

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 другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

Аналіз технологічних принципів організації мультисервісних LAN

за протоколом SIP

(тема)

Виконав:

студент 2 курсу групи ІМІзм-19-2

Каратаєв І.В.

(прізвище та ініціали)

Спеціальність 172 Телекомунікації та

радіотехніка

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-наукова

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційно-мережна

інженерія

(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Колтун Ю.М.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри

(підпис)

Безрук В.М.

(прізвище, ініціали)

2021 p.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Навчально-науковий центр заочної форми навчання

Кафедра Інформаційно-мережної інженерії

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка
(код і повна назва)

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

Освітня програма Інформаційно-мережна інженерія
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Каратаєву Івану Віталійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз технологічних принципів організації мультисервісних LAN за протоколом SIP

затверджена наказом університету від « 25 » березня 2021 р. № 33 Стз

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 21 травня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи: Фізичне розташування мережі: каф. ІМІ, ХНУРЕ. Технологічна основа: базова кафедральна корпоративна LAN. Транспортна платформа: технологія IP-телефонії на базі протоколу SIP. Забезпечення управління в мережі: SIP-сервер IP-телефонії на базі ПЗ Asterisk IP-PBX.

Проаналізувати підходи щодо впровадження технології IP-телефонії на базі протоколу SIP в кафедральну корпоративну LAN. Розробити типовий варіант структурно-функціональної схеми мультисервісної LAN кафедри. Зробити оцінку параметрів QoS у разі передачі мовного трафіку в мультисервісній мережі на базі протоколу SIP.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

Вступ

1. Огляд базових особливостей і принципів організації та функціонування мультисервісних мереж за протоколом SIP.

2. Сценарії встановлення з'єднання за SIP-протоколом

3. Розробка та обґрунтування структурно-функціональної схеми мультисервісної LAN.

4. Обґрунтування застосування продукту Asterisk у якості ПЗ SIP-сервера мультисервісної LAN.

5. Оцінка параметрів QoS у разі передачі мовного трафіку в мультисервісній SIP-мережі.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій Слайди у форматі Power Point – 14 слайдів (назва, мета і актуальність кваліфікаційної роботи, модель платформи NGN, функціональна структура та елементи SIP мережі, формування транзакції і діалогу за SIP-протоколом, сценарії встановлення з'єднання, що передбачені протоколом SIP, структурно-функціональна схема локальної мережі кафедри ІМІ до впровадження технології SIP, спрощена схема організації мультисервісної мережі з використанням IP-телефонії, типовий варіант структурно-функціональної схеми мультисервісної LAN кафедри ІМІ після впровадження IP-телефонії на базі протоколу SIP, приклад встановлення і розташування серверів та обладнання в стійках і шафах розміром 19", програмне забезпечення SIP-сервера - Asterisk IP-PBX, основні типи обладнання мультисервісної LAN за протоколом SIP, висновки)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Ознайомлення із завданням. Уточнення ТЗ.	26.03 – 28.03.21	
2	Підбір літератури за темою роботи.	29.03 – 02.04.21	
3	Виконання розділу 1	03.04 – 08.04.21	
4	Виконання розділу 2	09.04 – 15.04.21	
5	Виконання розділу 3	16.04 – 24.04.21	
6	Виконання розділу 4	25.04 – 03.05.21	
7	Виконання розділу 5	04.05 – 11.05.21	
8	Оформлення матеріалів кваліфікаційної роботи	12.05 – 16.05.21	
9	Подання кваліфікаційної роботи керівникові та її попередній захист	17.05 – 19.05.21	
10	Подання кваліфікаційної роботи до ЕК	20.05 – 21.05.21	

Дата видачі завдання 25 березня 2021 р.

Студент

_____ (підпис)

_____ (Каратаєв І.В.) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (доц. Колтун Ю.М.) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 77 с., 20 рис., 6 табл., 27 джерел, 2 додатки.

МУЛЬТИСЕРВІСНА МЕРЕЖА, ЛОКАЛЬНА МЕРЕЖА КОРПОРАТИВНОГО РІВНЯ, LAN, IP-ТЕЛЕФОНІЯ, SIP, SIP-СЕРВЕР СТРУКТУРА ПОВІДОМЛЕНЬ, СЦЕНАРІЇ ВСТАНОВЛЕННЯ З'ЄДНАННЯ, IP-МЕРЕЖА, ASTERISK IP-PBX, ШЛЮЗ, КОДЕК, СМУГА ПРОПУСКАННЯ, QoS

Об'єкт дослідження – мультисервісна мережа, протокол SIP.

Мета роботи – загальний аналіз і розробка базових підходів щодо організації мультисервісної корпоративної LAN бази протоколу SIP.

Розглядаються особливості і принципи організації та функціонування мультисервісних мереж за протоколом SIP. Аналізуються сценарії встановлення з'єднання в IP-мережі у відповідності з типовими сеансами зв'язку протоколу SIP. Проводиться розробка типового варіанту структурно-функціональної схеми мультисервісної LAN кафедри «Інформаційно-мережна інженерія» на базі існуючої корпоративної локальної мережі. Пропонується і обґрунтовується необхідне для організації мережі обладнання та програмне забезпечення. Надається оцінка параметрів QoS у разі передачі мовного трафіку в мультисервісній SIP-мережі

THE ABSTRACT

Explanatory note: 77 pages, 20 fig., 6 tab., 27 sources, 2 app.

MULTISERVICE NETWORK, LOCAL CORPORATE NETWORK, LAN, IP TELEPHONE, SIP, SIP SERVER, MESSAGE STRUCTURE, SCENARIO CONNECTING, IP-NETWORK, ASTERISK IP-PBX, GATEWAY, CODE, BANDWIDTH, QoS

The object of study – multiservice network, protocol SIP.

The purpose of work – general analysis and development of basic approaches to the organization a multiservice corporate LAN database of the SIP protocol.

The features and principles organization and functioning of multiservice networks using the SIP protocol are considered. Scenarios establishing a connection in an IP network in accordance with typical SIP communication sessions are analyzed. The development standard version the structural and functional diagram of the multiservice LAN of Department of Information and Network Engineering on the basis of the existing corporate network is being carried out. The equipment and software necessary for the organization the network are proposed and substantiated. An estimate parameters QoS is given in the case of voice traffic transmission in a multiservice SIP network.

ЗМІСТ

	с.
Перелік скорочень.....	8
Вступ.....	11
1 ОГЛЯД БАЗОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ І ПРИНЦИПІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖ ЗА ПРОТОКОЛОМ SIP.....	14
1.1 Концептуальні принципи побудови мультисервісних мереж.....	14
1.2 Основні особливості і функціональні принципи SIP-протоколу.....	16
1.3 Функціональна структура SIP мережі.....	19
1.4 Структура і опис повідомлень, що використовуються протоколом SIP.....	21
1.5 Адресація в мережах SIP.....	28
2 СЦЕНАРІЇ ВСТАНОВЛЕННЯ З'ЄДНАННЯ ЗА SIP-ПРОТОКОЛОМ.....	30
2.1 Структура SIP-протоколу та основні його поняття.....	30
2.2 Основні сценарії встановлення з'єднань.....	32
2.2.1 Сценарій здійснення з'єднання за участю сервера переадресації.....	33
2.2.2 Сценарій здійснення з'єднання за участю проксі-сервера.....	34
3 РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ LAN.....	36
3.1 Загальний аналіз існуючої локальної мережі.....	36
3.2 Загальні принципи організації мультисервісної LAN із застосуванням технології SIP.....	38
3.3 Типовий варіант побудови мультисервісної LAN кафедри ІМІ на базі протоколу SIP.....	40
4 ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОДУКТУ ASTERISK У ЯКОСТІ ПЗ SIP-СЕРВЕРА МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ LAN.....	47
4.1 Asterisk Management Interface (AMI).....	48
4.2 Flash Operator Panel (FOP).....	48
4.3 Плагін FreePBX.....	49
4.4 A2Billing – плагін білінгової системи.....	50
4.5 Плагін VMukti.....	51
5 ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ QoS У РАЗІ ПЕРЕДАЧІ МОВНОГО ТРАФІКУ В МУЛЬТИСЕРВІСНІЙ SIP-МЕРЕЖІ.....	54

5.1 Чинники, що впливають на QoS передачі мовного трафіку.....	54
5.2 Принципи забезпечення QoS в IP-мережі.....	56
5.3 Типи кодеків.....	57
5.4 Розрахунок смуги пропускання для кодеку.....	59
Висновки.....	62
Перелік джерел посилання.....	64
Додаток А Публікації.....	66
Додаток Б Слайди презентації.....	70

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- 3GPP (3rd Generation Partnership Project) – консорціум, який розробляє специфікації для мереж мобільного зв'язку третього покоління;
- AGI (Asterisk Gateway Interface) – шлюзовий інтерфейс Asterisk;
- API (Application Programming Interface) – прикладний програмний інтерфейс;
- BRI (Basic Rate Interface) – інтерфейс ISDN базового рівня;
- CAR (Committed Access Rate) – гарантована швидкість доступу;
- CRM (Customer Relationship Management) – управління взаємодією з клієнтами;
- CRTP (RTP Header Compression) – стиснення заголовку RTP;
- DID (Direct Inward Dialing) – прямий внутрішній набір номеру;
- DNS (Domain Name System) – система доменних імен;
- ENUM (E.164 Numbering (IETF RFC 2916)) – план нумерації E.164;
- FTP (File Transfer Protocol) – протокол передачі файлів;
- FXO (Foreign Exchange Office) – інтерфейс для підключення виходу/входу цифрової АТС до мультиплектора;
- FXS – (Foreign Exchange Station) – голосовий інтерфейс для підключення звичайного телефону до мультиплектора;
- HTTP (Hypertext Transfer Protocol) – протокол передачі гіпертексту;
- IETF (Internet Engineering Task Force) – група інженерних проблем Internet;
- IMS (IP Multimedia Subsystem) – мультимедійна підсистема IP;
- ISDN (Integrated Service Digital Network) – цифрова мережа з інтеграцією служб;
- ISUP (Integrated Service User Part) – підсистема користувача ISDN;
- ITU-T (International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector) – сектор стандартизації телекомунікацій Міжнародного союзу електрозв'язку;
- IVR (Interactive Voice Response) – інтерактивний голосовий автовідповідач;
- LAN (Local Area Network) – локальна мережа зв'язку;
- MCU (Multipoint Control Unit) – пристрій управління конференціями;
- MEGACO (Media Gateway Control) – протокол управління медіашлюзом (IETF RFC 3015 або ITU H.248);

MG (Media Gateway) – транспортний шлюз (медіа-шлюз);

MGC (Media Gateway Control) – контроллер медіа-шлюзів;

MGCP (Media Gateway Control Protocol) – протокол управління медіашлюзами (IETF RFC 2705);

MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions) – багатоцільове розширення електронної пошти;

MLPPP (Multilink Point-to-Point Protocol) – протокол «точка-точка» для багатоканальних ліній;

MOS (Mean Opinion Score) – усереднена сукупна оцінка;

MPLS (Multi-Protocol Label Switching) – багатопрокольна комутація по мітках;

NGN (Next Generation Network) – мережа наступного покоління;

PBX (Private Branch Exchange) – установча автоматична телефонна станція;

PCM (Pulse Code Modulation) – імпульсно-кодова модуляція;

PRI (Primary Rate Interface) – інтерфейс ISDN первинного рівня;

PSQM (Perceptual Speech Quality Measurement) – метод оцінки якості мовного зв'язку;

RSVP (Resource Reservation Protocol) – протокол резервування ресурсів;

RTCP (Real Time Transport Control Protocol) – протокол контролю транспортування інформації в реальному часі;

RTP (Real Time Transport Protocol) – протокол транспортування в реальному часі;

RTSP (Real-Time Streaming Protocol) – протокол передачі потоків у реальному часі;

QoS (Quality of Services) – якість обслуговування;

SAT (Satellite Antennas Television) – комплекс прийому супутникового телебачення та Internet;

SDP (Session Description Protocol) – протокол опису сеансу зв'язку;

SIP (Session Initiation Protocol) – протокол ініціювання сеансів зв'язку;

SIP-T (Session Initiation Protocol for Telephony) – протокол ініціювання сеансів зв'язку для телефонії;

SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) – простий протокол передачі пошти;

TCP (Transmission Control Protocol) – протокол управління передачею;

UAC (User Agent Client) – клієнт агента користувача;

UAS (User Agent Server) – сервер агента користувача;

UDP (User Datagram Protocol) – протокол дейтаграм користувача;
URI (Uniform Resource Identifier) – універсальний ідентифікатор ресурсів;
URL (Uniform Resource Locator) – єдиний вказівник ресурсів;
VAD (Voice Activity Detection) – виявлення голосової активності;
VoIP (Voice over IP) – голос поверх IP;
WAN (Wide Area Network) – глобальна мережа зв'язку;
WFQ (Weighted Fair Queuing) – зважений алгоритм рівномірного обслуговування черг;
Wi-Fi (Wireless Fidelity) – система бездротового зв'язку.

АТС – автоматична телефонна станція;
БД – база даних;
ЗКС №7 – загальноканальна сигналізація №7;
ОС – операційна система;
ПК – персональний комп'ютер;
ПЗ – програмне забезпечення;
ТА – телефонний апарат;
ТРД – телефонний розподільний дріт;
ТМЗК – телефона мережа загального користування;
УАТС – установча автоматична телефонна станція.

ВСТУП

Ефективність функціонування сучасних підприємств або організацій будь-яких форм власності і направленостей діяльності багато в чому залежить від наявності в їх розпорядженні сучасної інформаційної мультисервісної системи, що покликана, з одного боку, здійснювати управління ресурсами і персоналом безпосередньо самого підприємства або організації та реалізувати в них можливість співпраці з клієнтами, а з іншого боку забезпечити зростаючі потреби користувачів в різних сервісах. Технологічною основою такої інформаційної мультисервісної системи, як правило, перш за все виступає наявність локальної корпоративної мережі (Local Area Network, LAN), що має надати своїм користувачам доступ, як до своїх внутрішніх ресурсів, так і ресурсів загальнодоступної мережі Internet, зберігання великих обсягів інформації, виконання ресурсномістких додатків, а також паралельно здійснювати захист своїх інформаційних ресурсів, персональних даних співробітників і клієнтів від несанкціонованого доступу та можливих збоїв у роботі мережі [1].

Потрібно також звернути увагу на те, що у сучасних інформаційних мультисервісних системах суттєво змінилися архітектура додатків і сервісів (клієнт/сервер), їх вимоги до апаратних ресурсів (графіка, зображення, відео- і аудіододатки), а також підходи щодо їх розміщення, надання і споживання, при якому додатки, сервіси та інші ресурси стають доступні через Internet для різних програмно-апаратних платформ і пристроїв (хмарні обчислення). Все це призвело до зміщення акцентів у використанні насамперед локальних корпоративних мереж і побудові їх інформаційних мультисервісних систем. Зокрема вони мають забезпечити підтримку всіх видів трафіку (концепція Triple Play Service: звичайні дані, голос, відео) і надання різноманітних послуг (від традиційних до нових інфокомунікаційних з підтримкою Triple Play Service) у будь-якій точці, у будь-який час, у будь-якому наборі та обсязі, з диференційованою гарантованою якістю і за цінами, що задовольняють різні категорії користувачів. Крім того, сучасна мультисервісна LAN має підтримувати ефективну взаємодію з іншими мережами (Internet, мережами рухомого зв'язку, ТМЗК та ін.) в аспекті підтримки своїми користувачами послуг цих мереж [2, 3].

Для побудови транспортної платформи мультисервісної LAN у цій кваліфікаційній роботі буде застосована технологія IP-телефонії, тому що рівень

розвитку і підтримки IP-технологій на рівні існуючих додатків і сервісів значно випереджає інші подібні технології (наприклад, АТМ). Перевагами цих технологій є [4]:

- низька вартість передачі різних типів інформації;
- універсальність обробки цієї інформації незалежно від її походження, що надає можливість використання одних і тих же каналів для її передачі;
- підтримка широкого спектру сучасних інфокомунікаційних послуг (мовні служби, відеоконференції, одночасний доступ багатьох користувачів до додатків, персоналізованість надання однієї і тієї ж послуги, швидкий пошук абонента та інші).

Перша технологія IP-телефонії була розроблена у 1996 році у вигляді стандарту H.323, який став першою специфікацією систем мультимедійного зв'язку для роботи пакетних мережах, що не забезпечують гарантовану якість обслуговування. Також цей стандарт орієнтований на використання двійкового формату, тому потрібна стандартизація всіх можливостей цього протоколу. Зокрема якщо якась із можливостей не підтримується обладнанням, то таке обладнання через двійковий формат не зможе взаємодіяти між собою [5].

