри станції ТОС 120

Характеристика	Значення
1. Максимальна абонентська ємність, АЛ	10 000
2. Максимальна лінійна ємність, СЛ	Необмежена
3. Питоме абонентське навантаження, Ерл	0,25
4. Питоме навантаження СЛ, Ерл	0,9
5. Продуктивність, дзвінків у ЧНН	120 000
6. Сигналізація	ОКС №7, EDSS1, 2BCK, 1BCK
7. Тип управління	Програмне, Intel 80C186
8. Питома споживана потужність, Вт/номер	0,7
9. Питомий об'єм обладнання, дм.куб./номер	0,2
10. Сфера застосування	Міські та приватні мережі зв'язку
11. Крок нарощування, АЛ	10
12. Мова програмування	C++, ASM
13. Функція почасового обліку з'єднань	Підтримується
14. Функція СОРМ	Підтримується
15. Додаткові види обслуговування	Підтримується
16. Напрацювання на відмову, годин	10 000
17. Розміри модуля, мм	482x266x185
18. Діапазон робочих температур, 0 С	від +5 до +40

Інфраструктура телефонної мережі університету включає наступні вузли: у будівлі інституту природничих наук функціонує міні-АТС LG GHX-46, яка забезпечує роботу 26 внутрішніх абонентів із доступом до міської телефонної мережі через 6 ліній, наданих філією ВАТ «Укртелеком». На факультеті іноземних мов експлуатується міні-АТС Siemens HiPath 3550, що обслуговує 17 внутрішніх абонентів та має вихід до міської мережі за допомогою 4 ліній.

Забезпечення безперебійного функціонування телефонної мережі СумДУ потребує регулярного моніторингу та технічного обслуговування обладнання й

абонентських ліній. З огляду на прогнозоване збільшення кількості абонентів, розглядається стратегія інтеграції телефонних станцій у єдину мережу на базі існуючої локальної обчислювальної мережі із впровадженням технології IP-телефонії.

2.3 Організація мережі IP-телефонії в СумДУ

В мережі СумДУ використовуються наступні пристрої:

- маршрутизатор Cisco 3845;
- модуль голосової пошти Cisco Unity Express;
- модуль VWIC-2MFT-E1 на 60 голосових каналів;
- IP-телефони Cisco;
- цифрова АТС.

Маршрутизатор Cisco 3845 інтегрується в локальну мережу за допомогою інтерфейсів Fast Ethernet, а також підключається до телефонної мережі загального користування (ТфОП) через інтерфейси E1. Пристрій виконує низку ключових функцій у межах телекомунікаційної інфраструктури [6]:

1. Функція шлюзу: маршрутизатор забезпечує взаємодію між офісною системою IP-телефонії та ТфОП. Використання цифрових сигнальних процесорів (DSP) дозволяє конвертувати голосовий трафік, що передається у формі IP-пакетів, у стандартний аналоговий формат для загальних телефонних мереж.

2. Функція комунікаційного сервера (Cisco Call Manager Express): пристрій здійснює керування встановленням з'єднань між IP-телефонами всередині офісу та із зовнішніми абонентами. Процес передбачає автоматичну реєстрацію терміналів на сервері після їх увімкнення, присвоєння внутрішніх номерів та застосування індивідуальних конфігурацій.

3. Функція сервера голосової пошти: для реалізації цього сервісу в шасі маршрутизатора інтегровано модуль Cisco Unity Express із накопичувачем для зберігання привітань і повідомлень. Ліцензійна угода передбачає підтримку до 100 користувачів голосової пошти. Також конфігурація включає десять аналогових портів FXS для підключення факсимільних апаратів та радіотелефонів.

На робочих місцях персоналу використовуються IP-телефони Cisco моделей 7960G та 7970G, що вирізняються розширеними дисплеями та збільшеною кількістю функціональних клавіш. Для оптимізації роботи секретаріату до моделей 7960G рекомендовано підключення конзолей розширення Cisco 7914. Мережева архітектура передбачає підключення комп'ютерів користувачів безпосередньо до додаткових портів Fast Ethernet на IP-телефонах, що забезпечує каскадне підключення до комутаторів локальної мережі. Гранична ємність системи Cisco Call Manager Express у цій конфігурації становить 240 абонентів.

На сьогодні інфраструктура корпусів іноземних мов та природничого інституту СумДУ базується на комутаторах Cisco Catalyst 2950. Об'єднання територіально розподілених корпусів з головним офісом СумДУ здійснюється через міський канал пропускною здатністю 100 Мбіт/с, що дозволяє реалізувати єдину корпоративну систему телефонного зв'язку.

2.4 Параметри якості мережі зв'язку

До ключових показників якості голосового зв'язку належать [7]:

- затримка сигналу: час, необхідний для передачі мовного повідомлення від одного абонента до іншого;
- якість голосового сигналу;
- втрата пакетів даних: кількість пакетів, що не були доставлені до отримувача.

Час затримки є критичним фактором якості зв'язку. Типові показники затримки варіюються в межах від 150 до 700 мс. Цей часовий інтервал обумовлений технологічним процесом передачі даних: проходженням аналогового сигналу телефонною лінією до шлюзу, його перетворенням у цифровий формат, передачею мережею у вигляді пакетів, подальшим декодуванням на шлюзі отримувача та трансляцією кінцевому абоненту [7].

Стабільна робота систем зв'язку в реальному часі безпосередньо залежить від мінімізації затримок. Дана особливість притаманна як інтернет-, так і IP-телефонії, проте в останній вона виражена меншою мірою. При затримках менше 250 мс відхилення є практично непомітними, що відповідає високому рівню якості та забезпечує умови для проведення ділових

переговорів. Показник затримки до 400 мс вважається прийнятним, попри незначне відставання сигналу. Значення 700 мс і вище характеризують якість зв'язку як низьку, хоча й допустиму для обмеженого використання.

3 ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ІР-ТЕЛЕФОНІЇ У ЛОКАЛЬНУ МЕРЕЖУ СУМДУ

3.1 Дослідження ринку та вибір рішень по ІР-телефонії

Технології ІР-телефонії наразі є невід'ємною частиною інфраструктури як приватних користувачів, так і корпоративного сектору. Інтеграція голосових та дата-сервісів у межах єдиної мережі значно оптимізує процеси адміністрування. Значний потенціал ринку зумовлений передусім економічною ефективністю: використання ІР-телефонії суттєво мінімізує витрати на міжміські та міжнародні комунікації. Згідно з прогнозами провідних аналітичних агенцій (Frost & Sullivan, Killen & Associates, IDC), ринок демонструє стабільне зростання, поступово витісняючи традиційні канали зв'язку.

Високий попит на ці технології стимулював розвиток мультисервісних мереж, що забезпечують одночасну передачу даних, оцифрованого голосу та відео. Одним із ключових напрямків застосування таких мереж є впровадження центрів телефонного обслуговування (Call-центрів).

Call-центр - це інтегрований програмно-апаратний комплекс, призначений для автоматизації обробки великих обсягів вхідних та вихідних дзвінків. В основі функціонування таких центрів лежать технології комп'ютерної телефонії (СТІ), що забезпечують консолідацію корпоративних інформаційних систем, баз даних та комунікаційної інфраструктури.

Для аналізу конкурентного середовища та оцінки ефективності доступних рішень доцільно розглянути базову архітектуру ІР-мережі:

1. Шлюз (Gateway): ключовий елемент, що забезпечує взаємодію між ІР-мережею та телефонною мережею загального користування. До функцій шлюзу належать оцифрування голосового сигналу, його кодування, стиснення та забезпечення доступу кінцевих користувачів. Якість зв'язку безпосередньо залежить від пропускної здатності та технічних параметрів шлюзу, зокрема швидкодії, алгоритмів стиснення та методів корекції втрачених пакетів.

2. Диспетчер (Gatekeeper): контролер, підключений до ІР-мережі, що відповідає за автентифікацію, авторизацію, маршрутизацію викликів та білінг.

Його функціонал може бути реалізований як окремим пристроєм, так і як програмний модуль у складі шлюзу.

3. Абонентський вузол: термінальне обладнання (програмне або апаратне), що забезпечує безпосередній доступ користувача до мережі.

Вибір оптимального рішення для підприємства має ґрунтуватися не лише на базових функціях, а й на додаткових можливостях та сервісах, що пропонуються виробником. На сьогодні впровадження систем ІР-телефонії здійснюється через один із двох стратегічних підходів:

- революційний: повна відмова від традиційної телефонії на користь суто локальної ІР-інфраструктури;
- еволюційний: збереження наявної інфраструктури з її поетапною модернізацією та інтеграцією нових елементів.

Вибір стратегії впровадження вимагає детального аналізу технічних вимог організації та зовнішніх умов для досягнення максимальної ефективності телекомунікаційної системи.

3.2 Огляд компаній, що представляють рішення ІР-телефонії

На ринку рішень ІР-телефонії корпоративного рівня можна виділити групу ключових гравців, чиї технологічні пропозиції сукупно задовольняють основний попит у цьому сегменті.

Компанія Avaya

Портфель рішень Avaya базується на телекомунікаційному сервері Definity, що є універсальною платформою як для впровадження корпоративних мереж зв'язку «з нуля», так і для модернізації наявної інфраструктури. Завдяки підтримці протоколу H.323, архітектура на базі Definity забезпечує сумісність із обладнанням сторонніх виробників, що сприяє ефективній інтеграції систем передачі голосу та даних.

Рішення Avaya в сегменті ІР-телефонії класифікуються за двома напрямками:

- Definity Trunk: організація приватних мереж зв'язку на базі мереж передачі даних за стандартом H.323;

- Definity IP-абонент: передача голосу через IP-мережу від термінального пристрою до станції.