Наступною технологією IP-телефонії, яка більш ефективно реалізовувала підходи щодо надання розширених мультимедійних послуг став протокол ініціювання сеансів зв'язку (Session Initiation Protocol, SIP), який базується на моделі взаємодії клієнт-сервер. Цей протокол орієнтований на те, щоб зробити кінцеві пристрої та шлюзи більш інтелектуальними, а також на підтримку більш широкого набору інфокомунікаційних послуг для користувачів [5].

За основу протоколу SIP були взяті протоколи, що застосовуються в найпоширеніших на сьогоднішній день IP-сервісах, наприклад, HTTP (Web) і SMTP (електронна пошта). Його версія для телефонії, що отримала назву SIP-T (Session Initiation Protocol for Telephony), забезпечує перенесення повідомлень загальноканалної сигналізації №7 (ЗКС №7) у вигляді MIME-об'єктів (Multipurpose Internet Mail Extensions – багатоцільове розширення електронної пошти) між контролерами сигналізації. Назва протоколу «протокол ініціювання сеансу зв'язку» означає, що він забезпечує ініціювання, контроль і ліквідацію сеансів обміну інформацією, а в якості самої переданої інформації може виступати будь що (і мова, і музика, і відео, і текстові дані). Тобто цей протокол взагалі не прив'язаний до передачі даних якогось певного виду. Тип даних визначається окремим протоколом опису сеансу зв'язку (Session Description Protocol, SDP), який функціонує в парі з SIP

і має важливу властивість, що полягає у можливості зміни параметрів сеансу у процесі обміну даними [6].

Тобто, можна бачити, що SIP є більш ефективним протоколом ніж стандарт H.323, тому що здатний обслуговувати не тільки телефонію, але й будь-які комунікації в реальному часі поверх протоколу IP. Він повністю відповідає розумінню IP-телефонії як транспортної технології побудови мультисервісної мережі, і тому його можна застосовувати в якості основи для надання в мультисервісній мережі, як IP-сервісів, так і інших інфокомунікаційних послуг.

Звідси метою цієї кваліфікаційної роботи є загальний аналіз і розробка базових підходів щодо організації мультисервісної корпоративної LAN на базі протоколу SIP. За технологічну основу такої мережі буде узята існуюча локальна мережа кафедри «Інформаційно-мережної інженерії», що вже була раніше розгорнута та підлягає модернізації з урахуванням сучасних вимог, що в рамках вищевикладених тез є актуальною задачею.

1 ОГЛЯД БАЗОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ І ПРИНЦИПІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖ ЗА ПРОТОКОЛОМ SIP

1.1 Концептуальні принципи побудови мультисервісних мереж

Вихід за межі можливостей традиційних мереж зв'язку, що був обумовлений характером сучасного мультимедійного трафіку і потребами в його мультисервісному обслуговуванні, призвів до якісного перетворення всієї мережної структури і до появи концепції мережі наступного покоління (Next Generation Network, NGN), що визначається як «концепція побудови мереж зв'язку, що забезпечують надання необмеженого набору послуг із гнучкими можливостями по їхньому управлінню, персоналізації та створенню нових послуг за рахунок уніфікації мережних рішень, що припускає реалізацію універсальної транспортної мережі з розподіленою комутацією, винесення функцій надання послуг в кінцеві мережні вузли та інтеграцію із традиційними мережами зв'язку» [3].

Основним принципом таких мереж є відділення одна від іншої функцій переносу та комутації, функцій управління викликами і функцій управління послугами. Відповідно з цим модель мережі NGN у загальному виді представляється трьома рівнями – транспортним, управління комутацією та передачею інформації і управління послугами (рис. 1.1) [1].

Транспортний рівень відповідає за прозору передачу інформаційних потоків, а також за підтримку взаємодії з існуючими мережами зв'язку. Рівень управління комутацією і передачею інформації забезпечує функції обробки інформації сигналізації та управління викликами. На рівні управління послугами здійснюється управління логікою послуг і додатків [1].

Такий функціональний поділ дозволяє уніфікувати задачі по забезпеченню управління викликами, відокремивши їх від особливостей технологій передачі і комутації, що застосовуються. Тим самим з'являється можливість використовувати ту саму логіку послуги незалежно від типу пакетної транспортної мережі (IP, ATM, тощо), а також способу доступу до неї [1].

Платформа NGN реалізується як мультисервісна мережа з децентралізованим управлінням послугами, фізичною основою якої є універсальне транспортне середовище з розподіленою комутацією пакетів. Крім традиційного мережного обладнання (мультиплексорів, комутаторів і

маршрутизаторів) до складу такої мережі можуть входити контролери сигналізації і різноманітні шлюзи. Доступ до послуг мережі, які надаються спеціалізованими серверами, забезпечується через кінцеві та кінцево-транзитні вузли, що виконують функції вузлів служб [7].

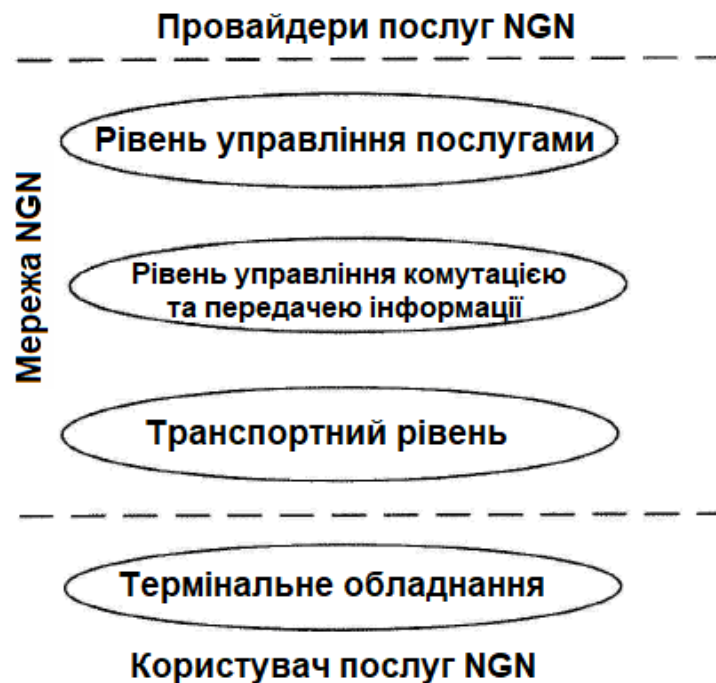


Рисунок 1.1 – Модель платформи NGN

Така мультисервісна мережа реалізує єдину інформаційну структуру, що забезпечує підтримку усіх видів трафіку і послуг у будь-якій точці, у будь-який час, у будь-якому наборі та обсязі, з диференційованою гарантованою якістю і за цінами, що задовольняють різні категорії користувачів. Вона забезпечує [7]:

- управління усіма послугами передачі даних, виділеними лініями, технологіями (Frame Relay, IP, ATM), «прозорими» локальними мережами;
- об'єднання трафіку на рівні широкосмугового доступу;
- об'єднання трафіку мобільних мереж і його доставку в опорну мережу;
- підтримку інфраструктури телефонного зв'язку нового покоління;
- об'єднання трафіку граничних і транзитних IP-маршрутизаторів (наприклад, у доменах мереж, що побудовані за технологією багатопротокольної комутації за мітками (Multi-Protocol Label Switching, MPLS));
- зближення фізичного рівня і рівня даних у вирішенні задачі щодо організації мультисервісного опорного оптичного вузла.

Мультисервісна мережа будується виходячи з універсальних середовищ передачі, мережних технологій і протоколів, що забезпечують конвергенцію мереж та послуг. Під конвергенцією мереж розуміється процес об'єднання розрізаних мереж передачі відео, голосу і даних, що існують у цей час, і відповідних технологій на загальній універсальній технологічній платформі, наприклад, об'єднання IP-мереж і АТМ-мереж за технологією MPLS, взаємодія ТМЗК з пакетними мережами на основі Softswitch. Потрібно акцентувати, що Softswitch виступає у якості центрального пристрою управління доменом мультисервісної мережі, або навіть всією мережею. Зокрема він забезпечує [1, 7]:

- обробку всіх видів сигналізації, що використовуються у його домені;
- управління і зберігання персональних даних користувачів;
- взаємодію із серверами додатків для надання розширеного переліку послуг користувачам мережі.

Під конвергенцією послуг мається на увазі процес надання різноманітних послуг на основі єдиної універсальної транспортної технології, в рамках якої обмін інформацією всередині мережі відбувається шляхом інкапсуляції всіх видів трафіку у єдиний мережний протокол, наприклад, IP [7].

Таким чином, можна підсумувати, що з боку мереж передачі даних мультисервісна мережа представляється як IP-мережа наступного покоління (наприклад, Internet). З боку класичної телефонії (наприклад, ТМЗК) мультисервісна мережа представляється як мережа з комутацією пакетів під управлінням Softswitch, яка підтримує широкосмуговий абонентський доступ і мультисервісне обслуговування трафіку [7]. В якості технологічної основи реалізації універсального транспортного середовища передачі мультисервісних мереж використовуються пакетні мережі на базі IP технологій (в нашому випадку мережа IP-телефонії на базі протоколу SIP) і технологія MPLS, яка забезпечує відповідні транспортні механізми по мінімізації часових затримок у процесі обробки та передачі трафіку, а також підвищує надійність і безпеку доставки потоків трафіка в IP-мережах [7].

1.2 Основні особливості і функціональні принципи SIP-протоколу

Протокол SIP – це протокол прикладного рівня, за допомогою якого здійснюються такі операції, як встановлення, модифікація і завершення

мультимедійних сесій або викликів по IP-мережі. Сесії SIP можуть включати мультимедійні конференції, дистанційне навчання, IP-телефонію і інші подібні додатки, але сам протокол більш підходить сервіс-провайдерам Internet саме для надання послуги IP-телефонії [8].

З концептуальної точки зору SIP є текст-орієнтованим протоколом прикладного рівня і застосовується для організації, модифікації і завершення різних сеансів зв'язку. SIP відноситься до класу протоколів сигналізації і надає користувачам можливість брати участь у вже існуючих сеансах зв'язку, а також запрошувати або бути запрошеними до участі у сеансах, які тільки створюються. Крім того, функціональні можливості SIP були розширені для підтримки функцій обміну миттєвими повідомленнями та інформацією про присутність і статус абонента [4, 9].

Основними функціями SIP є [9]:

- визначення місцезнаходження адресата;
- визначення готовності адресата встановити контакт;
- обмін даними про функціональні можливості учасників сеансу;
- зміна параметрів медіапотоків вже встановленого сеансу;
- управління сеансом зв'язку.

Необхідно зазначити, що SIP припускає просту (і, отже, добре масштабовану) мережу з інтелектом, який вбудований в кінцеві елементи (агенти користувача). Іншими словами, функції SIP реалізовані в кінцевих пристроях, що підтримуються самою мережею. Протокол SIP за структурою нагадує протоколи HTTP і SMTP. З HTTP він узяв клієнт-серверну архітектуру і використання вказівників і ідентифікаторів ресурсів (URL та URI), а із SMTP – спосіб кодування тексту і стиль заголовків. Протокол SIP орієнтований в першу чергу на взаємозв'язок точка-точка, але підтримує також і режим багатоадресної розсилки (multicast). Режим багатоадресної розсилки може використовуватися для організації конференцій, коли інформація передається на одну multicast-адресу, а потім доставляється мережею кінцевим адресатам. Режим «точка-точка» можливий лише в рамках одного домену [9].

Таким чином можна виділити основні функціональні принципи, що були закладені в SIP-протокол при його розробці і подальших модифікаціях [4, 10]:

- підтримка персональної мобільності користувачів, яка ґрунтується на присвоєнні їм унікального ідентифікатора, який дозволяє користувачам пересуватися в межах мережі і отримувати зв'язок у будь-якому її місці, незалежно від свого місця розташування. Користувач для цього використовує

спеціальне повідомлення REGISTER, щоб інформувати про свої пересування сервер визначення місцеположення;

- визначення готовності користувачів брати участь у сеансі зв'язку, для чого в протоколі SIP застосовуються спеціальні коди відповідей для надання детальної інформації про поточну готовність користувача до зв'язку;

- масштабованість SIP-мережі, тобто наявність можливостей для збільшення кількості елементів мережі у разі її розширення;

- інтеграція в стек існуючих протоколів Internet, розроблених IETF для передачі мультимедійної інформації, та які включають в себе протоколи резервування ресурсів RSVP, RTP (є безпосереднім носієм голосових або відео даних), RTSP, SDP;

- взаємодію з протоколами сигналізації H.323, MGCP, MEGACO/H.248, DSS-1 і ЗКС № 7, (є також можливість передавати в сигнальних повідомленнях SIP не тільки специфічну SIP-адресу, але й звичайний телефонний номер ТМЗК (у форматі E.164 або будь-якого іншому форматі);

- розширюваність протоколу SIP, яка характеризується можливістю доповнювати протокол функціями підтримки нових послуг і його адаптації до роботи з різними додатками.

Ще одним важливим функціональним принципом протоколу SIP є його незалежність від транспортних технологій. В якості транспорту можуть використовуватися протоколи UDP або TCP. Протокол UDP дозволяє швидше, ніж TCP, доставляти сигнальну інформацію, а також вести паралельний пошук місця розташування користувачів і передавати запрошення до участі в сеансі зв'язку в режимі багатоадресної розсилки. Протокол TCP гарантує надійну доставку даних. На практиці зазвичай використовується протокол UDP, який полегшує обробку ситуацій аварійного перемикавання серверів. Зазначимо, що перенесення сигнальних повідомлень SIP протоколом TCP зазвичай не практикується [4].

Як вже зазначалося, за SIP-протоколом в IP мережі надається безліч послуг на основі передачі мови, відео та даних, а також різні їх комбінації, тому є потреба у здійсненні обміну між учасниками можливого сеансу зв'язку даними про характер інформації, що передається. Для цього протокол SIP доповнюється протоколом SDP, дані якого передаються в «тілі» повідомлення SIP-протоколу [4].

Слід ще раз зазначити, що в протоколі SIP не реалізовані механізми управління потоками інформації та надання гарантованої якості обслуговування.

Крім того, SIP не призначається для передачі інформації користувача, але, в той же час, він може переносити обмежені обсяги інформації в своїх повідомленнях.

Раніше було зазначено, що протокол підтримує режим багатоадресної розсилки (multicast), який може використовуватися для організації конференцій, коли інформація передається на одну multicast-адресу, а потім доставляється мережею кінцевим адресатам. Однак в процесі еволюції в SIP реалізовані й інші можливості приєднання нових учасників до вже існуючого сеансу зв'язку:

- за допомогою пристрою управління конференції (Multipoint Control Unit, MCU), до якого учасники конференції передають інформацію в режимі «точка-точка», а MCU, в свою чергу, обробляє її і розсилає учасникам конференції;
- шляхом з'єднання користувачів один з одним в режимі «точка-точка».

І на закінчення опису функціональних особливостей протоколу SIP, слід також зазначити, що він підтримує варіанти IP протоколів IPv.4 і IPv.6 (Internet Protocol version 4 and 6), що значно розширює область його застосування, а також полегшує міграцію мереж, що базуються на протоколі IP, в напрямку IPv.6 [8].

1.3 Функціональна структура SIP мережі

Вище зазначалося, що протокол SIP має синтаксис і структуру мережі, що будується за принципом клієнт-серверної архітектури, яка він запозичив з протоколу HTTP (RFC 2068). Клієнт передає запити, де вказує, яку послугу він має намір отримати від сервера. Сервер отримує запити, обробляє їх і передає назад відповідь із зазначенням або успішного виконання запиту, або помилки, або забезпечує надання послуги, що була затребувана клієнтом [4].

Управління процесом обслуговування виклику здійснюється розподілено між різними функціональними елементами мережі SIP мережі, які в залежності від функцій, що ними виконуються, можуть або реалізовуватися у вигляді автономних компонентів або поєднуватися на єдиній платформі. До таких основних функціональних елементів відносяться наступні: агент користувача, проксі-сервер, сервер пере адресації. Функціональна структура та елементи SIP мережі наведена на рис. 1.2 [4, 8].

Агент користувача (User Agent або SIP client) є програмним додатком терміналу і містить у собі дві складові: клієнт агента користувача (User Agent Client, UAC) і сервер агента користувача (User Agent Server, UAS), тобто клієнт і сервер. Клієнт UAC формує SIP-запити, тобто виступає як сторона, яка викликає.

Сервер UAS отримує ці запити і відповідає на них, тобто виступає як сторона, яку викликають [4].

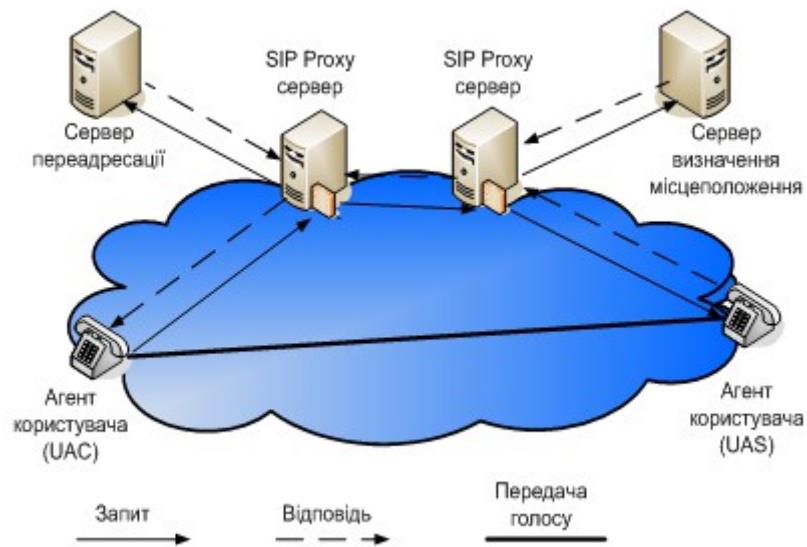


Рисунок 1.2 – Функціональна структура та елементи SIP мережі

Запити можуть передаватися не прямо адресату, а на певні проміжні вузли, що бувають двох основних типів: проксі-сервер та сервер переадресації.

Проксі-сервер приймає запити, обробляє їх і відправляє далі на наступний сервер, який може бути як іншим проксі-сервером, так і останнім UAS. Таким чином, проксі-сервер приймає і відправляє запити і клієнта, і сервера. Приймавши запит від UAC, проксі-сервер діє від імені цього UAC [4, 10].

Існує два види проксі-серверів: із збереженням станів (stateful) і без збереження станів (stateless). Сервер першого типу зберігає в пам'яті вхідний запит, який став причиною генерації одного або декількох вихідних запитів. Ці вихідні запити сервер також запам'ятовує. Всі запити зберігаються в пам'яті сервера тільки до закінчення транзакції, тобто до отримання відповідей на запити. Сервер без збереження станів просто ретранслює запити та відповіді, які отримує. Він працює швидше, ніж сервер першого типу, тому що ресурс процесора не витрачається на запам'ятовування станів, внаслідок чого сервер цього типу може обслужити більшу кількість користувачів [4].

Сервер переадресації пересилає клієнту у відповіді на запит адресу наступного сервера або клієнта, з яким перший клієнт зв'язується потім безпосередньо. Цей сервер не може формувати власні запити, тобто він тільки здійснює функції пошуку поточної адреси користувача [4].

Користувач може мігрувати в межах мережі, тому в ній використовується сервер місцеположення, в якому знаходиться база даних (БД) адрес користувачів. До бази є доступ у проксі-серверів, які отримують з неї інформацію про можливе місцезнаходження користувача, який здійснює виклик. Спрощено таку БД можна представити у вигляді сукупності записів адрес, де біля «публікуємої» адреси користувача стоїть його поточна адреса. Отримавши запит, проксі-сервер звертається до сервера місцеположення, щоб визначити адресу, за якою можна знайти користувача. У відповідь той надає або можливий список адрес, або повідомляє про неможливість знайти їх. З іншого боку, користувач надає інформацію проксі-серверу про своє місцеположення у повідомленні «REGISTER» [4].

Реалізується два режими реєстрації адреси користувача:

- він може надати свою нову адресу один раз;
- він може здійснювати реєстрацію періодично через визначені проміжки часу.

Перший режим підходить для випадку, коли термінал, що є доступним для користувача, постійно підключений до мережі і не переміщується, а інший – якщо термінал постійно переміщується або є вимикнутим [4].

Потрібно також зазначити, що сервер місцеположення може бути суміщений з проксі-сервером (у цьому випадку він буде мати назву registrar) або бути реалізований окремо від проксі-сервера, але мати можливість зв'язуватися з ним [4].

1.4 Структура і опис повідомлень, що використовуються протоколом SIP

Згідно до архітектури «клієнт-сервер» всі повідомлення діляться на запити, що передаються від клієнта до сервера, і на відповіді сервера клієнтові. Для ініціювання встановлення з'єднання, користувач який здійснює виклик, має надати серверу декілька обов'язкових параметрів, зокрема:: параметри інформаційних каналів, адресу користувача, що викликає, та іншу інформацію. Зазначені параметри передаються в спеціальному SIP-запиті. Від користувача, якого викликають, надходить відповідь на запит, що також містить декілька параметрів. Всі повідомлення протоколу SIP (запити і відповіді), являють собою послідовності текстових рядків, структура та синтаксис яких, як вже зазначалося, запозичені у протокола HTTP. Структура повідомлень протоколу SIP наведена на рис. 1.3 [4].

Стартовий рядок являє собою початковий рядок будь-якого SIP-повідомлення. Якщо повідомлення є запитом, у цьому рядку вказуються тип

запиту, адресат та номер версії протоколу. Якщо повідомлення є відповіддю на запит, у стартовому рядку вказуються номер версії протоколу, тип відповіді і його стисла розшифровка, що призначена тільки для обслуговуючого персоналу і необроблювана клієнтом [4].



Рисунок 1.3 – Структура повідомлень протоколу SIP

Заголовки повідомлень містять відомості про: відправника, адресата, шляхи проходження і ін., тобто вони здійснюють перенос інформації, яка є необхідною для обслуговування цього повідомлення. Про тип заголовка можна дізнатися по його імені, яке не залежить від регістра написання. Існують заголовки чотирьох типів [4]:

- загальні (і в запитах, і в відповідях);
- змісту (починаються зі слова «Content» і несуть інформацію про розмір тіла повідомлення або про джерело, яке передало повідомлення);
- запитів (додаткова інформація про запит);
- відповідей (додаткова інформація щодо відповіді).

Заголовок містить ім'я, за яким після двокрапки «:» йде поле, що містить дані заголовка, тобто <ім'я:зміст>.

Типи заголовків повідомлень SIP наведені у таблиці 1.1. Розглянемо призначення деяких з них [4, 9].

Заголовок Call-ID – унікальний ідентифікатор окремого сеансу зв'язку або реєстрації окремого клієнта. Призначається стороною, що ініціює виклик. Складається з буквено-числового значення і імені робочої станції (яка присвоїла

значення цьому ідентифікатору) розділених символом «@», наприклад, 2345call@knure.imi.ua [4].

Заголовок `To` – визначає адресата. Крім адреси SIP, тут може стояти параметр «tag» для ідентифікації певного терміналу користувача, наприклад, робочого, домашнього або мобільного телефону, у тому випадку, коли всі вони зареєстровані під однією адресою SIP URL. У випадку коли необхідний візуальний вивід імені користувача, наприклад, на дисплей, то ім'я користувача також розміщується в полі `To: the director <userA@knure.ru> tag = 12345` [4].

Заголовок `From` – ідентифікує відправника запиту (щодо організації він аналогічний полю `To`).

Таблиця 1.1 – Заголовки SIP

Тип заголовка SIP	Приклади	
Загальні заголовки	Accept Accept-Encoding Accept-Language Alert-Info Call-ID Call-Info CSeq Contact	Date Expires From To Record-Route Route Timestamp Via
Заголовки змісту	Content-Disposition Content-Encoding Content-Language	Content-Length Content-Type
Заголовки запитів	Authorization Max-Forwards Organization Priority Proxy-Authorization	Proxy-Require Route Require Subject User-Agent
Заголовки відповідей	Allow Error-Info Proxy-Authenticate Retry-Afler	Unsupported Server Warning WWW-Authenticate

Заголовок `CSeq` – унікальний ідентифікатор запиту, що відноситься до одного з'єднання `Call-ID`. Він необхідний, щоб відрізнити, на який запит прийшла відповідь, тому що іноді він може виявитися відповіддю на інший запит. Складається з двох частин: натурального числа (від 1 до 2^{32}) і типу запиту [4].

Заголовок *Via* служить, для того щоб уникнути ситуації, в яких запит піде по замкнутому шляху, а також для тих випадків, коли необхідно, щоб запити та відповіді обов'язково проходили по одному і тому ж шляху (наприклад, у разі використання фаєрволу. Запит може проходити через кілька проксі-серверів, кожен з яких приймає, обробляє і переправляє його до наступного проксі-сервера і так до тих пір, поки запит не потрапить до адресата. Тобто у заголовку *Via* вказується весь шлях, пройдений запитом: кожен проксі-сервер додає в запит поле із своєю адресою. Наприклад, запит на своєму шляху оброблявся двома проксі-серверами: спочатку сервером `knure.ua`, потім `sip.telecom.com`. Тоді в запиті з'являться наступні поля [4]:

```
Via: SIP/2.0/UDP sip.telecom.com:5060  
Via: SIP/2.0/UDP knure.ua:5060
```

Заголовок *Content-Type* – визначає формат опису сеансу зв'язку. Сам опис сеансу, наприклад, у форматі протоколу *SDP*, включається в тіло повідомлення [4].

Заголовок *Content-Length* – показує розмір тіла повідомлення [4].

У запитах *ACK*, *INVITE* і *OPTIONS* тіло повідомлення містить опис сеансів зв'язку, наприклад, у форматі протоколу *SDP*. Запит *BYE* тіла повідомлення не містить, а ситуація із запитом *REGISTER* підлягає подальшому вивченню. Що до відповідей, то тут справа полягає в іншому: будь-яка відповідь може містити тіло повідомлення, але вміст тіла у відповідях різних типів буває різним [4].

Запити (команди) *SIP* або, як їх ще називають, у специфікаціях, *SIP-методи (methods)*, призначені для виконання широкого кола задач при наданні базових і додаткових послуг зв'язку в стаціонарних мережах і в мережах рухомого зв'язку. За допомогою запитів клієнт повідомляє про своє поточне місцезнаходження, запрошує користувачів взяти участь у сеансах зв'язку, модифікує вже встановлені сеанси, завершує їх і т.д. Сервер визначає тип прийнятого запиту по назві, яка зазначена у стартовому рядку. У цьому ж рядку в полі «*Request-URI*» вказана *SIP*-адреса обладнання, якому цей запит адресований. Зміст полів «*To*» і «*Request-URI*» може бути різним, наприклад, в полі «*To*» вказана адреса абонента, а в «*Request-URI*» – адреса проксі-сервера, через який проходить запит [4].

Методи SIP і їх стислий опис наведено в таблиці 1.2 [4, 9].

Таблиця 1.2 – Методи (запити) протоколу SIP

Метод	Опис	Специфікація
INVITE	Абонент або послуга запрошуються для встановлення зв'язку	RFC 3261
ACK	Підтвердження отримання фінальної відповіді на INVITE	RFC 3261
OPTIONS	Запит інформації про функціональні можливості терміналу адресата	RFC 3261
BYE	Запит завершення сеансу	RFC 3261
CANCEL	Скасування виклику в стадії встановлення	RFC 3261
REGISTER	Запит реєстрації агента користувача на сервері реєстрації	RFC 3261
INFO	Запит, призначений для обміну сигнальною інформацією в процесі встановлення та підтримання з'єднання	RFC 2976
MESSAGE	Переносить миттєві повідомлення в тілі запиту	RFC 3428
NOTIFY	Передає інформацію про зміну стану ресурсу, на повідомлення про яке була відкрита підписка	RFC 3428
PRACK	Проміжна відповідь, яка повідомляє про статус обробки запиту	RFC 3262
REFER	Вказує на те, що одержувач повинен відправити виклик третій стороні, використовуючи контактну інформацію, яка надана в запиті	RFC 3515
SUBSCRIBE	Запрошує поточний стан і інформацію про оновлення стану віддаленого ресурсу	RFC 3265
UPDATE	Запит зміни параметрів сеансу	RFC 3311

Наприклад, розглянемо функціонування запиту INVITE (рис. 1.4) [9].

Перший або стартовий рядок запиту має наступний формат:

<Ім'я методу> <Request-URI (адресат)> <Номер версії SIP>

```
INVITE sip:bob@bigisp.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP pc33.example.com;branch=z9hG4bK776asdhdcs
Max-Forwards: 70
To: Bob <sip:bob@bigisp.com>
From: Alice <sip:alice@example.com>;tag=1928301774
Call-ID: a84b4c76e66710@pc33.example.com
CSeq: 101 INVITE
Contact: sip:alice@pc33.example.com
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 142

v=0
o=alice 2890844526 2890844526 IN IP4 example.com
c=IN IP4 10.1.3.33
t=0 0
m=audio 49172 RTP/AVP 0
a=rtptime:0 PCMU/8000
```

Рисунок 1.4 – Варіант формату запиту INVITE

Ще раз зазначимо, що ім'я методу вказує на призначення цього повідомлення. Під цим терміном розуміють як запити, так і відповіді. Усі наступні рядки запиту несуть додаткову інформацію про повідомлення.

Обов'язковий заголовок *Via* містить список всіх SIP-пристроїв на шляхах повідомлення. Частина заголовка, яка міститься після крапки з комою, є параметром. Параметр *branch* самого верхнього заголовка *Via* служить для ідентифікації транзакції [9].

Заголовок *Max-Forwards* вказує максимальну дозволена кількість серверів SIP на сигнальному шляху. Він обов'язковий у всіх запитах SIP, крім *INFO* [9].

Поля заголовків *From* і *To* ідентифікують відправника і одержувача повідомлення; вони обов'язкові в усіх без винятку запитах. Параметр «*tag*» заголовків *From* і *To* містить псевдовипадкове значення, яке використовується (поряд із заголовком *Call-ID*) для ідентифікації діалогу на рівні агента користувача, що згенерував повідомлення [9].

Інші поля заголовків, що показані на рис. 1.4, інформують про наступне [9]:

- *Call-ID* – це ідентифікатор виклику, який є унікальним в рамках домену;
- *CSeq* – це заголовок, який допомагає ідентифікувати транзакцію в рамках діалогу; містить порядковий номер повідомлення, що послідовно збільшується, і назву методу, який породив транзакцію;
- *Contact* – містить прямий шлях до відправника повідомлення (IP-адресу);
- *Content-Type* – містить опис тіла повідомлення;

– Content-Length – довжину вмісту тіла повідомлення в октетах.

Після пробілу можна бачити безпосередньо тіло повідомлення. Воно несе опис сеансу або текстові або двійкові дані, що відповідним чином належать до нього. Також воно може бути присутнім як в запиті, так і у відповіді. Зазначимо, що тілом повідомлення, як правило, виступає протокол SDP.

Після прийому та інтерпретації запиту, адресат (проксі-сервер) передає відповідь на цей запит. Зміст відповідей буває різним: підтвердження встановлення з'єднання, передача інформації, що запитується, відомості про несправності і т.ін. Структуру відповідей та їх види протокол SIP успадкував від протоколу HTTP [4, 9].

Визначено шість типів відповідей, які несуть різне функціональне навантаження. Тип відповіді кодується тризначним числом. Найважливішою є перша цифра, яка визначає клас відповіді, інші дві цифри лише доповнюють першу. У деяких випадках обладнання навіть може не знати всі коди відповідей, але воно обов'язково має інтерпретувати першу цифру відповіді [4].

Протокол SIP визначає два типи відповідей на запит, який ініціює з'єднання: попередні та остаточні. Остаточні (фінальні) відповіді несуть результат обробки запиту і передаються «надійно», тобто з підтвердженням. Вони кодуються тризначними числами, що починаються з цифр 2, 3, 4, 5 і 6. Попередні (інформаційні) відповіді несуть інформацію про поточну стадію обробки запиту, але передаються без підтвердження. Вони кодуються тризначним числом, що починається з одиниці – 1xx [4].

Відповіді SIP-протоколу, їх опис та приклади можна бачити в таблиці 1.3 [4, 9].

Таблиця 1.3 – Відповіді SIP-протоколу

	Опис	Приклади
11xx	Інформаційні - запит отримано, продовжую його обробляти	100 Trying 180 Ringing 183 Session Progressing
22xx	Успіх - дія була успішно отримана, прийнята і виконана	200 OK 202 Accepted
33xx	Переведення виклику - для завершення виконання запиту необхідно звернутися до іншого елемента SIP	300 Multiple Choices 301 Moved Permanently 302 Moved Temporarily
44xx	Помилка клієнта - запит містить помилки або не може бути оброблений на цьому сервері	400 Bad Request 401 Unauthorized 403 Forbidden 404 Not Found 407 Proxy Authentication Required 408 Request Timeout 480 Temporary Unavailable 481 Call or Transaction Does Not Exist 486 Busy Here 487 Request Terminated
55xx	Помилка сервера - сервер не зміг обробити правильно побудований запит	502 Bad Gateway 503 Service Unavailable
66xx	Глобальна помилка - запит не може бути оброблений ні на одному сервері	600 Busy Everywhere 603 Decline

Наприклад, позитивна відповідь на наведений запит INVITE (див. рис. 1.4) може бути такою (рис. 1.5)

```
SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/TCP pc33.example.com;branch=z9hG4bKnashds8;
received=10.1.3.33
To: Bob <sip:bob@bigisp.com>;tag=a6c85cf
From: Alice <sip:alice@example.com>;tag=1928301774
Call-ID: a84b4c76e66710@pc33.example.com
CSeq: 102 INVITE
Contact: <sip:bob@192.168.10.20>
Content-Length: 255
Content-Type: application/sdp
```

Рисунок 1.5 – Приклад відповіді «200 OK» протоколу SIP на запит INVITE

У цьому прикладі частина протоколу SDP не показана. Всі заголовки крім стартового рядка були описані вище, а стартовий рядок відповіді має наступний формат [9]:

<Номер версії SIP> <Код статусу> <Текст причини>

Код статусу – це тризначне число, де перша цифра вказує на клас відповіді, а інші дві призначені для ідентифікації конкретної відповіді у кожному типі. Пристрій навіть може не знати, що означає код відповіді, але він обов'язково має знати тип відповіді.