Абонентський доступ підтримується як через апаратні засоби (IP-телефони Avaya), так і через програмні рішення (IP SoftPhone та CentreVu IP Agent).

Використання сервера Definity надає повний спектр функціональних можливостей корпоративного зв'язку, включно з голосовою поштою, системами оповіщення та моніторингом мережі. Важливою перевагою є управління якістю обслуговування (QoS) у межах мережевих доменів. Система дозволяє налаштовувати критичні параметри якості (затримки, втрати пакетів) та застосовувати механізми DiffServ, пріоритезацію трафіку й алгоритми обходу IP-транку за умов деградації параметрів каналу зв'язку.

Крім того, компанія пропонує рішення ECLIPS, призначене для масштабованих систем зв'язку - від малих офісів до великих організацій. Воно забезпечує конвергенцію традиційних телефонних мереж та IP-інфраструктури в єдину екосистему. Можливість безшовного масштабування на базі ECLIPS дозволяє суттєво оптимізувати капітальні та операційні витрати на розвиток корпоративної мережі.

Висока сумісність рішень Avaya з обладнанням інших постачальників забезпечує компанії вагомі конкурентні переваги. Порівнюючи протоколи H.323 та SIP, слід зазначити, що, попри простоту SIP, протокол H.323 демонструє вищу функціональність та є стандартом де-факто для складних мереж глобального рівня.

Підсумовуючи, впровадження рішень Avaya є найбільш доцільним для організацій, які потребують розгортання високонадійних мереж зв'язку з розширеними функціональними можливостями, паралельно з існуючою телефонною інфраструктурою.

Компанія 3COM

Компанія 3Com виводить на ринок два комплексні рішення у сфері IP-телефонії: офісну систему 3Com NBX 100 Communication System та високоефективну платформу SuperStack 3 NBX Networked Telephony Solution.

Ключовою особливістю цих рішень є їхня реалізація на базі принципів Ethernet-телефонії. Ідентифікація абонентів у мережі здійснюється за

фізичними MAC-адресами пристроїв, а не за IP-адресами. Такий підхід оптимізує процедуру встановлення з'єднань та знижує вимоги до продуктивності апаратної частини. Оскільки взаємодія між терміналами та комутаційним сервером реалізована через власний протокол 3Com, використання стандарту H.323 не є обов'язковим, проте він залишається доступним завдяки застосуванню програмних шлюзів для інтеграції зі стороннім обладнанням.

Система NBX 100 розроблена для підприємств малого та середнього бізнесу та характеризується оптимальним співвідношенням ціни та функціональності. Архітектура рішення складається з центрального комутаційного блока, що підтримує до 200 ліній, та абонентських терміналів - спеціалізованих Ethernet-телефонів 3Com або програмного додатка NBX PC Telephone. Система підтримує концепцію plug-and-play: комунікаційний сервер автоматично ініціалізує нові пристрої при підключенні до локальної мережі, що значно спрощує адміністрування та не потребує залучення вузькопрофільних фахівців.

Модель SuperStack 3 NBX являє собою масштабоване рішення, розраховане на роботу з мережами до 750 ліній (із них до 600 внутрішніх). Платформа забезпечує розширений функціонал, включаючи універсальну систему обміну повідомленнями (Unified Messaging), інтерактивні засоби автовідповідача та сповіщення про виклики.

Стратегія 3Com спрямована на комплексну модернізацію корпоративної телефонії шляхом повної заміни застарілої інфраструктури на сучасні телекомунікаційні рішення компанії. Даний підхід дозволяє підприємствам малого та середнього бізнесу забезпечити швидке повернення інвестицій та отримати доступ до широкого спектра сучасних сервісів зв'язку.

Компанія Cisco

Компанія Cisco пропонує комплексне рішення для побудови мультисервісних мереж, реалізоване на базі уніфікованої архітектури AVVID (Architecture for Voice, Video and Integrated Data). Даний підхід забезпечує системну інтеграцію телекомунікаційних послуг у межах єдиного інформаційного простору корпоративної мережі.

Архітектура рішення включає такі ключові компоненти:

- центри управління та контролю з'єднань;
- IP-маршрутизатори з функціоналом VoIP-шлюзів;
- сервери додатків для надання розширених користувацьких сервісів.

Фундаментом системи є масштабована платформа Cisco Call Manager, яка підтримує побудову корпоративних телефонних мереж обсягом від одного до десяти мільйонів абонентів (у розподілених конфігураціях) із використанням єдиного плану нумерації. Гнучкість архітектури дозволяє здійснювати поетапне масштабування: від базових систем на 10 користувачів до великих кластерних рішень на 2500 і більше абонентів.

Використання відкритих стандартів забезпечує сумісність Cisco Call Manager як із традиційними АТС, так і з програмним забезпеченням сторонніх розробників. Інтеграція платформи в корпоративну мережу надає користувачам доступ до внутрішніх баз даних та корпоративних ресурсів, а також можливість розробки індивідуальних додатків для IP-телефонів.

Окрім базового функціоналу УАТС, портфель рішень Cisco в межах стратегії конвергенції голосу, відео та даних включає:

- IP IVR та IP Interactive Voice Response — системи інтерактивної обробки вхідних дзвінків;
- IP AA - автоматизовані консолі;
- Unity - система уніфікованої обробки повідомлень;
- uOne - система управління директоріями та універсальна поштова скринька;
- IP Contact Center - засіб інтелектуальної обробки дзвінків у розподілених мережах.

Для підвищення ефективності та спрощення обслуговування мультисервісних мереж Cisco впроваджує стандарт SIP. Водночас актуальним залишається питання забезпечення сумісності з платформами, що базуються на стандарті H.323, поширеність якого зумовлює специфіку інтеграції комплексних рішень Cisco у глобальні мережі.

Рішення на базі AVVID є оптимальним вибором для підприємств, що здійснюють створення телекомунікаційної інфраструктури «з нуля» або планують її масштабну модернізацію, оскільки вони забезпечують високу ефективність експлуатації без необхідності залучення додаткових програмно-апаратних засобів.

3.3 Аналіз та вибір IP-провайдера

Опис архітектури мережі: маршрутизатор Cisco 3845 інтегрується в локальну мережу за допомогою інтерфейсів Fast Ethernet та підключається до телефонної мережі через інтерфейси E1 із використанням цифрової АТС СумДУ. Реалізація мережевої взаємодії передбачає налаштування каналу зв'язку між маршрутизатором Cisco 3845 та шлюзом оператора телекомунікаційних послуг (рис. 3.1).

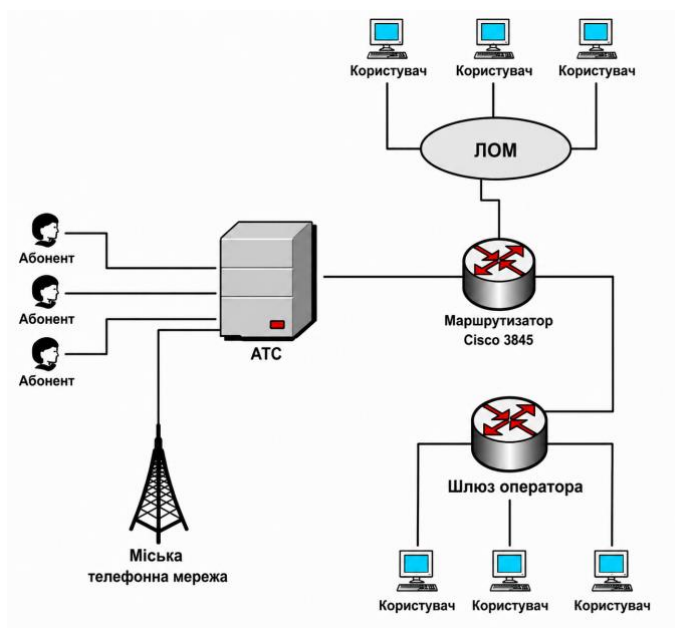


Рисунок 3.1 - Мережа передачі голосу за протоколом IP на базі локальної обчислювальної мережі та ЦАТС СумДУ

Маршрутизатор Cisco 3845 виконує низку ключових функцій у структурі мережі. По-перше, пристрій функціонує як шлюз, забезпечуючи інтеграцію корпоративної системи IP-телефонії з мережею загального користування. Трансляція голосового трафіку з IP-пакетів у формати, сумісні з традиційними телефонними мережами, здійснюється за допомогою спеціалізованих процесорів обробки сигналів (DSP-кодеків) [6].

По-друге, маршрутизатор забезпечує роботу комунікаційного сервера Cisco Call Manager Express, який відповідає за маршрутизацію викликів як між внутрішніми IP-абонентами, так і з зовнішніми мережами. Процес реєстрації

терміналів, призначення індивідуальних номерів та ініціація з'єднань реалізуються через цей сервер.

По-третє, Cisco 3845 виконує роль сервера голосової пошти завдяки встановленому модулю Cisco Unity Express, що оснащений накопичувачем для зберігання привітань та повідомлень. Відповідна ліцензійна конфігурація розрахована на підтримку до 100 користувачів [6].

Для забезпечення робочих процесів використовуються IP-телефони Cisco моделей 7960G та 7970G, що вирізняються розширеними функціональними можливостями та збільшеними дисплеями. Для оптимізації роботи секретаріату до моделей 7960G передбачено підключення блоків розширення Cisco 7914. Мережева інфраструктура побудована за принципом послідовного підключення комп'ютерів через додаткові порти Fast Ethernet в IP-телефонах, що мінімізує навантаження на комутатори локальної мережі. Максимальна ємність системи для даної конфігурації становить 240 абонентських пристроїв [5].

Реалізація цієї схеми забезпечує можливість здійснення викликів за IP-протоколом з будь-якого робочого місця в межах локальної обчислювальної мережі. При цьому інтеграція з операторами зв'язку м. Суми дозволяє забезпечити доступ до міжміського та міжнародного телефонного зв'язку, попри обмежену економічну ефективність використання місцевих операторських ресурсів.

Система розгорнута на базі інфраструктури СумДУ з використанням послуг місцевого оператора IP-телефонії.

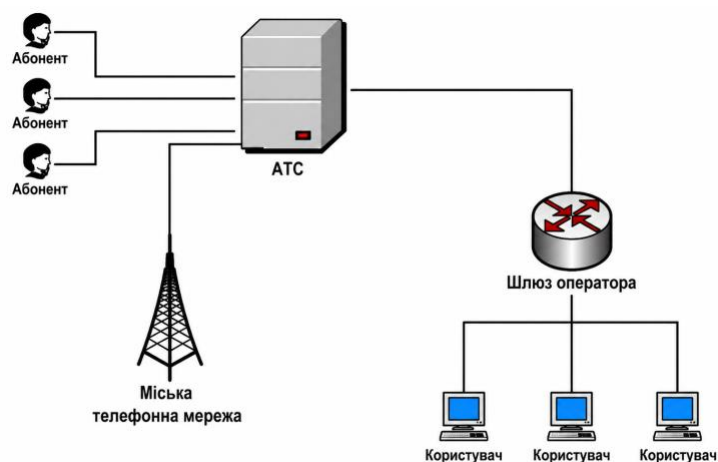


Рисунок 3.2 - Структура телефонної мережі СумДУ з підключеною послугою IP-телефонії

Запропонована схема підключення передбачає внесення абонентських номерів Сумського державного університету до бази даних оператора зв'язку, а також надання доступу до міжміського та міжнародного телефонного зв'язку за протоколом IP (рис. 3.2).

Реалізація цієї схеми базується на укладанні договору про надання послуг IP-телефонії між оператором зв'язку та СумДУ.

Варто зазначити, що дана конфігурація обмежує можливість здійснення дзвінків виключно для телефонних апаратів, підключених до цифрової АТС університету, і не дозволяє використовувати IP-мережу СумДУ для міжміських та міжнародних викликів.

Організація мережі передачі голосового трафіку за протоколом IP із залученням міського оператора зв'язку.

Перелік обраного обладнання:

- маршрутизатор Cisco 3845;
- модуль VWIC-2MFT-E1 (на 60 голосових каналів);
- IP-телефони Cisco;
- цифрова АТС СумДУ.

Маршрутизатор Cisco 3845 інтегрується в локальну мережу за допомогою інтерфейсів Fast Ethernet, а також приєднується до телефонної мережі через інтерфейси E1 за допомогою цифрової АТС СумДУ. Налаштування передбачає встановлення з'єднання між маршрутизатором Cisco 3845 та шлюзом оператора зв'язку (рис. 3.3).

Маршрутизатор Cisco 3845 виконує функцію шлюзу, забезпечуючи взаємодію між корпоративною системою IP-телефонії та зовнішньою телефонною мережею. Пристрій здійснює конвертацію голосового трафіку, що передається в IP-мережі у вигляді пакетів даних, у формат традиційних телефонних мереж загального користування. Для виконання зазначеної процедури перетворення використовуються спеціалізовані сигнальні процесори (DSP-кодеки).

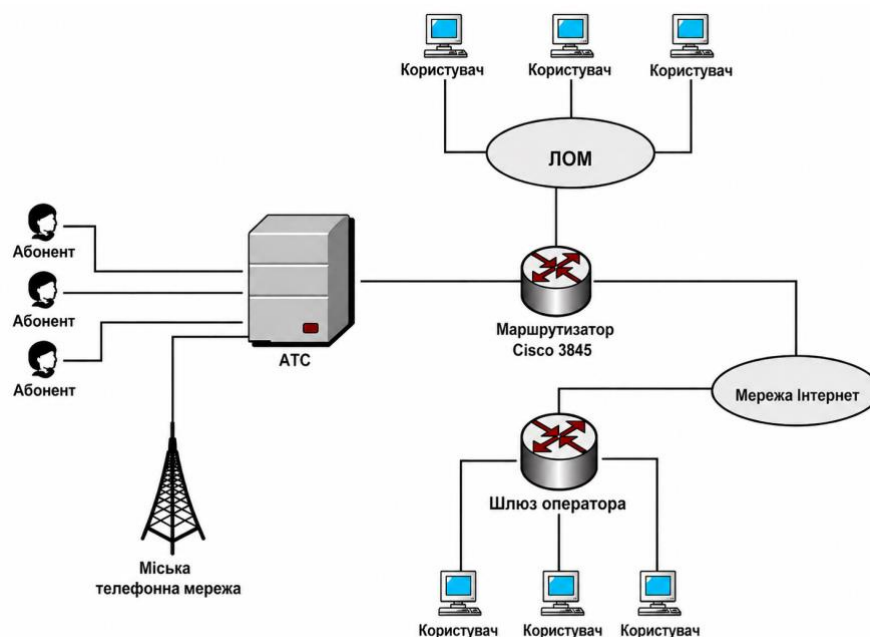


Рисунок 3.3 - Мережа передачі голосу за IP-протоколом на базі локальної обчислювальної мережі та ЦАТС СумДУ

Другою функцією маршрутизатора є роль комунікаційного сервера Cisco Call Manager Express. Цей сервер забезпечує керування з'єднаннями як між внутрішніми IP-телефонами, так і із зовнішніми абонентами. Процес ініціалізації телефону передбачає автоматичну реєстрацію пристрою на сервері, отримання персонального номера та завантаження індивідуальних конфігурацій, після чого пристрій стає готовим до здійснення викликів через комунікаційний сервер [6].

Третьою функцією маршрутизатора Cisco 3845 є реалізація сервера голосової пошти. Для цього в шасі пристрою інтегровано модуль Cisco Unity Express, оснащений накопичувачем для зберігання голосових повідомлень та привітань. Ліцензійна угода передбачає підтримку до 100 користувачів послуг голосової пошти. Крім того, маршрутизатор обладнаний десятьма аналоговими портами FXS для підключення факсимільних апаратів та радіотелефонів [6].

Робочі місця користувачів оснащуються IP-телефонами Cisco моделей 7960G/7970G, які вирізняються збільшеним дисплеєм та розширеним набором функціональних клавіш. Для оптимізації роботи секретаріату до телефонів Cisco 7960G передбачено підключення блоків розширення Cisco 7914. Взаємодія телефонів з мережею здійснюється через інтерфейси Fast Ethernet. Архітектура мережі передбачає підключення комп'ютерів через додатковий

порт Fast Ethernet на IP-телефонах, що мінімізує навантаження на порти комутаторів ЛОМ. Поточна конфігурація Cisco Call Manager Express підтримує до 240 IP-телефонів [4].

Запропонована схема організації IP-телефонії забезпечує можливість здійснення викликів за IP-протоколом з будь-якого комп'ютера чи IP-телефону мережі, а також з номерів АТС СумДУ. Використання послуг операторів міста Суми дозволяє суттєво оптимізувати витрати на міжміський та міжнародний зв'язок.

3.4 Управління з Cisco Call Manager

Cisco CallManager є центральним компонентом управління в архітектурі рішень Cisco IP-телефонії. Це програмний комплекс, призначений для контролю встановлення телефонних з'єднань, який забезпечує виконання широкого спектра функцій, зокрема [5]:

- адміністрування системи IP-телефонії: налаштування та управління через інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс. Функціонал включає конфігурацію IP-телефонів, шлюзів та номерного плану, а також збір і аналіз статистичних даних про роботу системи (з можливістю централізованого віддаленого керування);
- розширені сервіси для користувачів: підтримка корпоративних функцій, таких як організація аудіоконференцій та інтеграція з директоріями абонентів на основі протоколу LDAP;
- інтеграція з прикладним програмним забезпеченням: взаємодія із системами голосової пошти та уніфікованої обробки повідомлень (Unified Messaging).

3.5 Модуль Cisco Unity Express

Модуль Cisco Unity Express (рис. 3.4) забезпечує економічно ефективну інтеграцію сервісів голосової пошти та автоматичного секретаря в діючу інфраструктуру телефонії (рис. 3.5). Дане рішення інтегрується безпосередньо в маршрутизатори Cisco, характеризуючись низькою сукупною вартістю володіння (ТСО).