1.5 Адресація в мережах SIP

Для організації взаємодії з існуючими додатками IP-мереж і забезпечення вищезгаданої мобільності користувачів протокол SIP використовує принцип адресації, який має схожість з електронною поштою. В якості адрес використовуються спеціальні універсальні вказівники ресурсів (Universal Resource Locators, URL), звані SIP URL, або універсальні ідентифікатори ресурсів (Uniform Resource Identifier, URI), що називаються SIP URI [4].

Адреса SIP має дві частини: перша частина – це ім'я користувача, що зареєстрований в домені або на робочій станції. У другій частині вказується ім'я домену, робочої станції або шлюзу. Якщо друга частина адреси ідентифікує будь-який шлюз, то в першій вказується телефонний номер абонента. На початок адреси вноситься ключове слово, наприклад, «sip:», що показує, що це є SIP URL (також бувають і інші ключові слова, наприклад, «tel:» для звичайних номерів телефонів у форматі E.164) [9].

Таким чином, можливі адреси SIP, що мають наступний вигляд [9]:

- Ім'я @ домен (де домен – це повністю кваліфіковане доменне ім'я) – bob@example.com;

– Ім'я @ хост – bob@proxy10.bigisp.com;

– Ім'я @ IP-адрес – bob@10.1.1.1;

– №_телефона @ шлюз – sip: 10665551234@gateway.com
або tel: +30129998877 @ sip-gateway.ua.

Якщо в другій частині вказується доменне ім'я, то для визначення IP-адреси пристрою потрібно звернутися до служби доменних імен (Domain Name System, DNS). У RFC 3263 описані процедури DNS, застосовуючи які можна транслювати SIP URI в IP-адресу, порт і транспортний протокол, які необхідні для зв'язку з абонентом [9].

Таким чином, SIP-протокол на цей час використовується не тільки в операторських мережах, але й набув поширення у локальних корпоративних мережах. Він поступово стає одним з основних і найважливіших протоколів в уніфікованій модульній архітектурній платформі NGN, що говорить про доцільність і актуальність, досліджень, які проводяться в цій кваліфікаційній роботі.

2 СЦЕНАРІЇ ВСТАНОВЛЕННЯ З'ЄДНАННЯ ЗА SIP-ПРОТОКОЛОМ

2.1 Структура SIP-протоколу та основні його поняття

SIP-протокол подається як багаторівневий протокол, при чому кожен рівень визначає відповідний набір правил. Цей протокол специфікує логічні елементи. Кожний елемент протоколу не має містити кожний із усіх рівнів. Крім того, коли говориться, що якийсь елемент знаходиться на певному рівні, то в дійсності це означає, що цей функціональний елемент дотримується затвердженого набору правил, що визначені цим рівнем. Розглянемо більш докладно функціональне призначення рівнів SIP-протоколу [9]:

- самий нижній рівень відповідає за кодування і синтаксис повідомлень;
- транспортний рівень, що є другим рівнем протоколу, визначає функціональні принципи, за якими клієнт передає запити і отримує відповіді від сервера, та як сервер отримує запити та передає відповіді клієнту. Ці функції властиві всім елементам мережі, отже, всі вони містять транспортний рівень;
- наступний рівень – це рівень транзакцій, який містить клієнтську частину (так звана, клієнтська транзакція, та серверну частину (серверна транзакція). Цей рівень здійснює повторну передачу повідомлень, визначає відповідність отриманих відповідей запиту і повідомляє верхній рівень протоколу про спрацювання таймерів. Зазначимо, що транзакція – це сукупність повідомлень, що складається із запиту, відправленого клієнтом серверу, та всіх відповідей сервера на цей запит (рис. 2.1) [9];
- найвищим рівнем протоколу SIP є рівень користувача транзакцій (Transaction User, TU), який здійснює керування створенням транзакцій. Всі функціональні елементи SIP-мережі, за винятком проксі-сервера без зберігання стану, обов'язково містять рівні транзакцій та користувача транзакцій.

Правила перевірки відповідності запиту серверній транзакції такі: сервер аналізує верхній заголовок *Via* на предмет наявності параметра *branch*. Якщо він присутній і на початку його значення стоїть набір символів «z9hG4bK», як у розглянутому прикладі на рис. 1.4:

```
Via: SIP/2.0/UDP pc33.example.com;  
branch=z9hG4bK776asdhds,
```

то запит згенерував клієнт і параметр `branch` унікальний у кожній транзакції цього клієнта. Запит належить транзакції в тому випадку, якщо значення параметра запиту `branch` та ім'я методу із поля заголовка `CSeq` збігається з таким же параметром і полем із запиту, що створив транзакцію [9].

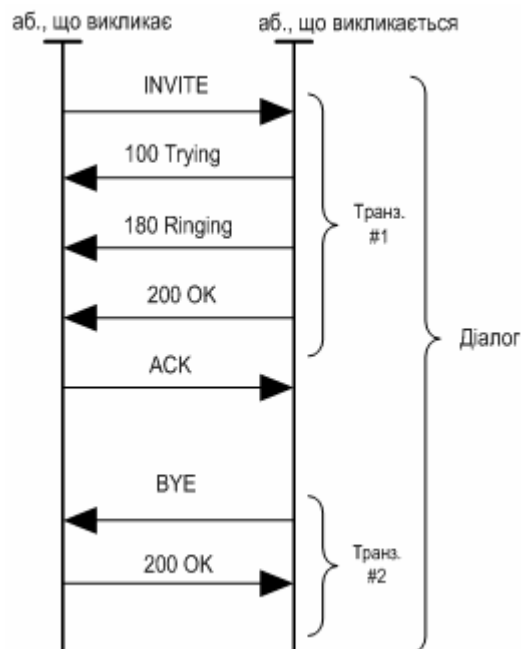


Рисунок 2.1 – Формування транзакції і діалогу за SIP-протоколом

У тому випадку, коли параметр `branch` відсутній, як це показано нижче [9]:

```
Via: SIP/2.0/UDP pc33.example.com,
```

то сервер діє за наступними правилами. Запит належить транзакції в тому випадку, якщо `Request-URI` (частина стартового рядка, що вказує на адресата цього запиту), теги заголовків `From` і `To`, заголовки `Call-ID` і `Cseq` (включаючи назву методу) і верхній заголовок `Via` співпадають з відповідними полями запиту, що створив транзакцію. У разі перевірки відповідності запиту `ACK` серверній транзакції, `Request-URI`, теги заголовків `From` і `To`, заголовки `Call-ID`, `Cseq` і `Via` запиту `ACK` порівнюються з такими ж параметрами, що і у первісному `INVITE`, а тег `To` - з тегом першої відповіді серверної транзакції на

INVITE. Аналогічно виконується перевірка відповідності відповіді транзакції клієнта [9].

Нарешті, діалог – це рівноправна взаємодія двох елементів мережі SIP у вигляді послідовності SIP-повідомлень між ними. Діалог завжди ініціюється агентом користувача, але інші елементи мережі також в ньому беруть участь. Повідомлення в рамках одного діалогу відрізняються однаковими Call-ID і тегами заголовків From і To, а порядковий номер у полі CSeq монотонно зростає. Фактично CSeq ідентифікує транзакцію в рамках діалогу, а діалог є послідовністю транзакцій, з яких тільки одна може бути активна у кожний момент часу. Однак, крім діалогоутворенних запитів, існують і запити, які не утворюють діалогів [9].

Тут також доречно пояснити значення заголовка Call-ID і From-та To-тегів [9]:

- Call-ID – це деякий унікальний рядок, що ідентифікує виклик. Call-ID, як правило, не змінюється протягом усіх діалогів, що складають один виклик;
- Тег заголовка From генерується агентом користувача абонента, що викликає, і недвозначно ідентифікує діалог на рівні цього агента користувача;
- Тег заголовка To генерується агентом користувача абонента, якого викликають, і також ідентифікує діалог на рівні цього користувача.

2.2 Основні сценарії встановлення з'єднань

Протоколом SIP передбачені два основні сценарії здійснення з'єднання: за участю проксі-сервера та за участю сервера переадресації. Різниця між цими сценаріями полягає в процедурі пошуку та запрошення користувача, якого викликають. У першому випадку ці функції покладає на себе проксі-сервер, а користувачу, що викликає, необхідно знати тільки постійну SIP-адресу користувача, якого викликають. У другому випадку сторона, що викликає, самотійно встановлює з'єднання, а сервер переадресації лише реалізує перетворення постійної адреси абонента в його поточну адресу [4].

Зазначені сценарії є найпростішими, тому що поки виклик досягне адресата, він може пройти через кілька проксі-серверів, або спочатку направляється до сервера переадресації, а потім проходить через один або кілька проксі-серверів. Крім того, проксі-сервери можуть тиражувати запити та передавати їх за різними напрямкам і т.ін [4].

2.2.1 Сценарій здійснення з'єднання за участю сервера переадресації

Адміністратор мережі повідомляє користувачам адресу сервера переадресації. Користувач, що викликає, передає запит INVITE (1) на відому йому адресу сервера переадресації та порт 5060, що використовується за замовчуванням (рис. 2.2) [4].

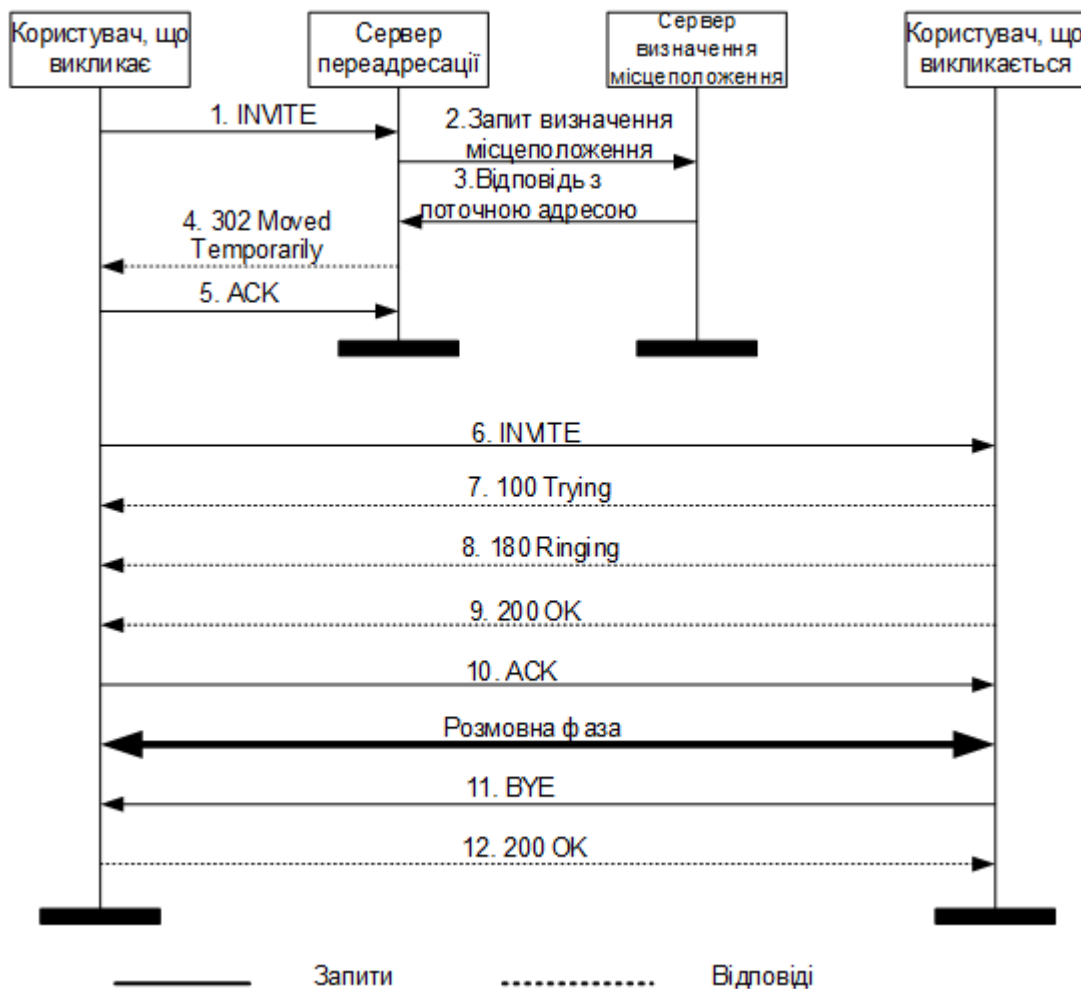


Рисунок 2.2 – Сценарій здійснення з'єднання за участю сервера переадресації

У запиті користувач що викликає, вказує адресу користувача, якого викликають. Сервер переадресації запитує поточну адресу потрібного користувача у сервера визначення місця розташування (2), який повідомляє йому цю адресу (3). Сервер переадресації у відповіді 302 Moved temporarily передає стороні, яка викликає, поточну адресу користувача, що викликається (4), або він може повідомити список зареєстрованих адрес користувача, що викликається, і запропонувати йому самому вибрати один з них. Сторона, яка викликає, робить підтвердження прийому відповіді «302» посилкою повідомлення АСК (5) [4].

Тепер сторона, яка викликає, може зв'язатися безпосередньо із стороною, яку викликають. Для цього вона передає новий запит INVITE (6) з тим же ідентифікатором Call_ID, але іншим номером CSeq. У тілі повідомлення INVITE вказуються дані про функціональні можливості сторони, яка викликає, у форматі протоколу SDP. Сторона, яку викликають, приймає запит INVITE і починає його обробку, про що повідомляє відповіддю 100 Trying (7) зустрічному обладнанню для перезапуску його таймерів [4].

Після завершення опрацювання надходження запиту обладнання сторони, яку викликають, повідомляє своєму користувачеві про вхідний виклик, а зустрічній стороні передає відповідь 180 Ringing (8) [4].

Після прийому користувачем, якого викликали, вхідного виклику віддаленій стороні передається повідомлення 200 OK (9), в якому містяться дані про функціональні можливості терміналу, що викликається, в форматі протоколу SDP. Термінал користувача, який викликає, підтверджує прийом відповіді запитом АСК (10). На цьому фаза встановлення з'єднання закінчена і починається розмовна фаза [4].

Після завершення розмовної фази будь якій із сторін передається запит BYE (11), який підтверджується відповіддю 200 OK (12) [4].

2.2.2 Сценарій здійснення з'єднання за участю проксі-сервера

Адміністратор мережі повідомляє користувачам адресу проксі-сервера. Користувач, який викликає передає запит INVITE (1) на адресу проксі-сервера та порт 5060, який використовується за замовчуванням (рис. 2.3). У запиті користувач повідомляє відому йому адресу користувача, якого викликають. Проксі-сервер запитує поточну адресу цього користувача у сервера визначення місцезнаходження (2), який і повідомляє йому цю адресу (3) [4].

Далі проксі-сервер передає запит INVITE безпосередньо обладнанню, що викликається (4). Знову в запиті містяться дані про функціональні можливості терміналу, який викликає, але при цьому в запит додається поле Via з адресою проксі-сервера для того, щоб відповіді на зворотному шляху йшли через нього. Після прийому та обробки запиту обладнання, що викликається, повідомляє своєму користувачеві про вхідний виклик, а зустрічній стороні передає відповідь 180 Ringing (5), копіюючи в нього запити поля To, From, Call_ID, CSeq і Via [4].