Рисунок 3.4 - Модуль голосової пошти Cisco Unity Express

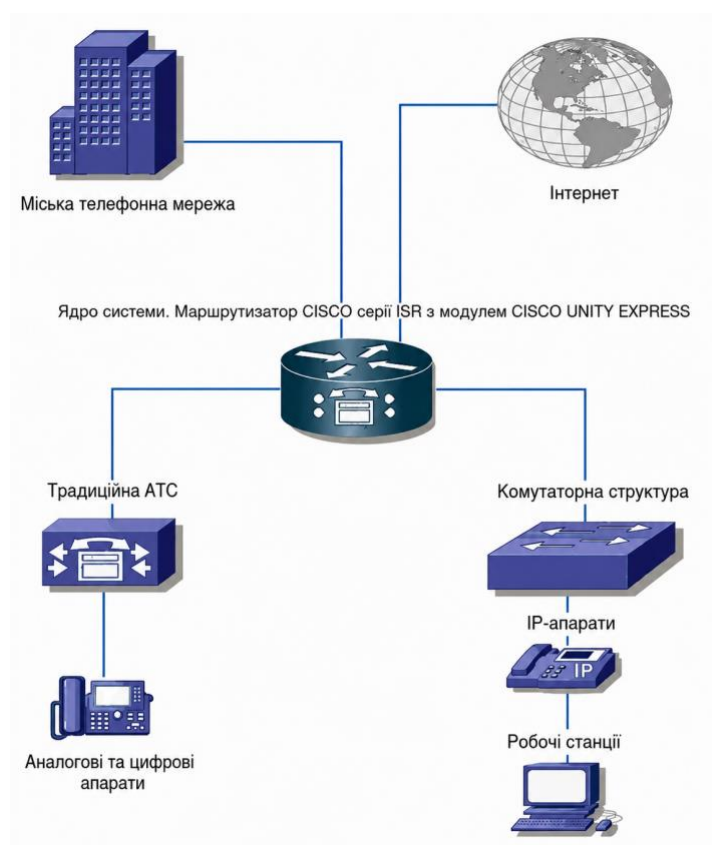


Рисунок 3.5 - Схема інтеграції з корпоративною структурою та існуючою телефонною системою

Cisco Unity Express пропонує наступні переваги:

- комплексний функціонал: надання послуг голосової пошти, привітань та автосекретаря сприяє підвищенню якості обслуговування клієнтів та оптимізації продуктивності персоналу завдяки ефективному використанню засобів голосового зв'язку;
- зручність керування: інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для користувачів голосової пошти та графічний редактор для налаштування системи автосекретаря;

- масштабованість: підтримка від 4 до 16 одночасних сесій голосової пошти або автосекретаря, а також можливість створення від 12 до 250 поштових скриньок;
- гнучкість інтеграції: можливість адаптивного розгортання та повної інтеграції з платформами Cisco Unified CallManager Express, Cisco Unified CallManager, а також із традиційними системами голосового зв'язку (АТС).

3.6 Модуль Cisco Systems VWIC-2MFT-E1

Інтерфейсна карта VWIC-2MFT-E1 (рис. 3.6) забезпечує підтримку голосових додатків, сервісів передачі даних та інтегрованих рішень (голос/дані). Впроваджена технологія Multiflex сприяє ефективній міграції мережевої інфраструктури Cisco до уніфікованих інтегрованих систем із використанням технологій пакетної передачі голосу та даних, що дозволяє оптимізувати витрати на розгортання, адміністрування та експлуатацію мереж.

Даний модуль призначений для інтеграції АТС СумДУ з маршрутизатором Cisco 3845 через інтерфейс E1, що забезпечує передачу викликів від АТС через маршрутизатор до мереж міжміського зв'язку.



Рисунок 3.6 - Модуль Cisco Systems VWIC-2MFT-E1 на 60 голосових каналів

3.7. Підключення цифрової АТС СумДУ до маршрутизатора

Маршрутизатор Cisco 3845 підключається до локальної мережі за допомогою інтерфейсів Fast Ethernet, а до АТС ТОС-120 - через інтерфейси E1 (рис. 3.7). Це технічне рішення дозволяє здійснити перехід АТС СумДУ на технологію IP-телефонії, інтегрувавши в єдину мережу весь телефонний фонд Сумського державного університету (рис. 3.8).

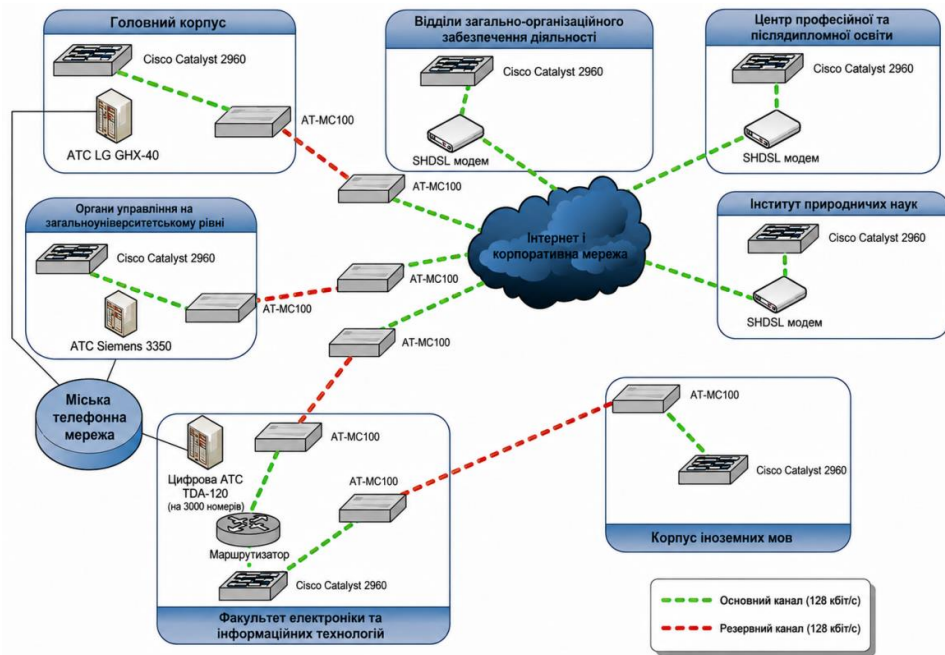


Рисунок 3.7 - Структура мережі СумДУ з використанням технології IP-телефонії

Впровадження IP-телефонії забезпечило об'єднання телефонних станцій інституту природничих наук, корпусу іноземних мов та головного корпусу СумДУ в єдину мережеву інфраструктуру на базі існуючої локальної обчислювальної мережі.

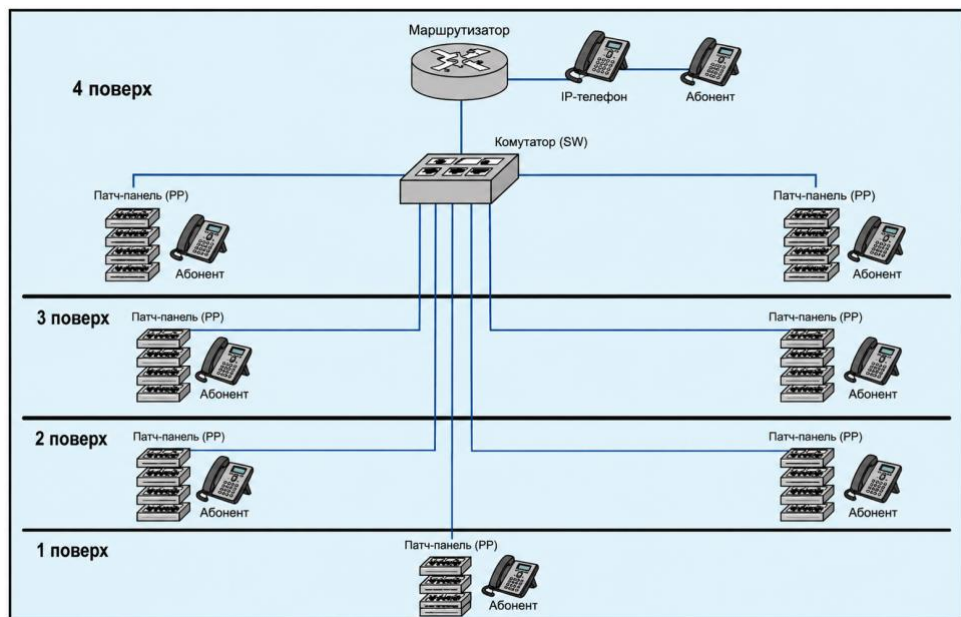


Рисунок 3.8 - Структура мережі головного корпусу СумДУ з технологією IP-телефонії

Архітектура IP-мереж характеризується високим рівнем складності. Ключовими елементами інфраструктури інтернет-телефонії є спеціалізовані шлюзи (Gateways) або IP-сервери, які забезпечують конвергенцію між традиційними телефонними мережами та IP-мережами. В межах шлюзу здійснюється перетворення аналогових сигналів у цифрові пакети даних та навпаки. Функціонал шлюзу також передбачає вибір оптимального маршруту до віддаленого шлюзу, розташованого максимально близько до кінцевого абонента, та опрацювання запитів від користувачів, що ініціюють з'єднання.

Важливою складовою частиною мережі є контролер (GateKeeper), який виконує функції адміністративного модуля. Він забезпечує координацію взаємодії між шлюзами, визначає ефективні маршрути передачі сигналів, здійснює моніторинг інфраструктури, адміністрування системи та управління процесами білінгу.

Білінгова система відповідає за автентифікацію абонентів шляхом перевірки персональних ідентифікаторів та паролів. До її функціональних обов'язків також входить ведення деталізованих баз даних усіх сеансів зв'язку, облік їхньої тривалості, контроль стану балансу особових рахунків та автоматичне списання коштів за надані послуги. Крім того, система забезпечує регулювання взаєморозрахунків між клієнтами та провайдером послуг IP-телефонії.

3.8 Обробка звукового сигналу

Функціонування IP-телефонії ґрунтується на двох ключових процесах: перетворенні двостороннього аналогового мовленнєвого сигналу у цифровий формат за допомогою кодеків та подальшій інкапсуляції даних у пакети для їх передачі через IP-мережі. Специфіка передачі голосової інформації в IP-середовищі потребує використання спеціалізованих систем обробки пакетів, що зумовлено принциповими відмінностями від традиційної телефонії. У класичних мережах зв'язку між абонентами встановлюється виділений електричний ланцюг, що гарантує стабільну пропускну здатність каналу під час сеансу [8].

Натомість IP-мережа функціонує на принципах пакетної комутації та маршрутизації, не гарантуючи фіксованого шляху передачі даних між кінцевими точками. Будь-яка інформація (голосові дані, текст або зображення) сегментується на окремі пакети, кожен з яких містить адресні дані отримувача та порядковий номер. Мережеві вузли здійснюють маршрутизацію цих пакетів до пункту призначення, де на основі порядкових номерів відбувається відновлення цілісної структури даних. На відміну від сервісів, чутливих лише до цілісності даних (наприклад, електронної пошти), IP-телефонія критично залежить від часових інтервалів та послідовності надходження пакетів. Забезпечення необхідної динаміки передачі сигналу досягається завдяки застосуванню сучасних методів кодування та спеціалізованих протоколів, таких як SIP, що гарантують стабільність телефонного з'єднання в межах IP-інфраструктури [8].

3.9 Налаштування Cisco CallManager

Після встановлення Cisco CallManager необхідно виконати його початкове налаштування. Доступ до інтерфейсу керування здійснюється через веб-браузер за адресою <https://localhost/CCMAdmin/> (використання протоколу HTTPS є обов'язковим). Після авторизації в системі слід виконати наступні кроки [9]:

1. Конфігурація сервера (System – Server):

- виберіть існуючий сервер або створіть новий, вказавши наступні параметри:

- Host Name/IP Address: ім'я хоста (за умови належного налаштування DNS-сервера) або IP-адреса;

- MAC Address: MAC-адреса мережевого адаптера сервера. Рекомендується заповнити для однозначної ідентифікації сервера в інфраструктурі;

- Description: опис сервера.

2. Налаштування Cisco CallManager (System – CallManager):

- Cisco CallManager Server: вибір сервера, на якому встановлено екземпляр Cisco CallManager;

- Cisco CallManager Name: назва екземпляра системи;

- Description: опис екземпляра;
- Starting/Ending Directory Number: діапазон номерів для автоматичної реєстрації пристроїв. Встановлення однакових значень вимикає функцію автореєстрації;
- Partition: вибір розділу для групування номерів (якщо застосовується);
- External Phone Number Mask: маска для зовнішніх номерів. Формат «80542XXXXXX» дозволяє автоматично підставляти номер пристрою замість символів «X»;
- Auto-registration Disabled on this Cisco CallManager: за замовчуванням опція вимкнена з міркувань безпеки; для активації слід зняти відповідну позначку;
- порти (Ethernet, Digital, Analog, MGCP): налаштування портів для зв'язку з обладнанням (за замовчуванням 2000, 2001, 2002, 2427, 2428 відповідно). У разі конфлікту портів використовуйте вільні значення з діапазону 1024–49151.

3. Групи Cisco CallManager (System – Cisco CallManager Group):

- Cisco CallManager Group: назва групи;
- Auto-registration Cisco CallManager Group: призначення групи для використання за замовчуванням під час автореєстрації;
- Available/Selected Cisco CallManagers: розподіл серверів за групами.

4. Параметри дати та часу (System – Date/Time Group):

- Group Name: назва групи;
- Time Zone: часовий пояс;
- Separator, Date/Time Format: налаштування відображення дати й часу.

5. Конфігурація DHCP: переконайтеся, що на DHCP-сервері активовано опцію 66 (TFTP-сервер), необхідну для завантаження налаштувань та мікропрограм IP-телефонами.

6. Верифікація підключення: після підключення IP-телефона перевірте отримання мережевих параметрів (наприклад, через розділ «Network Settings» у меню пристрою). Переконайтеся, що в мережі відсутні конфліктуючі DHCP-сервери. При коректному налаштуванні та увімкненій автореєстрації пристрій відобразиться у списку доступних пристроїв в інтерфейсі Cisco CallManager. Детальну інформацію щодо налаштування Cisco 3845 наведено в Додатку 4.

3.10 Види з'єднань в IP-телефонії

З'єднання комп'ютер - телефон

Це один із найпоширеніших способів з'єднання для здійснення телефонного зв'язку з використанням інтернет-телефонії. Для цього комп'ютер оснащується мультимедійним набором. Комп'ютер повинен бути підключений до провайдера IP-телефонії та мати вихід в Інтернет. Цей спосіб зв'язку, мабуть, є найдешевшим із усіх існуючих. На комп'ютері встановлюється необхідне програмне забезпечення. Це такі програми, як Internet Phone, WebPhone, PG Phone, Net2Phone. Процедура інсталяції таких програм проста, а ось процедура налаштування вимагає великої точності та акуратності [10].

З'єднання телефон – телефон

Це з'єднання дозволяє здійснити дзвінок з телефонного апарату на звичайний телефонний апарат, скажімо, що знаходиться в іншій країні світу, через Інтернет. При цьому не потрібно мати ніякого спеціального обладнання – лише звичайний телефон з тональним набором. Для цього достатньо набрати телефонний номер шлюзу, дочекатися голосового привітання системи та перевести ваш телефон у тональний режим набору (як правило, це клавіша «зірочка»). Далі слід набрати ідентифікаційний номер. Після відповіді системи вводиться: код країни, код зони, номер абонента. Якщо номер абонента набрано правильно, то система, як правило, повідомляє вам залишок на вашому особовому рахунку. Після завершення розмови система білінгу вирахує з рахунку вартість розмови [10].

З'єднання телефон – комп'ютер

Це з'єднання дозволяє додзвонитися до абонента в той час, коли він працює в мережі Інтернет. Для цього на телефонній станції встановлюється переадресація дзвінка на сервер IP-телефонії у разі сигналу «зайнято». Як тільки дзвінок потрапить на сервер IP-телефонії, у необхідному шлюзі відбудеться переробка сигналу в цифрові пакети, які через мережу Інтернет надійдуть на комп'ютер того абонента, з яким ви хотіли б поспілкуватися. У ту ж секунду абонент отримає звуковий сигнал про те, що його викликають на телефонну розмову. Аналогічним чином можуть бути здійснені й інші з'єднання, наприклад, між двома комп'ютерами [10].

З'єднання Web-телефон

Зараз існує хороша перспектива розвитку такого виду зв'язку, як Web-телефон. Це може виявитися дуже зручним для тих людей, які для свого бізнесу часто користуються різними рекламними сайтами в Інтернеті. За допомогою цього виду зв'язку ви, наприклад, зможете зателефонувати агенту тієї чи іншої фірми, що вас цікавить, прямо зі сторінки Інтернет-сайту, на якому представлена продукція або послуги даної фірми. Це дозволить не тільки скоротити витрати на телефонні переговори, але й істотно заощадити власний час [10].

Виходячи з перерахованих вище параметрів, необхідних для забезпечення якісного зв'язку абонентів, обрано оператора SIPNET для організації IP-телефонії в Сумському державному університеті, використовуючи цифрову АТС та локальну обчислювальну мережу СумДУ, побудовану на маршрутизаторі Cisco 3845.

3.11 Вибір операторів IP-телефонії

На основі аналізу українського ринку бізнес-комунікацій та віртуальних АТС було обрано 4 найпопулярніших операторів IP-телефонії в Україні: Binotel, Phonet, UniTalk та Ringostat. Аналіз показників вказаних операторів представлено на рис. 3.9–3.12.

Особливості обраних операторів IP-телефонії:

- Binotel - беззаперечний лідер ринку за кількістю підключених компаній в Україні. Сервіс здобув популярність завдяки максимальній простоті впровадження, зрозумілому інтерфейсу та готовій екосистемі продуктів (GetCall, Wire, CRM). *Особливості:* величезна база готових інтеграцій із популярними CRM, надійна та швидка техпідтримка, стабільна інфраструктура. Ідеально підходить для компаній будь-якого масштабу, які хочуть запустити телефонію «з коробки» [13];

- Phonet - один із найстабільніших і найдосвідченіших гравців, що пропонує просунуту віртуальну АТС для автоматизації продажів та контролю співробітників. *Особливості:* зручні віджети для сайтів, глибока аналітика пропущених дзвінків, лояльна цінова політика для малого та середнього бізнесу, а також функціонал мобільної АТС (Phonet Mobile) [14];

- UniTalk - технологічний та гнучкий оператор (колишній Nextel), який робить ставку на кастомізацію, складні сценарії переадресації та розгалужену інфраструктуру. *Особливості:* наявність потужного конструктора голосових меню (IVR), інструментів IP-колтрекінгу, автообдзвону та великої кількості варіантів оплати й гнучких тарифів під специфічні завдання [15];

- Ringostat - преміальний сервіс, що позиціонується не просто як хмарна АТС, а як потужна платформа наскрізної аналітики та колтрекінгу, інтегрована з маркетинговими інструментами. *Особливості:* складна аналітика реклами (ефективність ключових слів, контексту), висока якість зв'язку, інтеграція з Google Analytics. Вартість послуг вища, але повністю виправдана для e-commerce та компаній з великими бюджетами на маркетинг [16].