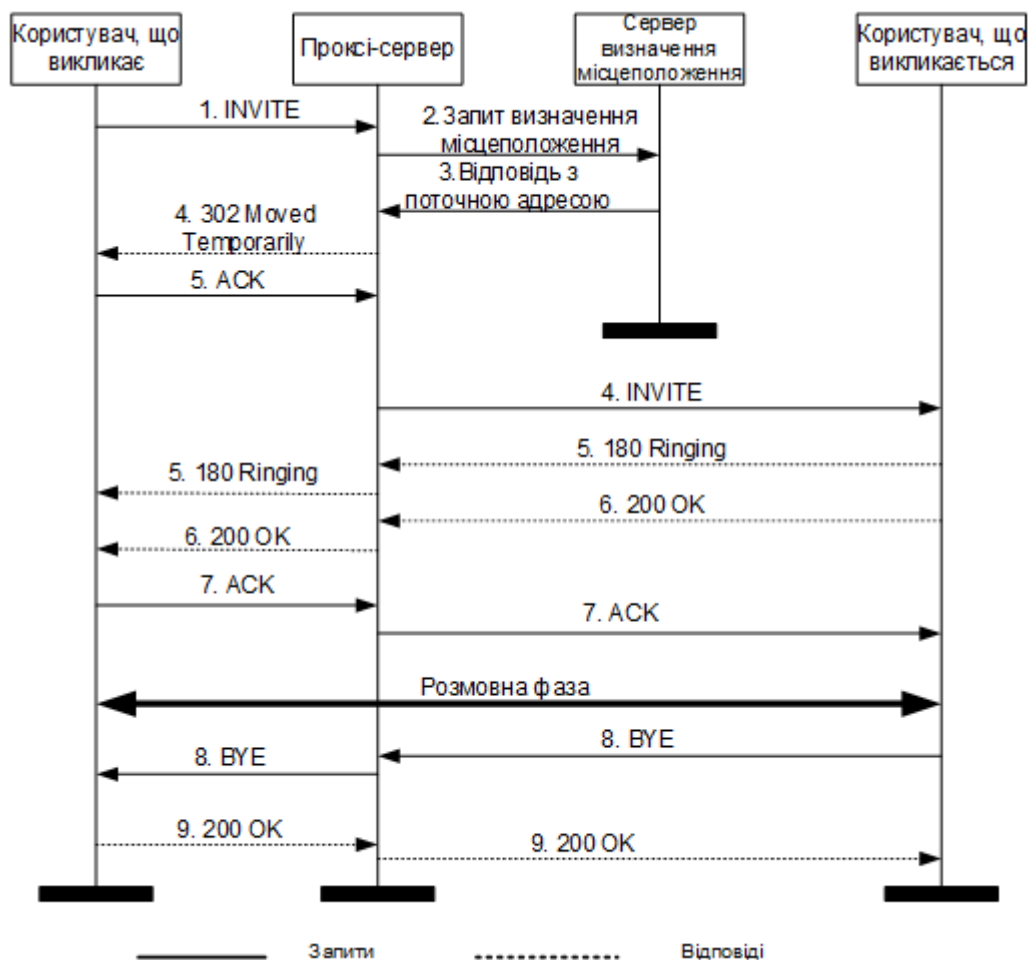


Рисунок 2.3 – Сценарій здійснення з'єднання за участю проксі-сервера

Після прийому виклику користувачем, зустрічній стороні передається повідомлення 200 OK (6), де містяться дані про функціональні можливості терміналу, який викликається, в форматі протоколу SDP. Термінал користувача, який викликає, підтверджує прийом відповіді запитом ACK (7). На цьому фаза здійснення з'єднання закінчена і починається розмовна фаза [4].

Після завершення розмовної фази однією із сторін передається запит BYE (8), який підтверджується відповіддю 200 OK (9). Всі повідомлення проходять через проксі-сервер, який може здійснювати модифікування в них деяких полів [4].

3 РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ LAN

3.1 Загальний аналіз існуючої локальної мережі

Базовою технологічною основою для організації мультисервісної LAN корпоративного рівня із застосуванням SIP-протоколу відповідно до технічного завдання, є вже давно існуюча корпоративна локальна мережа класичного типу кафедри інформаційно-мережної інженерії (ІМІ), яка є підрозділом Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ). Ця первісна мережа є мережею офісного типу, що організована на базі установчої цифрової АТС (УАТС) фірми Siemens, а також IP-мережі на базі двох серверів – на базі операційної системи (ОС) Linux (Linux server) та файловий сервер (File server) на базі ОС Windows 10 Pro. Сервери розміщені в серверній шафі, що встановлена в ауд. 401-е. Структурно-функціональна схема первісної корпоративної локальної мережі кафедри до впровадження SIP-телефонії представлена на рис. 3.1.

АТС фірми Siemens виконує функції комутації каналів від телефонних апаратів абонентів (ТА), що підключені до неї. Для організації офісного телефонного зв'язку, а також проведення занять з вивчення принципів комутації каналів та організації телефонних мереж до кожної аудиторії кафедри розведений телефонний розподільний дріт (ТРД), який зв'язує абонентів телефонного зв'язку з АТС.

File server забезпечує зберігання інформації, необхідного ПЗ, що задіюється в учбовому процесі, та надає доступ до цих ресурсів всім користувачам кафедральної локальної мережі.

Linux server виконує функції маршрутизації, прив'язку IP адрес персональних комп'ютерів (ПК), що підключені до сервера, до їх MAC адрес. MAC адреса – це фізична адреса мережного адаптера ПК. На базі Linux server організована підтримка зовнішнього DNS-імені, що дозволяє віддаленим користувачам, які мають відповідні права доступу, по каналах Internet підключатися до ресурсів кафедральної локальної мережі.

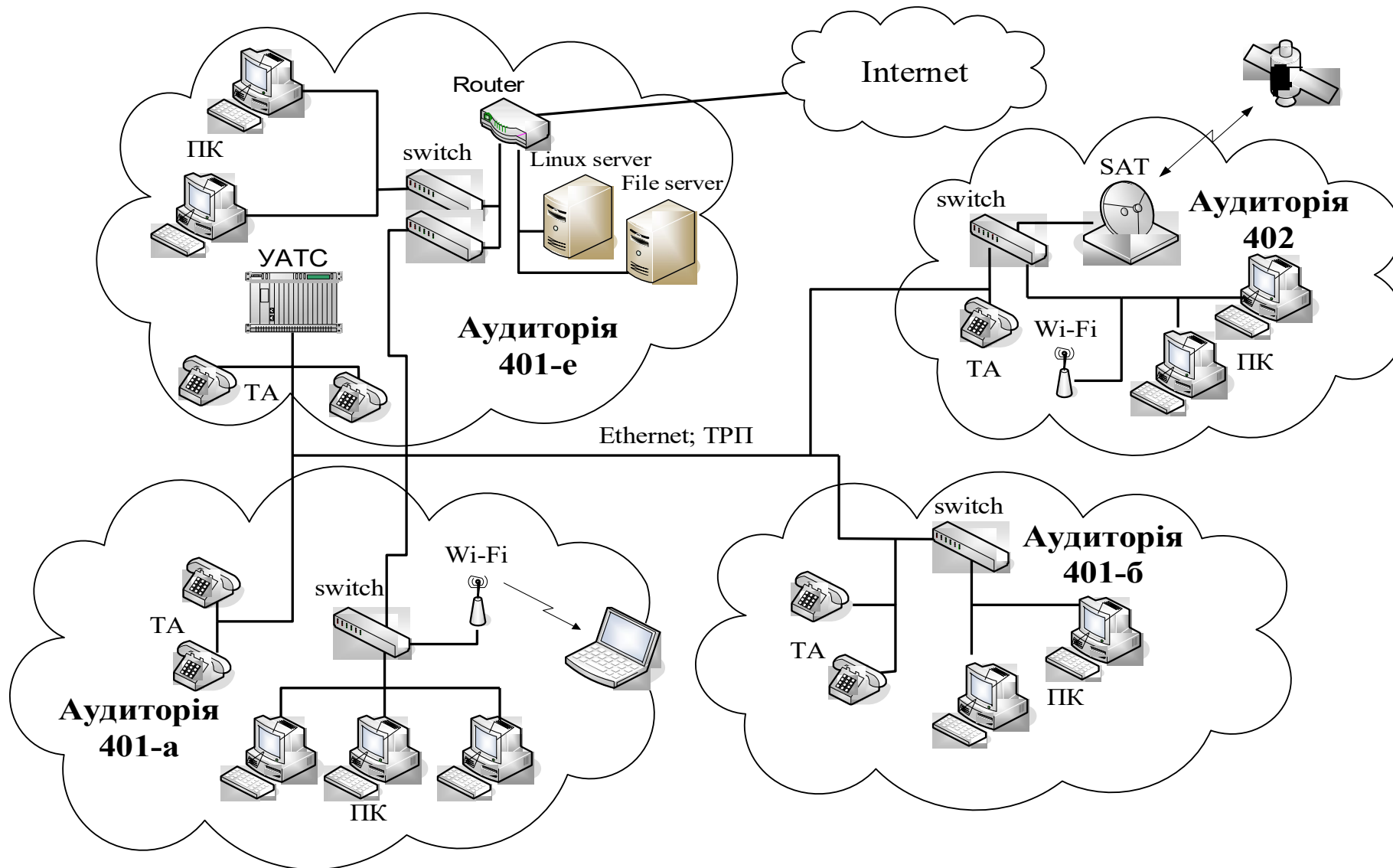


Рисунок 3.1 – Структурно-функціональна схема локальної мережі кафедри ІМІ до впровадження технології SIP

Також на платформі Linux server розгорнутий програмний проксі-сервер «Squid», що реалізує функцію кешуючого проксі-сервера для протоколів HTTP та FTP. Функція кешування або накопичення даних в доступному сховищі, з метою їх швидкого вилучення по мірі потреби дозволяє прискорити процес обробки інформації.

Squid дозволяє використовувати обмеження доступу до Internet-ресурсів користувачів, які мають облікові записи на сервері, та організовує для них «нарізку» Internet-трафіку. Тобто кожен користувач у відповідності до встановлених адміністратором прав отримує свій ліміт по смузі пропускання, що використовується, або згідно до об'єму трафіку у разі доступу до ресурсів Internet.

Для забезпечення доступу до Internet та файлового сервера бездротових абонентів локальної мережі кафедри (у більшості випадків – це студенти), в ауд. 401-а і 402 розміщені точки доступу Wi-Fi, які включені в загальну мережу. Крім того, до кафедральної мережі підключений комплекс прийому супутникового телебачення та Internet (Satellite Antennas Television, SAT). Цей комплекс використовується в навчальному процесі для вивчення принципів організації та функціонування супутникових систем зв'язку, а також для реалізації низьки послуг IP-телебачення на кафедрі.

Персональні комп'ютери, які встановлені в аудиторіях, застосовуються для проведення практичних занять та лабораторних робіт із студентами. Вони мають вільний вихід до Internet, а також вільний доступ до інформації, яка розміщена на File server у відповідності з правами доступу, що встановлені адміністратором мережі.

Реалізацію політики безпеки та функцій з обмеження доступу на деякі небажані сайти в Internet виконує корпоративний маршрутизатор (Router), що також встановлений в серверній шафі та має пряме підключення до Internet.

3.2 Загальні принципи організації мультисервісної LAN із застосуванням технології SIP

У процесі розгортання нових дисциплін, а також в рамках організації мультисервісної локальної корпоративної мережі на кафедрі, була поставлена задача щодо впровадження SIP-телефонії в її функціональну структуру.

Для організації телефонного зв'язку по IP-мережам використовується спеціальне обладнання – шлюзи IP-телефонії. Загальний принцип дії телефонних

шлюзів IP-телефонії такий: з одного боку шлюз підключається до комутованих каналів цифрової телефонної мережі, а з іншого боку шлюз підключений до IP-мережі, що дозволяє здійснює голосові виклики на звичайні ТА та на ПК за умови використання відповідного ПЗ. Шлюз приймає телефонний сигнал, здійснює стиснення відповідно з кодеком, що використовується. Цей кодек розбиває повідомлення на пакети та відправляє через IP-мережу за призначенням з використанням протоколу IP.

Для пакетів, що одержуються шлюзом із IP-мережі та які далі направляються в звичайний телефонний канал, ця операція відбувається в зворотному напрямку. Обидві складові процесу організації голосового зв'язку (вхід сигналу в телефонну мережу та його вихід з телефонної мережі) відбуваються практично одночасно, що дозволяє забезпечити повнодуплексну розмову. На основі цих базових операцій можна побудувати багато різних конфігурацій, таких як «комп'ютер-комп'ютер», «комп'ютер-телефон», «телефон-телефон» [4, 8].

На цей час, велику популярність мають IP-АТС, які крім функцій шлюзу IP-телефонії також виконують традиційні функції звичайних офісних АТС. Таким чином, при організації телефонного зв'язку через IP-мережі з використанням IP-АТС можна цілком обійтися без офісної АТС, що також виправдано з економічної точки зору.

Функції IP-АТС в мультисервісній мережі, що розроблюється, виконує сервер IP-телефонії на базі програмного забезпечення Asterisk, який підтримує роботу з протоколами SIP, H.323, MGCP та ін.

Спрощено схему побудови мультисервісній мережі з використанням IP-телефонії можна реалізувати так, як показано на рис. 3.2.

Основним компонентом мультисервісній мережі є сервер IP-телефонії на базі ПЗ Asterisk PBX, який може бути підключений до будь-якої віддаленої телефонної мережі. Далі мережа має розгалуження на персональні комп'ютери користувача з підключенням до Internet та програмних IP-телефонів (PC + Softphone). В мережі мається VoIP-шлюз (ATA Adapter), який дозволяє організувати підключення звичайних телефонних апаратів до IP-мережі та надання їм послуг IP-телефонії. Для забезпечення мультисервісній взаємодії зі стільниковими операторами, мережа повинна мати вихід до мобільних операторів зв'язку через відповідні GSM-шлюзи цих операторів та підтримувати передачу відеотрафіка в режимі реального часу [11].

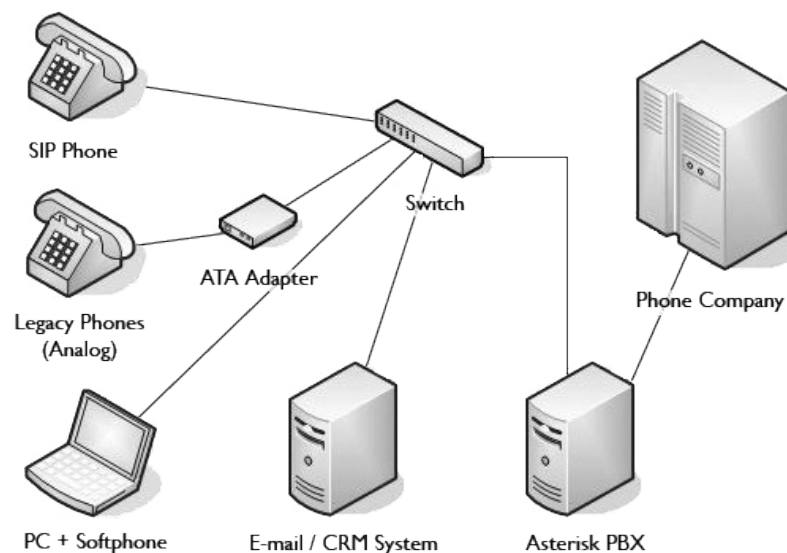


Рисунок 3.2 – Спрощена схема організації мультисервісної мережі з використанням IP-телефонії

3.3 Типовий варіант побудови мультисервісної LAN кафедри ІМІ на базі протоколу SIP

Відповідно до вищевикладеного на рис. 3.3 показаний типовий варіант структурно-функціональної схеми мультисервісної LAN кафедри ІМІ після впровадження IP-телефонії на базі протоколу SIP. Для організації такої мережі треба використати наступні типи обладнання:

- SIP-сервер IP-телефонії;
- комутатори (Switch);
- VoIP-шлюзи;
- IP-телефони;
- GSM шлюзи (Vodafone, KiyvStar, Life);
- Web-камери;
- проектори з мережними інтерфейсами та інше.

В аудиторіях знаходиться кінцеве обладнання мережі, так звані абоненти мережі. По мережах Ethernet (ПК, VoIP-шлюзи, GSM-шлюзи), або через ТМЗК всі потоки інформації, що формуються користувачами IP-телефонії зводяться до спільного SIP-сервера, на якому здійснюється комутація та обслуговування дзвінків, що надходять від абонентів, а також облік голосового трафіку і трафіку Internet. Як і інші сервери, SIP-сервер IP-телефонії також розміщено в серверній шафі, що знаходиться в ауд. 401-е. Приклад встановлення і розміщення серверів та обладнання в стійках і шафах 19", наведений на рис. 3.4.



Рисунок 3.4 – Приклад встановлення і розташування серверів та обладнання в стійках і шафах розміром 19"

АТС Siemens підключається до SIP-сервера до порту FXO (Foreign Exchange Office – інтерфейс для підключення виходу/входу цифрової АТС до

мультиплексора), при цьому сервер може управляти викликами, що надходять із зовнішнього порту АТС. Зокрема виклик на сервер з АТС приходить по зовнішньому порту, сервер у свою чергу цей виклик обробляє і відправляє далі на IP-телефон або ПК. Якщо абонент здійснює виклик абонента іншої мережі (ТМЗК, Internet, LAN), то цей виклик АТС передає на сервер також через зовнішній порт.