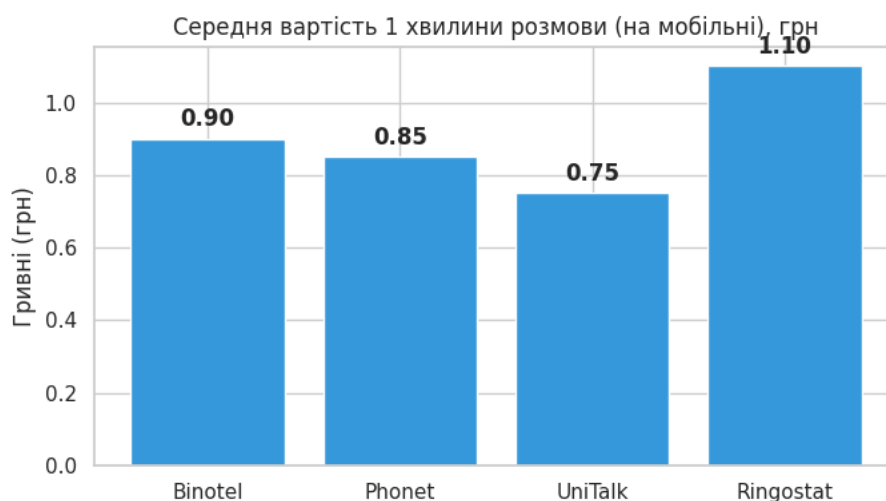


Рисунок 3.9 - Графік аналізу операторів залежно від вартості 1 хвилини розмови в м. Суми

Вартість вихідних дзвінків на мобільні номери України варіюється залежно від оператора та обраного тарифного пакета (наведено середні базові значення без урахування пакетних знижок). З рис. 3.9 видно що найбільш вигідні базові тарифи за хвилину розмови пропонує UniTalk, тоді як Ringostat має вищу вартість через фокус на преміум-сегмент та бізнес-аналітику.

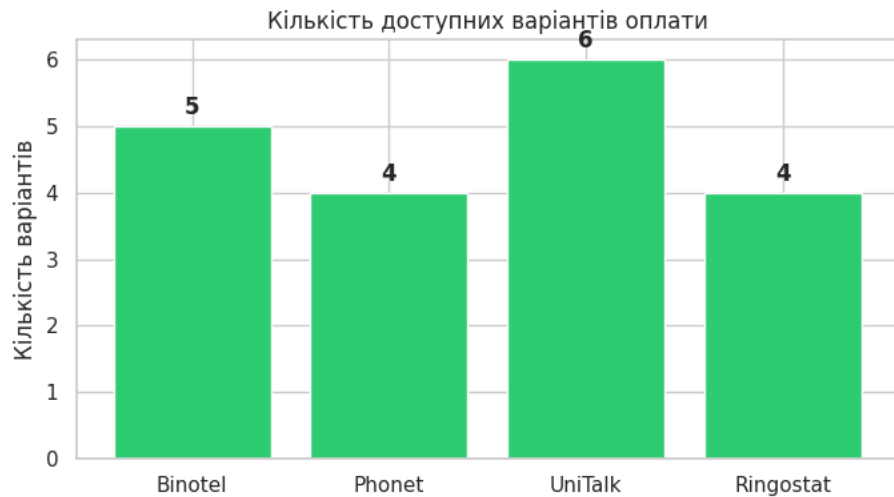


Рисунок 3.10 - Графік аналізу операторів залежно від кількості варіантів оплати за розмови

З рис. 3.10 показує що оператор UniTalk надає максимальну гнучкість у методах розрахунку, підтримуючи як класичні банківські інструменти, так і сучасні онлайн-платформи розрахунків.

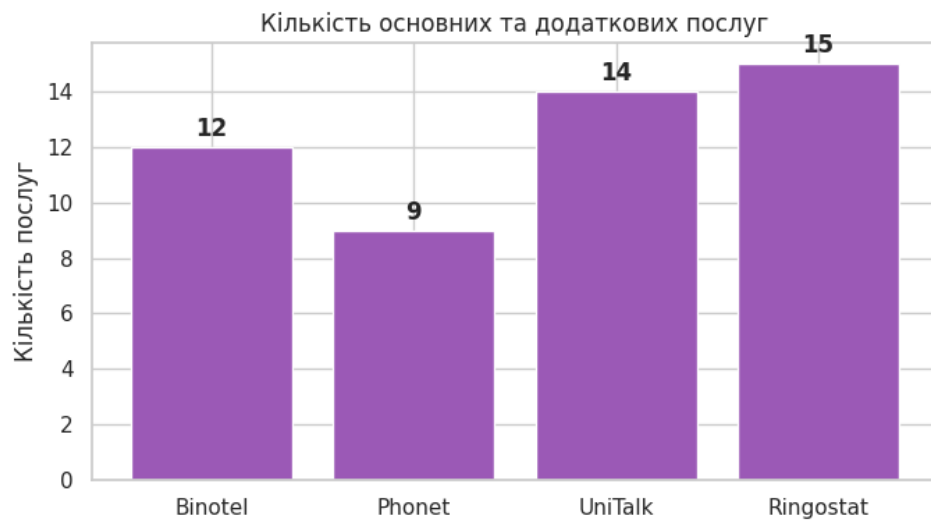


Рисунок 3.11 - Графік аналізу операторів залежно від повноти сервісу надання послуг

По кількості послуг Ringostat та UniTalk є лідерами за функціональним розмаїттям завдяки глибокій інтеграції маркетингових та аналітичних інструментів у свої системи.

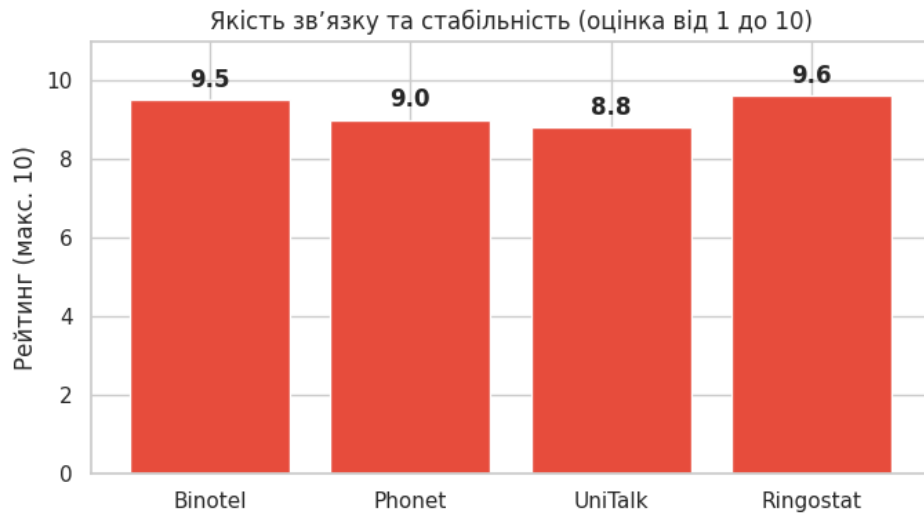


Рисунок 3.12 - Графік аналізу операторів залежно від якості каналів зв'язку

З рис. 3.12 можна зробити висновок, що усі чотири оператори демонструють високі показники (понад 8.5 балів), проте Ringostat та Binotel утримують лідерство завдяки дубльованій георозподіленій інфраструктурі та жорстким стандартам SLA. За результатами проведеного аналізу як оператора послуг зв'язку було обрано компанію UniTalk.

3.12 Принципи роботи оператора UniTalk

Комп'ютер або SIP-пристрій здійснює перетворення голосового сигналу на цифрові пакети та спрямовує виклик через мережу Інтернет до найближчого сервера інтернет-телефонії, який забезпечує подальшу маршрутизацію відповідно до набраного номера.

У разі здійснення дзвінка на номер міської або мобільної мережі пакет даних передається через Інтернет на сервер, територіально наближений до абонента, після чого через спеціалізований сервер-шлюз (вузол термінації) трансформується у голосовий сигнал і спрямовується до адресата. На відміну від традиційного міжміського зв'язку, що передбачає зайняття дорогої телефонної лінії на весь період розмови, інтернет-телефонія залучає лише сегмент лінії від шлюзу до абонента. Це дозволяє суттєво оптимізувати вартість з'єднань порівняно зі стандартними тарифами [15].

При прямих викликах між користувачами UniTalk комутація через міські або міжміські телефонні мережі не здійснюється - передача голосу відбувається виключно через канали Інтернету. Завдяки цьому внутрішні виклики в мережі UniTalk є безкоштовними, а якість зв'язку відповідає найвищим стандартам.

При здійсненні вхідних викликів від абонентів загальних телефонних мереж до користувачів UniTalk за SIP ID, дзвінок надходить із міської мережі на локальний сервер інтернет-телефонії, де проходить процедуру конвертації та подальшу передачу через мережу Інтернет безпосередньо на кінцевий SIP-пристрій або комп'ютер отримувача [15].

3.13. Налаштування маршрутизації у UniTalk

Архітектура мережі UniTalk передбачає обслуговування кожного виклику через пул незалежних операторів (вузлів передачі голосового трафіку), що дозволяє оптимізувати вартість та якість зв'язку для кожного конкретного напрямку.

Функціонування системи базується на принципі автоматизованого вибору оптимального маршруту (LCR - Least Cost Routing) на біржовій платформі VoIP-трафіку. Обробка з'єднання здійснюється в автоматичному режимі згідно із заданими критеріями балансу ціни та якості.

Користувачі мають можливість самостійно налаштовувати параметри маршрутизації в «Особистому кабінеті». Доступні наступні опції:

- встановлення пріоритету (мінімальна вартість або максимальна якість);
- вибір конкретних вузлів для обслуговування викликів;
- виключення вузлів, що не відповідають встановленим стандартам якості чи цінової політики.

Термінологія та ключові параметри [11]:

- вузол термінації (приземлюючий вузол) - сервер, що забезпечує передачу голосового трафіку від мережі SIPNET до цільової телефонної мережі. Перелік вузлів та їх характеристики доступні в розділі «Налаштування тарифів».

Технічні показники вузлів [11]:

- ціна - тариф на термінацію виклику (у.о./хв), що використовується для тарифікації з'єднання;

- ASR (Average Setup Rate) - відсоткове співвідношення успішних викликів до загальної кількості спроб;
- ACD (Average Call Duration) - середня тривалість з'єднання через вказаний вузол;
- % (<30 сек) - частка з'єднань, тривалість яких не перевищує 30 секунд;
- Qi - інтегральний показник якості з'єднань для конкретного вузла.

Аналіз цих показників дозволяє оцінити надійність оператора: низький показник ACD може свідчити про незадовільну якість передачі голосу, що спонукає абонентів до передчасного завершення розмови, тоді як низький ASR вказує на недостатню пропускну здатність вузла.

3.14 Загальні відомості про протокол SIP

Протягом тривалого часу телефонні мережі та мережі передачі даних розвивалися ізольовано, надаючи незалежні набори послуг. Технологія IP-телефонії інтегрує їх у єдину комунікаційну інфраструктуру, що забезпечує високу ефективність та економічну доцільність. Можливість передачі голосового трафіку з гарантованою якістю через пакетні мережі визначила ключовий вектор еволюції галузі. Це дозволило не лише забезпечити телефонний зв'язок у межах IP-середовища, а й реалізувати транзит голосового трафіку між вузлами ТфОП/ISDN, а також запровадити сценарії взаємодії «комп'ютер-телефон» та «телефон-комп'ютер» [12].

Існує низка підходів до проектування мереж IP-телефонії, що регламентують управління мультимедійними сесіями та передачу медіа-трафіку при застосуванні різних систем сигналізації. Історично першим та найбільш поширеним стандартом став набір рекомендацій H.323, розроблений Міжнародним союзом електрозв'язку (МСЕ). Фактично H.323 спрямований на адаптацію сигналізації ISDN Q.931 до IP-з'єднань, що по суті є інтеграцією традиційної телефонії в мережі передачі даних [12].

Однак стандарт H.323 не забезпечив суттєвих переваг для кінцевих користувачів, не ставши фундаментом для розробки нових поколінь термінального обладнання чи підтримки додаткових сервісів, притаманних корпоративним АТС. Для впровадження інновацій індустрія потребує спрощення процесу розробки додатків через стандартизовані програмні

інтерфейси та високорівневий інструментарій. Подальший розвиток систем інтеграції комп'ютерної та телефонної техніки свідчить про необхідність побудови моделі надання послуг безпосередньо на базі сервісів мереж передачі даних, що є критично важливим для створення гнучких та сумісних рішень у мережах наступного покоління (NGN) [12].

Ефективна підтримка голосових комунікацій у середовищах передачі даних вимагає використання протоколів, орієнтованих на кінцевого користувача. Відповідні рішення повинні легко інтегруватися в існуючу інфраструктуру з мінімальними модифікаціями та бути розширюваними без порушення сумісності з попередніми версіями чи потреби у складних узгодженнях між стандартизаційними органами. Усім зазначеним вимогам відповідає протокол SIP (Session Initiation Protocol), розроблений комітетом IETF для управління мультимедійними сесіями. Завдяки запозиченню архітектурних рішень із протоколів HTTP та SMTP, SIP став стандартом де-факто, успішно реалізованим у шлюзах, проксі-серверах та термінальному обладнанні. Поточні вектори розвитку SIP передбачають його використання, зокрема, як протоколу встановлення з'єднань у мережах 3G та 4G.

Будучи перспективним інструментом для надання сучасних телекомунікаційних послуг, SIP еволюціонує в межах IETF - основного органу стандартизації мережі Інтернет. Перша версія протоколу, прийнята у 1999 році, спирається на модель «запит-відповідь» (request-reply), притаманну HTTP. Текстовий формат повідомлень SIP та ідентичність кодів відповіді (наприклад, 200 OK або 404 Not Found) забезпечують високий рівень прозорості та зручності як для мережевих адміністраторів, так і для розробників прикладного програмного забезпечення.

3.15 Особливості протоколу SIP

Session Initiation Protocol (SIP) - це протокол прикладного рівня, призначений для ініціювання, модифікації та завершення мультимедійних сеансів зв'язку, включаючи відеоконференції, телефонні з'єднання та передачу мультимедійних даних. SIP забезпечує гнучкі механізми управління сеансами, дозволяючи користувачам як долучатися до існуючих комунікаційних сесій, так і ініціювати нові, адресовані окремим абонентам чи групам користувачів [12].

Протокол SIP розроблений робочою групою MMUSIC комітету IETF та детально описаний у специфікації RFC 2543. В основі архітектури протоколу лежать такі ключові принципи [12]:

- персональна мобільність: користувачам надається єдиний ідентифікатор, незалежний від фізичного розташування в мережі. Завдяки повідомленням REGISTER, сервер визначення місцезнаходження автоматично оновлює дані про поточну точку підключення абонента, забезпечуючи безперервність надання послуг;

- масштабованість: серверна архітектура мереж на базі SIP дозволяє ефективно нарощувати кількість мережевих вузлів, що сприяє безперешкодному розширенню інфраструктури;

- розширюваність: протокол адаптований до впровадження нових функцій та інтеграції з різноманітними додатками. Зміни до протоколу впроваджуються через реєстрацію нових заголовків у IANA; при цьому SIP-сервери спроектовані таким чином, що ігнорують невідомі поля, зберігаючи сумісність з іншими системами;

- інтеграція в стек протоколів IETF: SIP є частиною комплексної мультимедійної архітектури, до якої також входять RSVP, RTP, RTSP та SDP. Попри інтеграцію, SIP зберігає функціональну незалежність від цих протоколів;

- інтероперабельність: SIP здатний функціонувати спільно з H.323, а також забезпечувати взаємодію з телефонними мережами через протоколи DSS1 та OKC7. Для інтеграції з традиційними мережами SIP підтримує адресацію у форматі E.164. Крім того, протокол взаємодіє з MGCP для синхронізації пристроїв керування шлюзами.

Наразі SIP розглядається як ключовий протокол для інтеграції мереж IP-телефонії з інтелектуальними мережами зв'язку. Хоча поточні версії мають певні обмеження щодо прозорості передачі сигналізації телефонних систем (наприклад, додаткових послуг ISDN), гнучка архітектура SIP дозволяє нівелювати ці недоліки шляхом розширення набору повідомлень та заголовків.

3.16 Інтеграція SIP та IP-мереж

Ключовою особливістю протоколу SIP є його незалежність від транспортного середовища. SIP може функціонувати з використанням різних

технологій, таких як X.25, Frame Relay, AAL5/ATM, IPX тощо, оскільки структура повідомлень протоколу не залежить від обраного транспорту. Попри це, пріоритетним середовищем передачі залишається стек IP із застосуванням протоколу UDP. У такому разі виникає необхідність впровадження додаткових механізмів гарантованої доставки сигнальної інформації, зокрема, алгоритмів повторної передачі та підтвердження отримання даних [11].

Сигнальні повідомлення SIP можуть передаватися як засобами протоколу UDP, так і TCP. Використання UDP забезпечує вищу швидкість доставки сигналів, ефективну реалізацію паралельного пошуку користувачів, а також можливість багатоадресної розсилки запрошень до сеансів зв'язку. Водночас протокол TCP спрощує взаємодію з міжмережевими екранами (firewall) та забезпечує гарантовану доставку даних. При застосуванні TCP повідомлення, що стосуються одного виклику, можуть передаватися як у межах одного постійного з'єднання, так і через ініціацію окремих TCP-сесій для кожного запиту та відповіді. Місце протоколу SIP у стеку TCP/IP представлено на рис. 3.13.

Протокол ініціювання сеансів зв'язку (SIP)	Прикладний рівень
Протоколи TCP і UDP	Транспортний рівень
Протоколи IPv4 та IPv6	Мережевий рівень
PPP, ATM, Ethernet	Рівень каналу даних
UTP5, SDH, DDH, V.34 та ін.	Фізичний рівень

Рисунок 3.13 - Місце протоколу SIP у стеку протоколів TCP/IP

IP-мережі з маршрутизацією пакетів забезпечують передачу мультимедійного контенту, що включає мовні, відеодані та їх комбінації. Для встановлення зв'язку між терміналами сторони мають узгодити параметри сеансу: типи даних, алгоритми кодування та мережеві адреси. Фундаментальною умовою функціонування протоколу SIP є обмін даними про технічні можливості сторін, що реалізується за допомогою протоколу опису сеансів SDP (Session Description Protocol). У разі потреби модифікації

параметрів зв'язку в межах поточного сеансу, SIP передбачає повторну передачу оновлених описів SDP.

Хоча IETF рекомендує використання протоколу RTP для передачі мовної інформації, архітектура SIP залишається гнучкою, допускаючи застосування інших протоколів.

SIP підтримує організацію конференцій у трьох режимах:

- Multicasting (багатоадресна розсилка): передача даних на єдину multicast-адресу з подальшою дистрибуцією мережею до кінцевих отримувачів;
- використання MCU (Multipoint Control Unit): централізована обробка (мікшування або комутація) потоків, що надходять від учасників у режимі «точка-точка»;
- Mesh-з'єднання: пряма взаємодія між користувачами за принципом «кожен з кожним» у режимі «точка-точка».

Протокол SIP також дозволяє динамічно масштабувати двосторонні сеанси до формату конференції шляхом приєднання нових учасників. Крім того, передбачено механізми коректної роботи SIP у середовищах із використанням трансляції мережевих адрес (NAT).

Адресація в протоколі SIP

Для інтеграції з існуючими IP-додатками та забезпечення мобільності користувачів у SIP застосовується система адресації, аналогічна до електронної пошти. Ідентифікатори робочих станцій формуються у вигляді універсальних показників ресурсів (SIP URL).