Через віддалене підключення до Internet локальний сервер може підключатися до віддалених серверів IP-телефонії. Вони дозволяють робити підключення до зовнішніх SIP-транків для виходу на міжміську та міжнародну телефонну мережу.

Персональні комп'ютери кафедри за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення (SoftPhone) можуть підключатися до спільного SIP-сервера. За допомогою Web-камер можлива організація відеовикликів та проведення відеоконференцій.

SIP-сервер виконує функції комутації викликів, їх обробку, облік трафіку розмов на програмному рівні за допомогою ПЗ Asterisk. На ньому так само встановлена база даних MySQL для управління абонентами, їх номерами та правами.

GSM шлюзи або (Mobile шлюзи) підключаються до SIP-сервера, вони призначені для забезпечення вихідних та вхідних дзвінків на номери GSM операторів мобільного зв'язку. Управління шлюзами відбувається за допомогою модулів програмного забезпечення Asterisk.

GSM-шлюз за своєю суттю є звичайним мобільним телефоном із власною SIM картою. Основні відмінності GSM-шлюзу від мобільного телефону:

- багатоканальність (сучасні GSM-шлюзи мають від одного до 60 каналів);
- різні інтерфейси (аналогові FXO/FXS, цифрові ISDN BRI/PRI) для підключення до офісних цифрових АТС).

На кожен канал GSM-шлюзу може бути встановлена SIM карта свого оператора стільникового зв'язку.

Робота кожного каналу може бути окремо запрограмована (кожен канал може мати свій розклад, наприклад, перемикання каналів може відбуватися відповідно до кількості виговорених хвилин).

Зовнішній вигляд GSM шлюзу з підключенням USB-порту наведений на рис. 3.5 [12].



Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд GSM шлюзу з підключенням USB-порту

VoIP-шлюз – це пристрій, що призначений для підключення ТА або офісних АТС до IP-мережі для передачі через неї голосового трафіку.

VoIP-шлюзи можна розділити на багатоканальні та одноканальні:

– багатоканальні VoIP-шлюзи призначені для корпоративного застосування. Такі шлюзи підключають до офісних АТС. З їх допомогою по IP-мережі передають одночасно десятки телефонних розмов;

– одноканальні VoIP-шлюзи використовують в невеликих (домашніх) офісах. До таких шлюзів підключають звичайні аналогові телефонні апарати.

VoIP-шлюз як правило має вбудований маршрутизатор, що підтримує широкий набір протоколів маршрутизації, авторизацію користувачів з можливістю автоматичного отримання та роздавання IP-адрес (як сервер та як клієнт), встановлення пріоритетів для різних видів трафіку, і має достатній набір функцій управління смугою пропускання, безпекою мережі, обліком/аналізом трафіку та адміністрування.

Зовнішній вигляд VoIP-шлюзу показаний на рис. 3.6 на прикладі моделі DVG-5008S фірми D-Link, що має 8 портів FXS [13].

Цей шлюз перетворює голосові дані в пакети для передачі через Internet та повністю сумісний із сервісами IP-телефонії на базі протоколу SIP. Шлюз DVG-5008S реалізує наступні функції виклику [13]:

– утримання виклику, очікування, переадресація, пересилання виклику;

- зручний контроль із системою реєстрації телефонних викликів;
- відображення ідентифікатора абонента, який викликається (Caller ID).



Рисунок 3.6 – Зовнішній вигляд шлюзу VoIP DVG-5008S фірми D-Link

Голосові функції шлюзу реалізуються шляхом підтримки наступних кодеків: G.711 а / у, G.726 (32К), G.729А, G.723.1.

IP-телефон або VoIP-телефон – це телекомунікаційний пристрій, що забезпечує можливість голосового спілкування віддалених абонентів, де в якості середовища для передачі голосу використовуються канали IP-мережі.

Апаратні VoIP-телефони можуть мати інтерфейси для підключення до IP-мережі, як і за стандартом 802.3 (Ethernet), так і за стандартом 802.11 (Wi-Fi). Існують також і програмні VoIP-телефони, в технічній документації вони часто називаються SoftPhone. Зовнішній вигляд апаратного IP-телефону модельної серії LinkSys компанії Cisco наведено на рис. 3.7 [14].



Рисунок 3.7 – Зовнішній вигляд IP телефону LinkSys від компанії Cisco

Таким чином, в мультисервісній LAN корпоративного рівня на базі протоколу SIP, типовий варіант якої наведений на рис. 3.3, можуть бути надані такі послуги для користувачів:

- звичайний телефонний зв'язок для абонентів, які знаходяться в середині мережі кафедри, так і за її межами;
- вихід в мережу Internet і, відповідно, все різноманіття інфокомунікаційних послуг Internet;
- організація відеоконференцій в межах кафедри та у разі віддаленого підключення;
- підключення мобільних абонентів, клієнтів з ПЗ SoftPhone за технологією Wi-Fi та ін.

4 ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОДУКТУ ASTERISK У ЯКОСТІ ПЗ SIP-СЕРВЕРА МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ LAN

У відповідності з технічним завданням до кваліфікаційної роботи та як було обґрунтовано в попередньому розділі основним компонентом мультисервісної локальної мережі корпоративного рівня, варіант якої наведений на рис. 3.3, є SIP-сервер IP-телефонії на базі програмного забезпечення Asterisk PBX, який виконує функції комутації викликів, їх обробку, облік трафіку розмов на програмному рівні.

Asterisk IP-PBX – це рішення для комп'ютерної телефонії з відкритим вихідним кодом від компанії Digium, яке було розроблено Марком Спенсером. Додаток працює під управлінням ОС Linux, FreeBSD та Solaris подібних. За своєю суттю ПЗ Asterisk IP-PBX виконує в мережі функції Softswitch [15].

Для забезпечення функцій повноцінного сервера, забезпечення надійного захисту сервера від злому, – в якості операційної системи на сервері була обрана ОС Linux Ubuntu 10.10 Server 64x. Це 64-х бітна система, що дозволяє оптимально розподілити продуктивність процесора та пам'яті.

Ім'я проекту Asterisk походить від назви символу «*» (зірочка, астеріск). Asterisk в комплексі з необхідним обладнанням володіє всіма можливостями класичної АТС, підтримує безліч VoIP протоколів та надає безліч функцій управління дзвінками, такі як: голосова пошта, конференції, інтерактивне голосове меню, управління викликами (постановка дзвінків у чергу та розподіл їх по агентам, використовуючи різні алгоритми), запис розмов, тощо [15].

Asterisk розповсюджується на умовах подвійної ліцензії, завдяки якій одночасно з основним кодом, що розповсюджується за відкритою ліцензією GNU GPL, можливе створення закритих модулів, що містять ліцензійований код: наприклад, модуль для підтримки кодека G.729 [15].

Asterisk може працювати як з аналоговими лініями (FXO / FXS модулі), так і цифровими (ISDN BRI і PRI – потоки T1/E1). За допомогою відповідних комп'ютерних плат Asterisk можна підключити до ліній T1/E1, що дозволяють працювати паралельно з десятками та сотнями телефонних з'єднань. Повний список обладнання, що підтримується для з'єднання з ТМЗК, визначається підтримкою обладнання в модулях ядра [15].

Softswitch Asterisk є консольним додатком, основні його налаштування здійснюються через командний рядок. Але для полегшення роботи користувачам з цим програмним забезпеченням було реалізовано безліч додаткових модулів, управління якими можна здійснювати через Web-сторінку на сервері. Розглянемо основні програмні модулі, що використовуються для роботи з Asterisk [16].

4.1 Asterisk Management Interface (AMI)

AMI – це потужний та зручний API Asterisk для управління системою із зовнішніх програм. Додатково з AMI, часто використовується AGI – це інтерфейс для запуску зовнішніх програм, що управляють каналом Asterisk в рамках конкретного виклику. Завдяки AMI зовнішні програми можуть здійснювати з'єднання з Asterisk за допомогою TCP протоколу, ініціювати виконання команд, зчитувати результат їх виконання, а також отримувати повідомлення про події, що відбуваються в реальному часі [17].

Досить часто AMI використовують для інтеграції з бізнес-процесами та системами, програмним забезпеченням управління взаємодією з клієнтами (Customer Relationship Management, CRM). Він також може застосовуватися для різноманітних додатків, таких як програми автоматичного набору номера та системи click-to-call (дзвінок-по-клацанню) [17].

Управління Asterisk як правило здійснюється із консолі CLI, але у разі використання AMI не потрібний прямий доступ до сервера, на якому запущений Asterisk [17].

4.2 Flash Operator Panel (FOP)

Ця програма застосовується для управління з'єднаннями в Asterisk PBX. FOP, запускається в браузері з флеш-плагіном і відображає стан з'єднань в реальному часі. Макет повністю конфігурується (розмір кнопок, кольору, компоновка, тощо). За допомогою стандартного пакету Asterisk Flash Operator Panel, є можливість спостерігати за активністю IP-PBX Asterisk в реальному масштабі часу, а також керувати з'єднаннями за допомогою операцій «drag-and-drop» [15].

Основні стандартні функції FOP [15]:

- відстеження зайнятості, виклику і звільнення абонентів;
- відстеження з'єднань абонентів між собою або з телефонними інтерфейсами;

- статус реєстрації SIP та IAX апаратів;
- статус конференцій та кількість учасників;
- кількість дзвінків у черзі очікування;
- відстеження кількості повідомлень в VoiceMail Box;
- запарковані дзвінки.

Оператору в будь-який момент доступні наступні дії [15]:

- прослуховування дзвінків абонентів;
- переривання розмови абонентів;
- переведення дзвінка простим перетягуванням іконки;
- з'єднання абонентів простим перетягуванням іконки;
- ручна установка Caller ID при переведенні або з'єднанні дзвінка;
- автоматичне відкриття Web-сторінки з описом абонентів IP-телефонії;
- відключення від передачі (функція «mute») або підключення («unmute») учасників конференцій.

Загальний вигляд робочої панелі програми FOP показаний на рис. 4.1 [15].

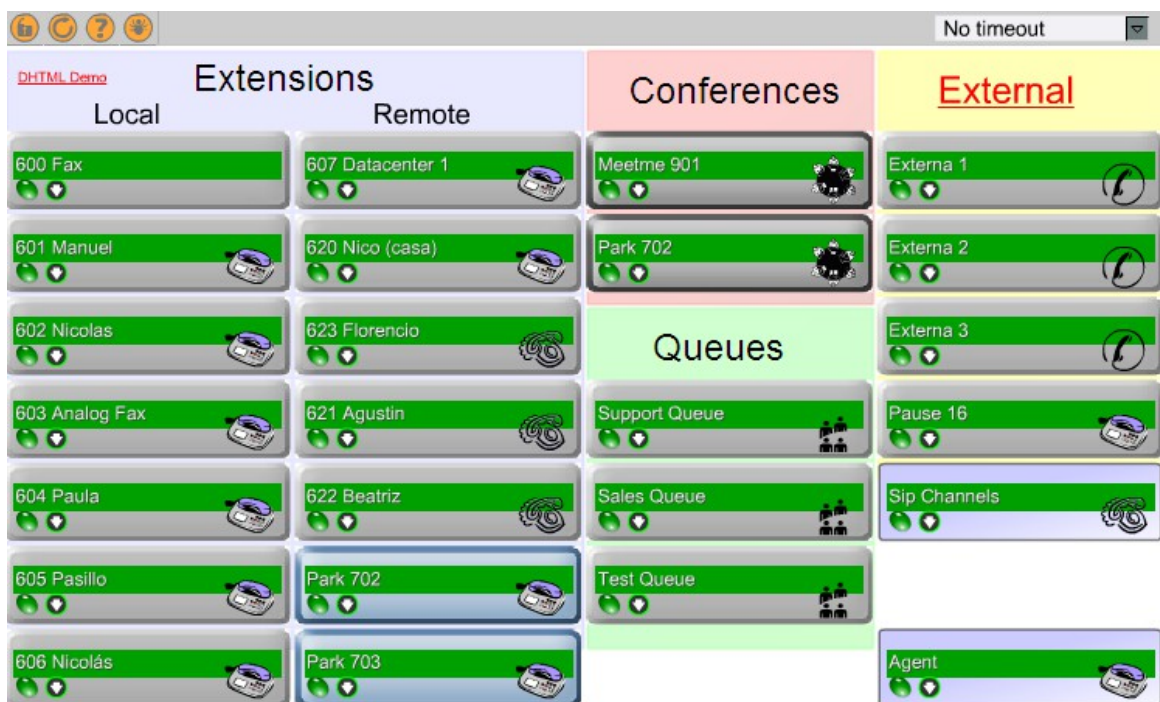


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд FOP

4.3 Плагін FreePBX

Плагін FreePBX – це повнофункціональний web -інтерфейс для конфігурації Asterisk PBX. Загальний вигляд головного вікна інтерфейсу FreePBX наведений на рис. 4.2 [18].

У разі проведення конфігурації є можливість управляти наступними параметрами системи [18]:

- управління внутрішніми номерами (додавання, редагування номерів);
- управління вихідною маршрутизацією (додавання нових маршрутів, редагування маршрутів);
- управління вхідною маршрутизацією;
- управління транками;
- управління списком адміністраторів системи;
- створення чорного списку;
- управління чергами викликів;
- управління конференціями.



Рисунок 4.2 – Загальний вигляд вікна плагіна FreePBX

4.4 A2Billing – плагін білінгової системи

Плагін A2Billing – це білінгова система для Asterisk (автоматизована система обліку послуг, що надаються, їх тарифікації та виставлення рахунків для оплати). Плагін розповсюджується за ліцензією GNU GPL, будується за допомогою відкритих продуктів – Apache, MySQL та Drupal і дозволяє допомагати Web-інтерфейсу виконувати основні операції, такі як [19]:

- перегляд інформації про SIP (облікових записів);
- підтримка віртуальних облікових записів, з можливістю їх прив'язки до будь-якого номеру;
- білінг, що базується на тривалості дзвінка та напрямку;
- виведення балансу, витрат та платежів по кожному рахунку, дзвінки в кредит, передплачені послуги;
- відсилення попереджень про недостатню кількість коштів на вказаний e-mail;
- можливість здійснення дзвінка через Web-інтерфейс, та ін.

У разі необхідності A2Billing можна легко налаштувати для надання всього спектру послуг: тарифи, створення рахунків, прийом платежів через цілий ряд платіжних систем. Може бути сконфігурований на надання дзвінків за картками, з використанням номера та PIN-коду [19].

Основними функціями A2Billing є [19]:

- інтерактивне голосове меню (IVR) з можливістю вибору мови голосового меню, налаштуваннями для швидкого доступу до потрібної інформації (баланс, час розмови, та ін.), переговорами між користувачами, тощо;
- Web-інтерфейс адміністратора – створення облікових записів, каналів, підключення до VoIP-провайдерів, управління білінгом, управління та облік використання прямого внутрішнього набору номеру (Direct Inward Dialing, DID) шлюзу, перегляд журналів, звіти, а також створення карт, експорт та імпорт карт з інших сервісів, налаштування callback, робота з дистриб'юторами, тощо;
- Web-інтерфейс користувача – перегляд інформації про здійснені дзвінки, стан рахунку, web-телефон, управління номерами, у тому числі і DID, тощо.

Зовнішній вигляд вікна плагіна білінгової системи A2Billing наведений на рис 4.3 [19].

4.5 Плагін VMukti

Плагін дозволяє виконувати через сервер відео конференції для Asterisk в режимі підключення «точка-точка» (Point-to-Point, P2P). Зовнішній вигляд вікна плагіна VMukti зображений на рис. 4.4.

The screenshot displays the A2Billing web interface. At the top, there is a navigation bar with links for HOME, DASHBOARD, NOTIFICATION (with a 'NEW' badge), and LOGOUT. A sidebar on the left contains a menu with categories like CUSTOMERS, AGENTS, ADMINS, SUPPORT, CALL REPORTS, RATES, PROVIDERS, INBOUND DID, OUTBOUND CID, BILLING, INVOICES, PACKAGE OFFER, RECUR SERVICE, CALLBACK, CAMPAIGNS, MAINTENANCE, MAIL, and SYSTEM SETTINGS. The main content area features a blue information box, a search bar for customers, and a table of customer records. The table has 16 rows and columns for ID, ACCOUNT NUMBER, LOGIN, LASTNAME, GROUP, BA, PLAN, STATUS, LG, and ACTION. The 'ACTION' column contains icons for search, edit, delete, SIP, IAX, and email. A pagination bar at the bottom right shows page numbers 1 through 16, with 'Next' and 'Last' options.