Виділяють чотири типи SIP-адрес:

- ім'я@домен;
- ім'я@хост;
- ім'я@IP-адреса;
- номер_телефону@шлюз.

Структура адреси складається з двох сегментів: ідентифікатора користувача (або телефонного номера у випадку звернення до шлюзу) та ідентифікатора домену, робочої станції або шлюзу. Дозвіл імені домену до відповідної IP-адреси здійснюється через службу DNS. У разі використання IP-адреси у другому сегменті, з'єднання зі станцією встановлюється безпосередньо.

Для ідентифікації типу адреси використовується префікс «sip:». Приклади адрес:

- sip:als@rts.loniis.com
- * sip:user1@192.168.100.152
- * sip:294-75-47@gateway.com

3.17 Принцип роботи VPN

У своїй базовій конфігурації віртуальні приватні мережі (VPN) забезпечують інтеграцію віддалених користувачів та територіально розподілених офісів у єдину корпоративну мережу. Процес взаємодії з віддаленими співробітниками або філіями реалізований наступним чином: запит від користувача передається до точки присутності локального інтернет-провайдера (ISP), після чого дані підлягають шифруванню та транзити через мережу Інтернет до корпоративного сервера (рис. 3.14).

Функціонування VPN базується на технології тунелювання між двома кінцевими точками. У типовому сценарії клієнтський пристрій встановлює стандартне PPP-з'єднання з провайдером, після чого ініціює підключення до центрального вузла. У результаті формується захищений VPN-канал (тунель), що забезпечує безпечний обмін даними між вузлами. Завдяки шифруванню, цей канал є конфіденційним і залишається недоступним для сторонніх осіб, включаючи самого провайдера послуг [11].

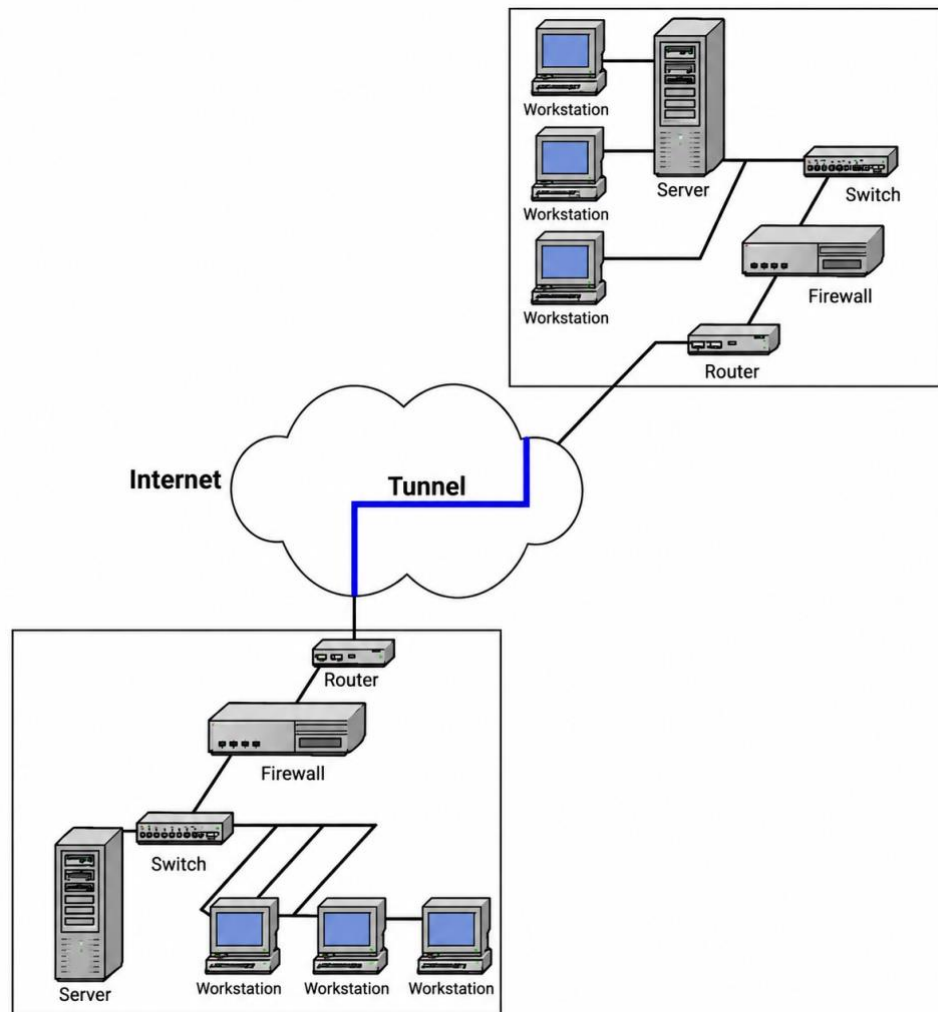


Рисунок 3.14 - Схема організації VPN

Ключовою перевагою використання VPN порівняно з виділеними каналами зв'язку зазвичай вважається оптимізація корпоративних витрат.

ВИСНОВКИ

У межах виконання кваліфікаційної роботи було проведено низку дослідницьких робіт:

- вивчено архітектуру локальної обчислювальної мережі СумДУ;
- здійснено аналіз ринку IP-телефонії та здійснено вибір необхідного обладнання;
- на основі аналізу співвідношення ціни та якості послуг обрано оператора IP-телефонії UniTalk;
- вивчено технічні аспекти підключення та конфігурації ЦАТС із використанням маршрутизатора Cisco 3845;
- розроблено структурну схему організації IP-телефонії;
- розроблено структурну схему інтеграції маршрутизатора Cisco 3845 із цифровою АТС ТОС 120.

Економічна ефективність впровадження проекту зумовлена такими факторами:

- оптимізація витрат на міжміський та міжнародний зв'язок: досягається шляхом використання мереж передачі даних та консолідації трафіку через єдиний голосовий шлюз;
- швидка окупність інвестицій: забезпечується завдяки зниженню вартості IP-обладнання та програмних рішень порівняно з традиційними АТС;
- зменшення витрат на адміністрування: впровадження єдиної інфраструктури передачі даних дозволяє оптимізувати штат ІТ-персоналу та спростити процес обслуговування завдяки використанню уніфікованих засобів веб-адміністрування;
- інтеграція голосових сервісів із прикладним ПЗ: забезпечення доступу до сучасних комунікаційних функцій (голосова пошта, інтерактивне голосове меню, автоматичні довідкові системи) шляхом інтеграції із корпоративними інформаційними системами, що підвищує функціональність при зниженні експлуатаційних витрат.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Сторчак К.П., Ткаленко О.М., Маркіна О.А. Технологія VoIP. Навч. посібник, підготовлено для студентів вищих навчальних закладів – Київ: ДУТ, 2018. – 120с.
2. Девідсон, Джеймс Пітерс, Манож Бхатія, Сатіш Калідінді, Судіпто М. Основи передачі голосових даних по мережах IP (IP Voiceover IP Fundamentals); Вільямс, 2012.
3. Сумський державний університет [Електронний ресурс]. Режим доступа: <https://sumdu.edu.ua/sumdu-sohodni/> (дата звернення 17.06.2026)
4. IP-телефони Cisco [Електронний ресурс]. Режим доступа: https://www.cisco.com/c/dam/global/ru_ua/assets/pdf/cisco_ip_phones_lr.pdf (дата звернення 17.06.2026)
5. Маршрутизатор Cisco 3845 [Електронний ресурс]. Режим доступа: <https://xn--h1aemkx.com.ua/marshrutizator-cisco-3845> (дата звернення 20.06.2026)
6. Cisco Catalyst 2950 [Електронний ресурс]. Режим доступа: <https://xn--h1aemkx.com.ua/2950> (дата звернення 20.06.2026)
7. Живиця М.І., Грохольський Я.М., Шелепенко Ю.В., Наталенко П.П., Савінов О.П., Троцько О.О. Телекомунікаційні мережі з комутацією пакетів. Навчальний посібник. – К.: ВІТІ НТУУ «КПІ», 2011. – 352с.
8. Ткаленко О.М., Невдачина О.В. SIP-технологія в IP-мережах: навчальний посібник / О.М. Ткаленко, О.В. Невдачина // Київ: ДУТ, 2015.
9. Основи технології VoIP та IP-телефонії [Електронний ресурс]. Режим доступа: <https://ekmair.ukma.edu.ua/server/api/core/bitstreams/6ba897a4-84c9-4193-8311-82a7c60bf784/content> (дата звернення 27.06.2026)
10. Терміни в IP-телефонії: все, що вам потрібно знати про них для повного розуміння технології [Електронний ресурс]. Режим доступа: <https://iptel.ua/blog/article/termini-v-ip-telefoniyi-vse-shho-vam-potribno-znati-pro-nix-dlya-povnogo-rozuminnya-texnologiyi> (дата звернення 27.06.2026)
11. Що таке IP-телефонія та як вона працює [Електронний ресурс]. Режим доступа: <https://voll.kiev.ua/uk/blog/chto-takoe-ip-telefoniya-i-kak-ona-rabotaet> (дата звернення 27.06.2026)
12. Повний гайд по VPN: історія, архітектура, протоколи [Електронний

документ] - Режим доступу: <https://research.kr-labs.com.ua/vpn-full-guide/> (дата звернення 27.06.2026)

13. <https://www.phonet.ua/>
14. <https://www.binotel.ua/ua>
15. <https://unitalk.cloud/uk/>
16. <https://ringostat.com/>