ID	ACCOUNT NUMBER	LOGIN	LASTNAME	GROUP	BA	PLAN	STATUS	LG	ACTION
604	7270483603	124	zerfeztf	DEFAULT	42,000 USD	New Plan	ACTIVATED	es	[Icons]
605	1887421447	019250744257227	zerfeztf	DEFAULT	43,000 USD	New Plan	ACTIVATED	en	[Icons]
606	6370383861	845483135888899	wamen	DEFAULT	81,000 USD	New Plan	ACTIVATED	en	[Icons]
607	5009211559	421898600949978	aa	DEFAULT	25,000 USD	New Plan	ACTIVATED	en	[Icons]
608	6399935974	099821405306781	gcb	DEFAULT	30,000 USD		ACTIVATED	en	[Icons]
609	1690557571	427981536063653	gaf	DEFAULT	25,000 USD	New Plan	ACTIVATED	en	[Icons]
610	2132743372	145331623310934	fran	DEFAULT	30,000 USD		ACTIVATED	en	[Icons]
611	6199826212	566917683422692	Bandems	DEFAULT	25,000 USD	New Plan	ACTIVATED	en	[Icons]
614	3200787131	319522874027058	sicompany	DEFAULT	35,000 USD	New Plan	ACTIVATED	en	[Icons]
615	1581635673	701656379111321		DEFAULT	40,000 USD		ACTIVATED	en	[Icons]

Рисунок 4.3 – Зовнішній вигляд вікна білінгової системи A2Billing

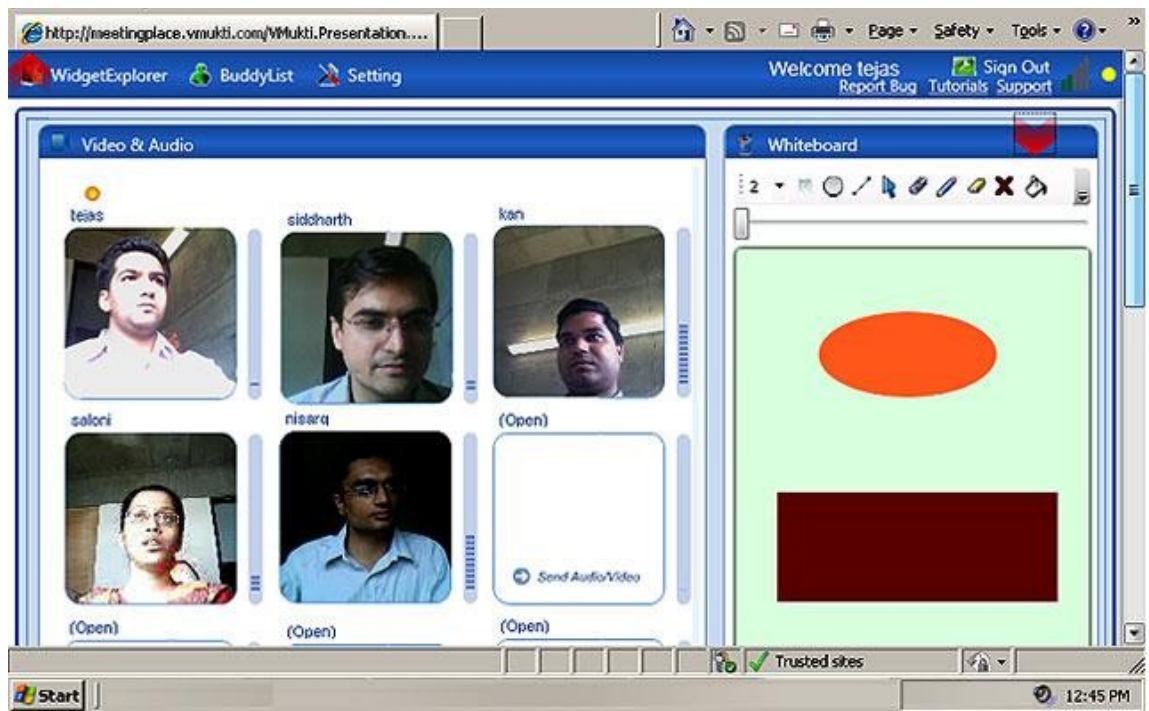


Рисунок 4.4 – Зовнішній вигляд вікна плагіна VMukti

Потрібно зазначити, що послуги в мультисервісній мережі за SIP протоколом мають надаватися з необхідною якістю, що визначається не тільки сценаріями встановлення з'єднань, обладнанням і програмним забезпеченням. Також найважливішою задачею адміністратора у разі організації мультисервісної мережі є визначення необхідної пропускної здатності IP-каналу при наданні мультимедійних широкосмугових послуг. Планування пропускної здатності дозволить мінімізувати вплив затримок на передачу пакетів в мережі, їх втрати, а також оптимально підібрати кодек стиснення мовної інформації у разі передачі такого типу трафіку.

Тому далі здійснюється типова оцінка смуги пропускання мережі, що необхідна для забезпечення потрібного QoS при передачі мовного трафіку.

5 ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ QoS У РАЗІ ПЕРЕДАЧІ МОВНОГО ТРАФІКУ В МУЛЬТИСЕРВІСНІЙ SIP-МЕРЕЖІ

5.1 Чинники, що впливають на QoS передачі мовного трафіку

На якість передачі голосового трафіку в будь-якій IP-мережі найбільш суттєво впливають такі чинники: відлуння, затримка передачі пакетів та їх втрата.

Відлуння виникає в мережі у тих випадках, коли відбувається передача сигналів з 2-проводових на 4-проводові лінії. Для того, щоб компенсувати цей фактор, в обладнанні використовуються стандартні схеми придушення відлуння (Рек. ITU G.165).

Затримка має два компоненти: фіксовану та змінну складову, що також називається джиттером. Для мінімізації затримки та джиттера для голосового трафіку застосовують механізми якості сервісу.

Втрата пакетів є результатом пакетного насичення мережі. Для компенсації мережа повинна мати можливість вибірково скидати пакети, але це застосовується лише для деяких типів трафіку. Кодеки, що застосовуються для стиснення інформації, мають спеціальні алгоритми, які дозволяють маскувати втрату пакету при сприйнятті кінцевим користувачем.

Існують рекомендації ITU-T щодо припустимих рівнів затримки. У більшості випадків вона не повинна перевищувати 150 мс у разі передачі мови. Затримки від 150 до 400 мс також можуть бути прийнятними, якщо приймаються до розгляду питання економічного характеру (у першу чергу, вартість розмови). У загальному випадку мережі VoIP проектуються із затримкою розповсюдження в одну сторону не більш ніж 200 мс [20, 21].

Затримка розповсюдження розраховується в залежності від відстані між вихідною точкою та точкою призначення. У розрахунках зазвичай приймають затримку розповсюдження, яка дорівнює 6 мкс на кілометр.

Інтерфейсна затримка (затримка у разі передачі в канал) виникає в процесі розміщення бітів в зовнішній інтерфейс. Інтерфейсна затримка є суттєвою для каналів з пропускнуою здатністю менше 768 Кбіт/с. В якості прикладу, що демонструє різницю інтерфейсної затримки, можна навести такі цифри. Розміщення 1 байта на інтерфейс 64 Кбіт/с дає затримку в 125 мс. Той же самий байт, розміщений на інтерфейс 155 Мбіт/с, дає затримку всього лише в 0,05 мс [21].

Затримка обробки включає в себе алгоритмічну затримку та затримку пакетизації. Алгоритмічна затримка пов'язана з обробкою голосу. Зазвичай вона становить від 1 до 30 мс для типових кодеків. Затримка пакетизації виникає в процесі утримання голосових зразків при переміщенні їх в пакет IP доти, поки їх достатня кількість не заповнить цей пакет [21].

Затримка в черзі викликана очікуванням обслуговування попередніх пакетів на інтерфейсі. Час очікування суттєво залежить від розміру тих пакетів, які знаходяться на чолі черги. Для того щоб мінімізувати цей тип затримки, необхідна відповідна конфігурація маршрутизаторів.

Різниця часу затримок передачі від пакета до пакета (джиттер) – це різниця між очікуваним та фактичним часом надходження чергового пакету. Пристрої VoIP використовують спеціальний буфер (деджиттер-буфер) для встановлення постійного темпу обробки пакетів, таким чином досягається плавність звучання голосу. Затримка в деджиттер-буфері (відтворюючому буфері) утворюється на приймальному кінці у разі вирівнювання виникаючої варіації затримки голосових пакетів.

Відповідно до вищенаведених складових затримки, наведемо приклад її аналізу, результати якого зведені до табл. 5.1. Слід зазначити, що в цій таблиці при проведенні розрахунку затримки розповсюдження слід враховувати деякі практичні характеристики стану мережі передачі [21].

Таблиця 5.1 – Розрахунок затримок, у разі передачі голосового трафіку

Типи затримки	Фіксована	Змінна
Алгоритмічна затримка кодека (G.729)	5 мс	-
Затримка пакетизації (за 2 x 10 байтних голосових зразка)	20 мс	-
Затримка в черзі	-	6 мс
Інтерфейсна затримка (залежить від смуги на інтерфейсі, при інтерфейсі більше за 512 Кбіт/с)	Менш 1 мс	-
Затримка розповсюдження (6 мкс на 1 км)	600 мкс (на 100 км)	-
Затримка в деджиттер-буфері	-	50 мс
Разом:	27 мс	56 мс
Всього:	83 мс	

5.2 Принципи забезпечення QoS в IP-мережі

В IP-мережах використовуються наступні п'ять основних принципів забезпечення QoS:

1) Маркування – використовує спеціальний тип маркера в заголовку пакета, відповідно до якого здійснюється класифікація та подальше визначення політик. Маркування дозволяє не здійснювати повторну класифікацію пакетів у кожній наступній точці шляху. Прикладом маркування можуть служити правила пріоритетності IP Precedence (3 біта) або DiffServ Code Point (DSCP) (6 біт) в полі IP-заголовка Type of Service (ToS) [22].

2) Класифікація – це процес інспекції пакетів для визначення, до якого типу трафіку вони відносяться. Засоби класифікації ґрунтуються на різних атрибутах, таких як протокол, номер порту, розмір пакета, вміст заголовку пакета, інтерфейс і ін. Прикладом може служити обмеження смуги пропускання вхідного та вихідного трафіку з використанням гарантованої швидкості доступу (Committed Access Rate, CAR). Цей механізм класифікує трафік на основі гнучких правил, що включають правила пріоритетності (IP Precedence), контрольні списки IP-доступу, вхідні інтерфейси та MAC-адреси. CAR обмежує швидкість передачі певним пороговим рівнем, що допомагає уникнути переповнення опорної мережі [23, 24].

3) Визначення політики надає рішення, який трафік та яким способом буде оброблятися. При цьому використовуються схеми обмеження потоків. Ці можливості реалізовані, наприклад, в ПЗ Cisco QoS Policy Manager [25].

4) Механізми обробки черги (наприклад, зважений алгоритм рівномірного обслуговування черг (Weighted Fair Queuing, WFQ)) забезпечують складні схеми пріоритетності одного типу трафіку над іншим. Найчастіше створюється особлива черга, яка обслуговується за пріоритетною схемою в першу чергу, поки всі заявки з неї не будуть вибрані. Передбачається, що частина пропускну здатності залишається іншим чергам, які обслуговуються за алгоритмом зваженого обслуговування [23, 24].

5) Згладжування трафіку – діє як принцип обмеження, але на відміну від нього не скидає пакети, що перевищують певний поріг, а буферизує їх та зберігає в черзі.

Такі принципи мають бути застосовані у процесі налаштування маршрутизаторів IP-мережі.

5.3 Типи кодеків

Основним стандартом у цій галузі є імпульсно-кодова модуляція (Pulse Code Modulation, PCM), що подає голос у вигляді потоку шириною в 64 Кбіт/с. Методи компресії знижують смугу нижче 64 Кбіт/с. У табл. 5.2 наведені типи кодеків та їх параметри. Звичайно, що велике значення має економія смуги, але крім цього необхідно пам'ятати про якість голосу [21].

Таблиця 5.2 – Типи кодеків, що застосовуються в IP-мережах та їх параметри

Методи компресії	Стандарт ІТУ-Т	Полоса, Кбіт/с	Оцінка MOS	Затримка, мс.
PCM	G.711	64 (DS0)	4.1	0.75
ADPCM	G.726	32	3.85	1
CS-ACELP	G.729	8	3.9	10
CS-ACELP	G.729a	8	3.85	10
MP-MLQ/ ACELP	G.723.1	6.3/5.3	3.8/3.75	30

У таблиці також присутній параметр усередненої сукупної оцінки (Mean Opinion Score, MOS), який визначає середню оцінку якості голосу, що отримана експертним шляхом. Найвищий бал – 5, нижчий бал – 1, при цьому [21]:

- Бали 4-5 показують еталон якості, так званий, toll-quality;
- Бали 3-4 – рівень прийнятної комунікаційної якості;
- Бали нижче 3 – це синтетична якість.

Параметр MOS дає суб'єктивну оцінку, але ця методика є офіційною, вона описується в документах ІТУ-Т. Метод оцінки якості мовного зв'язку (Perceptual Speech Quality Measurement, PSQM) є більш сучасним і описаний в стандарті ІТУ-Т P.861 [21, 26].

За даними компанії Cisco, сьогодні домінуючим у використанні типом кодека є G.729. За методом MOS у разі суттєвого стиснення, його якість відтворення голосу оцінюється лише на 0,2 бали нижче, ніж кодека G.711. Саме тому, кодек G.711 користується особливою популярністю [21, 27].

За весь час існування цього напрямку було розроблено велику кількість кодеків, що використовуються для передачі аудіо-та відеоінформації в системах

IP-телефонії. Найбільш популярними (за кількістю користувачів та підтримки в кінцевих пристроях) на цей час є [21, 26, 27]:

1) G.711 – стандартизований ІТУ-Т кодек, що використовується в пристроях ІSDN. Необхідна пропускна здатність – 64 Кбіт/сек. Існують два різновиди кодека а-

відбувається шляхом розбиття великих пакетів та чергування їх з невеликими. Величина заголовка MLPPP додає 6 байт.

5.4 Розрахунок смуги пропускання для кодеку

Розрахуємо необхідну смугу для кодека G.729 наступним чином [21, 24]:

$$\begin{aligned} \text{Розмір голосового пакета} &= \text{MLPPP заголовок} + \text{стиснений заголовок RTP} + \\ \text{корисне навантаження} &= 6 + 2 + 20 = 28 \text{ байт,} \end{aligned} \quad (5.1)$$

$$\text{Розмір пакета в бітах} = 28 \text{ байт} \cdot 8 \text{ біт} = 224 \text{ біт,} \quad (5.2)$$

$$\begin{aligned} \text{Число пакетів в секунду} &= 8 \text{ Кбіт/с} / 160 \text{ біт} = 50 \text{ пакетів/с;} \\ 160 \text{ біт} &= 20 \text{ байт (корисного навантаження)} \cdot 8 \text{ біт,} \end{aligned} \quad (5.3)$$

$$\text{Полоса для 1 голосового каналу} = 224 \text{ біт} \cdot 50 \text{ пакетів/с} = 11,2 \text{ Кбіт/с} \quad (5.4)$$

Таким чином, з проведеної оцінки видно, що реальна смуга для передачі одного мовного каналу при використанні кодека G.729 становить 11,2 Кбіт/с.

Більш докладні, аналогічним чином розраховані дані по різних типам кодеків, наведені в таблиці 5.3 [21].

Таблиця 5.3 – Параметри смуги пропускання для найбільш поширених кодеків

Методи компресії	Розмір пакета, Байт	Полоса, Кбіт/с (у разі сRTP та MLPPP)	Полоса, Кбіт/с (у разі MLPPP)	Полоса, Кбіт/с (у разі VAD та MLPPP)	Полоса, Кбіт/с (у разі сRTP, VAD та MLPPP)
G.711 (64 Кбіт/с)	240	66	76	50	43
G.711 (64 Кбіт/с)	160 (за замовч.)	68	83	54	44
G.729 (8 Кбіт/с)	40	9.6	17.2	11.2	6.3
G.729 (8 Кбіт/с)	20 (за замовч.)	11.2	26.4	17.2	7.3
G.723.1 (6.3 Кбіт/с)	48	7.4	12.3	8.0	4.8
G.723.1 (6.3 Кбіт/с)	24 (за замовч.)	8.4	18.4	12.0	5.5
G.723.1 (5.3 Кбіт/с)	40	6.4	11.4	7.4	4.1
G.723.1 (5.3 Кбіт/с)	20 (за замовч.)	7.4	17.5	11.4	4.8

Проведений розрахунок за формулами 5.1 - 5.4 для різних типів кодеків показав, що у разі збільшення числа користувачів вимоги щодо смуги

пропускання у кодеків G.711 є дуже високими та можуть призвести до швидкого завантаження каналів. У той же час вимоги щодо смуги пропускання до кодеків G.729 і G.723.1 є набагато меншими (рис. 5.1). Цей факт пояснює їх поширене застосування в IP-мережах у разі передачі голосового трафіку. Однак слід зазначити, що кодек G.723.1 має дещо гірші характеристики за якістю та затримкою мовного сигналу (табл. 5.2). Тому рекомендується у разі достатньої смуги пропускання використовувати кодек G.729 [27].

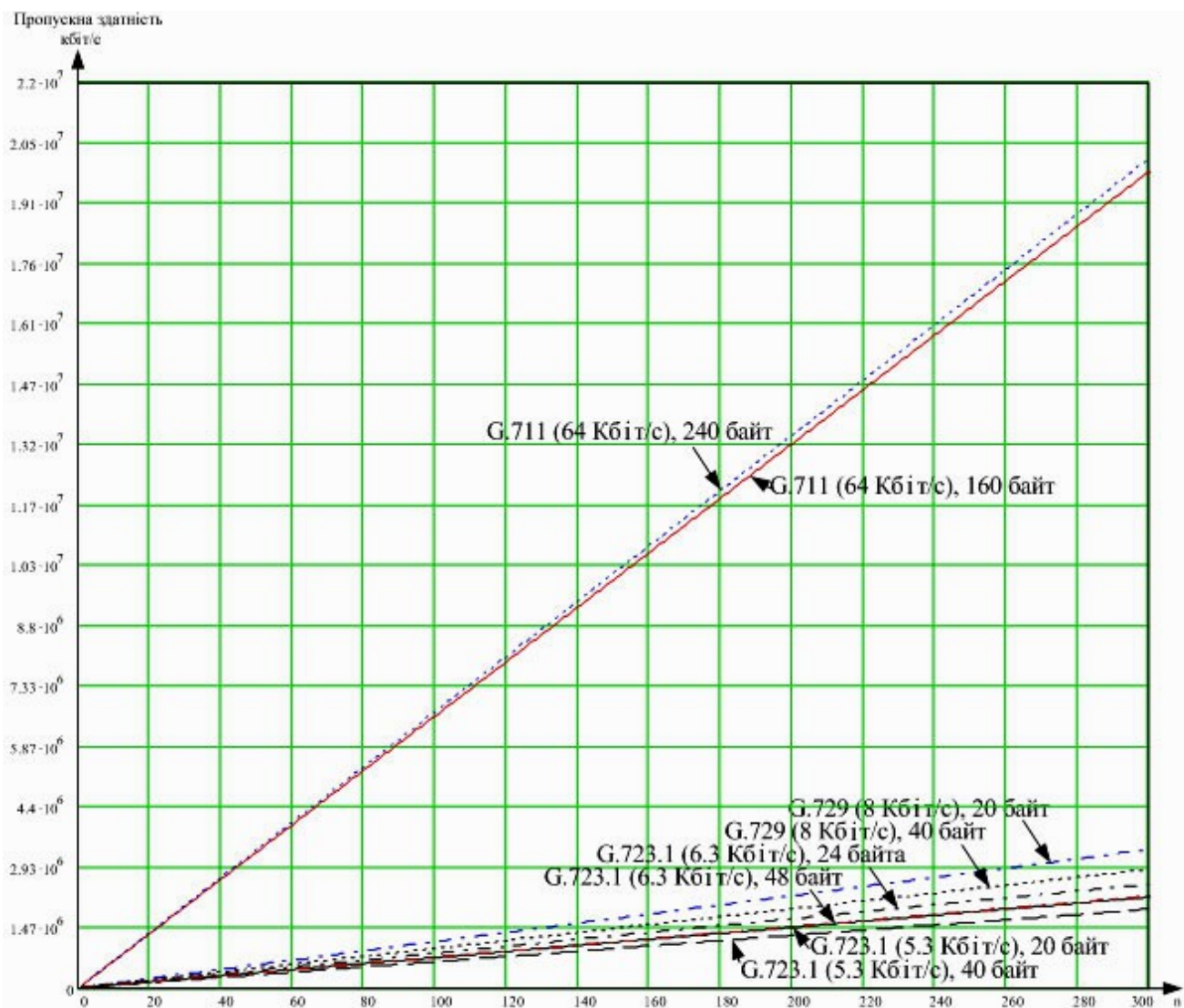


Рисунок 5.1 – Залежності використання смуги пропускання каналів від кількості абонентів при застосуванні різних кодеків

Описані етапи є важливими складовими побудови та / або впровадження систем IP-телефонії, у тому числі і на базі протоколу SIP в сучасних мультисервісних корпоративних мережах. Застосування цієї методики при

розробці мультисервісної локальної мережі корпоративного рівня на базі протоколу SIP на кафедрі «Інформаційно-мережної інженерії» дозволить оптимально використовувати існуючі ресурси та технології, а також створити рішення, що відповідає, з одного боку, вимогам навчального процесу, а з іншого – має подальший потенціал для розвитку.

ВИСНОВКИ

У цій кваліфікаційній роботі проаналізовані та обґрунтовані підходи щодо організації мультисервісної корпоративної LAN на базі платформи IP-телефонії за протоколом SIP для кафедри «Інформаційно-мережна інженерія», ХНУРЕ.

У першому розділі кваліфікаційної роботи зроблено огляд базових особливостей і принципів організації та функціонування мультисервісних мереж за протоколом SIP. Зокрема висвітлені загальні поняття і особливості концепції організації мультисервісних мереж, та основні особливості, принципи побудови і функціонування мереж IP-телефонії за протоколом SIP. Особлива увага приділена аналізу структури повідомлень та механізмам адресації в SIP-мережах.

Показано, що SIP – це протокол прикладного рівня, за допомогою якого здійснюються такі операції, як встановлення, модифікація та завершення мультимедійних сесій або викликів в IP-мережі. Він відноситься до класу протоколів сигналізації і надає користувачам можливість брати участь у вже існуючих сеансах зв'язку, а також запрошувати або бути запрошеними до участі у сеансах, які тільки створюються. Протокол SIP за структурою відповідає протоколам HTTP і SMTP. Зокрема з HTTP він позичив клієнт-серверну архітектуру і використання вказівників та ідентифікаторів ресурсів (URL та URI), а із SMTP – спосіб кодування тексту і стиль заголовків.

У межах аналізу, що проводився, для визначення загальних концепцій організації мультисервісних мереж із застосуванням IP-телефонії на базі протоколу SIP у другому розділі кваліфікаційної роботи особлива увага була приділена дослідженню принципів його роботи. Для цього були розглянуті сценарії здійснення з'єднання в SIP-мережах. Показано, що протоколом SIP передбачено два основні сценарії здійснення з'єднання: за участю проксі-сервера і за участю сервера переадресації. Відмінність між цими сценаріями лежить в процедурі пошуку та запрошення користувача, якого визивають, до взаємодії. У першому випадку ці функції покладає на себе проксі-сервер, а користувачеві, що здійснює виклик, необхідно знати тільки постійну SIP-адресу користувача, якого викликають. У другому випадку сторона, яка викликає, самостійно здійснює з'єднання, а сервер переадресації лише реалізує перетворення постійної адреси абонента, якого викликають, в його поточну адресу.

У відповідності з розглянутими принципами побудови та функціонування мультисервісних мереж із застосуванням технології IP-телефонії за протоколом SIP та принципами його роботи в практичній частині кваліфікаційної роботи була проведена розробка типового варіанту структурно-функціональної схеми мультисервісної LAN кафедри ІМІ на базі корпоративної локальної мережі, що вже була розгорнута. Також було стисло обґрунтоване необхідне для організації такої мережі обладнання та програмне забезпечення.

Також в кваліфікаційній роботі проведено оцінку параметрів QoS у разі передачі мовного трафіку в мультисервісній SIP-мережі. Доцільність проведення цього аналізу базується на тому, що якість наданих послуг в мультисервісній мережі із застосування IP-телефонії визначається не тільки сценаріями здійснення з'єднань за протоколом SIP в процесі забезпечення обслуговування викликів. Дуже важливою задачею адміністратора у разі організації мережі такого типу є визначення потрібної пропускної здатності IP-каналу у разі здійснення передачі мультимедійних повідомлень і, зокрема, мовного трафіку. Планування пропускної здатності - це крок до мінімізації впливу часових затримок на передачу пакетів в мережі, на їх втрати, а також дозволяє вибрати ефективний кодек стиснення мовної інформації у разі передачі зазначеного типу трафіку по мережі.

Було зроблено розрахунок для різних типів кодексів, який показав, що у разі збільшення кількості користувачів, вимоги щодо смуги пропускання у кодеків G.711 є найвищими, що може призвести до швидкого завантаження каналів. Вимоги щодо смуги пропускання для кодеків G.729 і G.723.1 є набагато меншими ніж у G.711, що пояснює їх більш широке застосування в інформаційних мережах при використанні VoIP. Кодек G.723.1 має трохи гірші параметри щодо якості та за затримкою мовного сигналу. Тому у роботі зроблена рекомендація застосовувати у разі наявності достатньої смуги пропускання мовний кодек G.729.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Телекоммуникационные системы и сети: Мультисервисные сети, Том 3 / В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 592 с.
2. Гольдштейн Б.С. Интеллектуальные сети / Б.С. Гольдштейн, И.М. Ехриель и др. – М.: Радио и связь, 2000. – 500 с.
3. Михайлов В.Ф. Розробка концепції конвергенції телефонних мереж і мереж з пакетною комутацією в Україні/В.Ф. Михайлов, В.С. Ляшевич // Звіт про розробку науково–технічної продукції. – К.: Державний Комітет зв'язку та інформатизації України – УНДІЗ, 2003
4. Гольдштейн Б.С. IP-телефонія / Б.С. Гольдштейн, А.В. Пинчук, А.Л. Суховицкий. – М.: Радио и связь, 2001. – 336 с.
5. Сергей А. SIP-телефонія [Електронний ресурс] / Аношкин Сергей // Copyright © by iXBT.com. – 1996. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ixbt.com/comm/proto-sip.shtml>.
6. SIEMENS. Подробное описание протокола SIP [Електронний ресурс] / © ООО Siemens Enterprise Communications – 2008. – Режим доступу до ресурсу: <http://open-academy.ru/5/24/118>.
7. Денисова Т.Б., Б Мультисервисные АТМ-сети / Т.Б. Денисова, А.Н. Назаров, Б.Я. Лихтендер, М.В. Симонов, С.М. Фомичев. – М. Эко-Трендз, 2005. – 320 с.
8. Росляков А.В. IP-телефонія / А.В. Росляков, М.Ю. Самсонов, И.В. Шибаева. – М.: Эко-Трендз, 2001.
9. Погребенник Андрей Все, что вы хотели знать о протоколе SIP [Електронний ресурс] / А. Погребенник. // Системный администратор. – 2007. – №5. – Режим доступу до ресурсу: <http://samag.ru/archive/article/1831>.
10. Гльдштейн А.Б. SOFTSWITCH / А.Б. Гльдштейн, Б.С. Гльдштейн. – СПб.: БХВ – Санки-Петербург, 2006. – 368 с.
11. Меггелен Дж. Asterisk: будущее телефонии: пер. с англ. / Дж. Меггелен, Л. Мадсен, Дж. Смит. – СПб: Символ-Плюс, 2009. – 656 с.
12. Vandrich Vandluxе C270 USB модем Internet [Електронний ресурс] / Интернет-магазин беспроводного оборудования ONEGSM.ru. – 2007. – Режим доступу до ресурсу: http://www.onegsm.ru/show_good.php?idtov=2.
13. DVG-5008S [Електронний ресурс] / D-Link. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: <http://dlink.ru/ru/products/8/627.html>.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Телекоммуникационные системы и сети: Мультисервисные сети, Том 3 / В.В. Величко, Е.А. Субботин, В.П. Шувалов, А.Ф. Ярославцев. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 592 с.
2. Гольдштейн Б.С. Интеллектуальные сети / Б.С. Гольдштейн, И.М. Ехриель и др. – М.: Радио и связь, 2000. – 500 с.
3. Михайлов В.Ф. Розробка концепції конвергенції телефонних мереж і мереж з пакетною комутацією в Україні/В.Ф. Михайлов, В.С. Ляшевич // Звіт про розробку науково–технічної продукції. – К.: Державний Комітет зв'язку та інформатизації України – УНДІЗ, 2003
4. Гольдштейн Б.С. IP-телефонія / Б.С. Гольдштейн, А.В. Пинчук, А.Л. Суховицкий. – М.: Радио и связь, 2001. – 336 с.
5. Сергей А. SIP-телефонія [Електронний ресурс] / Аношкин Сергей // Copyright © by iXBT.com. – 1996. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ixbt.com/comm/proto-sip.shtml>.
6. SIEMENS. Подробное описание протокола SIP [Електронний ресурс] / © ООО Siemens Enterprise Communications – 2008. – Режим доступу до ресурсу: <http://open-academy.ru/5/24/118>.
7. Денисова Т.Б., Б Мультисервисные АТМ-сети / Т.Б. Денисова, А.Н. Назаров, Б.Я. Лихтендер, М.В. Симонов, С.М. Фомичев. – М. Эко-Трендз, 2005. – 320 с.
8. Росляков А.В. IP-телефонія / А.В. Росляков, М.Ю. Самсонов, И.В. Шибаева. – М.: Эко-Трендз, 2001.
9. Погребенник Андрей Все, что вы хотели знать о протоколе SIP [Електронний ресурс] / А. Погребенник. // Системный администратор. – 2007. – №5. – Режим доступу до ресурсу: <http://samag.ru/archive/article/1831>.
10. Гльдштейн А.Б. SOFTSWITCH / А.Б. Гльдштейн, Б.С. Гльдштейн. – СПб.: БХВ – Санки-Петербург, 2006. – 368 с.
11. Меггелен Дж. Asterisk: будущее телефонии: пер. с англ. / Дж. Меггелен, Л. Мадсен, Дж. Смит. – СПб: Символ-Плюс, 2009. – 656 с.
12. Vandrich Bandluxe C270 USB модем Internet [Електронний ресурс] / Интернет-магазин беспроводного оборудования ONEGSM.ru. – 2007. – Режим доступу до ресурсу: http://www.onegsm.ru/show_good.php?idtov=2.
13. DVG-5008S [Електронний ресурс] / D-Link. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: <http://dlink.ru/ru/products/8/627.html>.

14. Linksys SPA501G [Електронний ресурс] / компания Grand Service. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.gsc.com.ua/network/?id=2890>.
15. Asterisk-The Open Source Telephony Projects [Електронний ресурс] / Digium, Inc. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.asterisk.org>.
16. Программы для Asterisk [Електронний ресурс]. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.asterisk-pbx.ru/wiki/doku.php/soft>.
17. Asterisk Managment Interface (AMI) [Електронний ресурс] / Powered by Trac 0.12.1 By Edgewall Software. – Режим доступу до ресурсу: <http://asteriskpbx.ru/wiki/manager-interface-doc>.
18. IP-АТС FreePBX, Руководство администратора [Електронний ресурс] / ЗАО «Линия 24». – 2010. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.line24.ru>.
19. Яремчук, С. A2Billing – система отчетов и биллинга для Asterisk / С. Яремчук // Системный администратор. – 2008. – №1 – С. 64-68.
20. Кульгин М. Технология корпоративных сетей. Энциклопедия / М. Кульгин. – СПб.: Питер, 1999. – 704 с.
21. Саякин В. Анализ технологий и планирование качества мультисервисных сетей [Електронний ресурс] // Мобильные системы. – 2002. – №11. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.nvconsulting.net/prensa21.html>.
22. Афонцев Э. Основы технологии QoS [Електронний ресурс] / Эдуард Афонцев. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: http://network.xsp.ru/3_11.php.
23. Гугель Ю.В. Характеристики параметров «качество обслуживания» опорной инфраструктуры научно-образовательной сети / Ю.В. Гугель, Ю.Л. Ижванов // Информатизация образования и науки. – 2009. – №4.
24. Ярцев И. Принципы организации IP-телефонии на базе решений Cisco Systems / И. Ярцев // Информационный бюллетень Jet Info. – 2006. – № 9 (160). – 28 с.
25. Cisco QoS Policy Manager 1.0 [Електронний ресурс] / Cisco Systems, Inc. Important Notices and Privacy Statement. – 2001. – Режим доступу до ресурсу: http://www.cisco.com/russian_win/warp/public/3/ru/products/nman_enter_qospol.html.
26. Уиллис Д. Об оценке качества речевой связи / Дэвид Уиллис // Сети и системы связи. – 1999. – №11.
27. Каратаев І.В. Аналіз показників QoS у разі передачі мови по мережі IP-телефонії в залежності від типу кодека, що застосовується / І.В. Каратаєв, Ю.М. Колтун // матеріали 11-ої міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління». – Баку – Харків – Київ – Жиліна, 8 - 9 квітня, 2021 р. – С. 80.