ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «**ПОБУДОВА МЕРЕЖІ IP-ТЕЛЕФОНІЇ НА ОСНОВІ ПРОТОКОЛІВ SIP**»

на здобуття освітнього ступеня магістра
зі спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Телекомунікаційні системи та мережі
(назва)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Юрій ПАНАСЮК

_____ _____
(*підпис*)

Здобувач вищої освіти гр.ТСДМ-61 Юрій ПАНАСЮК _____

Керівник: КТН, доцент *науковий ступінь, вчене звання* Віталій ТЮРІН _____

Рецензент: *науковий ступінь, вчене звання* _____

_____

Київ 2025

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Навчально-науковий інститут телекомунікацій

Кафедра Телекомунікаційних систем та мереж
Ступінь вищої освіти Магістр
Спеціальність 172 Електронні комунікації та радіотехніка
Освітньо-професійна програма Телекомунікаційні системи та мережі

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедрою Телекомунікаційних систем та мереж
_____Віктор ЗАЇКА
«____» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Панасюку Юрію Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)
1. Тема кваліфікаційної роботи**: «**Побудова мережі IP-телефонії на основі протоколів SIP **»**
керівник кваліфікаційної роботи Віталій ТЮРІН, ДТН, доцент
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ науковий, ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «30» жовтня 2025 р. № 467.

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «___» _____ 2025 р.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:
1. Методики проведення аудиту стану мережі IP-телефонії
2. Програмні засоби аудиту та моніторингу мереж зв'язку
3. Методи оцінки результатів аудиту
4. Науково-технічна література. Стандарти. Рекомендації

1. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
   1. Призначення програмних продуктів
   2. Порівняння ефективності використання програмних продуктів
5. Перелік ілюстративного матеріалу: *презентація*

6. Дата видачі завдання «___» _____ 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір та аналіз науково-технічної літератури	10.10.2025	Викон.
2	Аналіз вибору технології мереж	20.10.2025	Викон.
3	Дослідження впливу протоколів передачі даних на продуктивність мережі	31.10.2025	Викон.
5	Висновки, вступ, реферат	30.11.2025	Викон.
6	Розробка презентації	15.12.2025	Викон.

Здобувач вищої освіти _____ Юрій ПАНАСЮК
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Керівник кваліфікаційної робот_____ Віталій ТЮРІН
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Навчально-науковий інститут телекомунікацій
ПОДАННЯ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ
ЩОДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
на здобуття освітнього ступеня магістр

Направляється здобувач Панасюк Ю.І. до захисту кваліфікаційної роботи

(прізвище та ініціали)

за спеціальністю 172 Електронні комунікації та радіотехніка
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Телекомунікаційні системи та мережі
(назва)
на тему: «Побудова мережі IP-телефонії на основі протоколів SIP».

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

Директор ННІТ _____ Владислав Кравченко
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Висновок керівника магістерської роботи

Здобувач Панасюк Юрій Іванович показав гарну теоретичну та інженерну підготовку, уміння володіти новими комп'ютерними технологіями, користуватися навчальною, довідковою і науково-технічною літературою. Працюючи над завданнями, які були поставлені керівником, проявив ініціативність, сумлінність та хист до наукової роботи.

Все це дозволяє оцінити виконану кваліфікаційну роботу здобувача Панасюка Юрія Івановича на оцінку «**добре**» та присвоїти йому кваліфікацію Магістр з електронних комунікацій та радіотехніки.

Керівник роботи Віталій ТЮРІН
(підпис) *(Ім'я,ПРІЗВИЩЕ)*

«____» _____ 2025 року

Висновок кафедри про кваліфікаційну роботу

Магістерська робота розглянута. Здобувач Панасюк Ю.І. допускається до захисту даної роботи в Екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедрою Телекомунікаційних систем та мереж Віктор ЗАЇКА

(назва) *(підпис)* *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА
на кваліфікаційну роботу
на здобуття освітнього ступеня магістр

Здобувача вищої освіти Панасюка Юрія Івановича

(прізвище, ім'я, по батькові)
на тему «Побудова мережі IP-телефонії на основі протоколів SIP»

Актуальність: IP-телефонія широко використовується в таких сферах бізнесу, як: банки, медичні центри, контактні центри (call-центри), електронні магазини, автосервіси і сервісні центри, різні комерційні і державні організації.

Позитивні сторони: Опрацьовано питання взаємодії з мережею TDM і підключення SIP-мережі до оператора телефонної мережі загального користування безпосередньо за технологією IP.

Проведена робота щодо забезпечення якості обслуговування в мережі. Так само були протестовані різні моделі абонентських терміналів.

Недоліки:
1. Нерівномірно розподілений матеріал між розділами роботи.
2. Недостатньо детально розглянуто протокол RTP.

Відзначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку кваліфікаційної магістерської роботи

Висновок: *кваліфікаційна магістерська робота заслуговує оцінку "***добре***", а здобувач* Панасюк Юрій Іванович *заслуговує присвоєння кваліфікації:* Магістр з електронних комунікацій та радіотехніки.

Рецензент: _____ _____
науковий ступінь, вчене звання *підпис* *Ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра: ___ стор., ___ рис., ___ табл., ___ джерел.

Актуальність роботи. На сьогоднішній день IP-телефонія зайняла міцне місце в нашому житті. Вона широко використовується в таких сферах бізнесу, як: банки, медичні центри, контактні центри (call-центри), електронні магазини, автосервіси і сервісні центри, різні комерційні і державні організації.

Значне збільшення використання мереж на основі Інтернет Протоколу (Internet Protocol, IP) для комунікаційних послуг вже набуло всесвітнього масштабу. Можливість транспортування голосу по IP-мережах стала революційним кроком у подальшому розвитку широкого спектру послуг. Цей процес супроводжується удосконаленням технологій та стандартів.

Мета і завдання дослідження. Метою дипломної кваліфікаційної роботи є дослідження принципів побудови мереж IP-телефонії на основі протоколів SIP.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- розлянути основні технологічні аспекти розвитку IP-телефонії;
- розглянути та проаналізувати особливості протоколів IP-телефонії;
- Розробити проект по створенню IP-телефонії на основі протокола SIP.

Об'єктом дослідження є мережі та протоколи IP-телефонії.

Предметом дослідження є методи реалізація IP-телефонії в корпоративних мережах.

Методи дослідження. В роботі виконуються дослідження, які базуються на використанні статистичних методів аналізу, основоположних принципів передачі інформації, стандартів протоколів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в аналізі варіантів практичного використання існуючих технологій IP-телефонії для побудови корпоративних мереж підприємств з мінімальними витратами на обладнання і обслуговування.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання результатів дослідження при проектуванні корпоративної мережі IP-телефонії на основі протоколів SIP для малого та середнього підприємства.

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

КОМУТАЦІЯ КАНАЛІВ, КОМУТАЦІЯ ПАКЕТІВ, СТЕК ПРОТОКОЛІВ TCP/IP, IP-ТЕЛЕФОНІЯ, ПРОТОКОЛ H.323, ПРОТОКОЛ SIP, МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕРЕЖ IP-ТЕЛЕФОНІЇ

ABSTRACT

The text part of the qualification work for obtaining a master's degree: ___ pages, ___ figures, ___ tables, ___ sources.
Relevance of the work. Today, IP telephony has taken a strong place in our lives. It is widely used in such business areas as: banks, medical centers, contact centers (call centers), electronic stores, car repair shops and service centers, various commercial and government organizations. Significant increase in the use of networks based on the Internet Protocol (Internet Protocol, IP) for communication services has already reached a global scale. The ability to transport voice over IP networks has become a revolutionary step in the further development of a wide range of services. This process is accompanied by the improvement of technologies and standards.
The purpose and objectives of the research. The purpose of the diploma qualification work is to study the principles of building IP-telephony networks based on SIP protocols.
To achieve the goal, it is necessary to perform the following tasks:
• to reveal the main technological aspects of the development of IP-telephony;
• consider and analyze the features of IP telephony protocols;
• Develop a project to create IP telephony based on the SIP protocol.
The object of the study is IP telephony networks and protocols.
The subject of the study is methods for implementing IP telephony in corporate networks.
Research methods. The work involves research based on the use of statistical analysis methods, fundamental principles of information transmission, and protocol standards.
The scientific novelty of the results obtained lies in the analysis of practical options use of existing IP telephony technologies to build corporate networks of enterprises with minimal equipment and maintenance costs.
The practical significance of the results obtained lies in the possibility of using the research results when designing a corporate IP telephony network based on
SIP protocols for small and medium-sized enterprises.

KEYWORDS:

CURRENT SWITCHING, PACKET SWITCHING, TCP/IP PROTOCOL STACK, IP TELEPHONY, N.323 PROTOCOL, SIP PROTOCOL, IP TELEPHONY NETWORK USABILITY

ЗМІСТ

Пояснювальна записка.....**Помилка! Закладку не визначено.**

З А В Д А Н Н Я .....**Помилка! Закладку не визначено.**

НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТці .....**Помилка! Закладку не визначено.**

Примітка.....**Помилка! Закладку не визначено.**

ГОЛОВІ ДЕРЖАВНОЇ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ .....**Помилка! Закладку не визначено.**

Довідка про успішність .....**Помилка! Закладку не визначено.**

РЕФЕРАТ.....**Помилка! Закладку не визначено.**

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....**Помилка! Закладку не визначено.**

ВСТУП.....**Помилка! Закладку не визначено.**

1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ МЕРЕЖ IP-ТЕЛЕФОНІЇ.....**Помилка! Закладку не визначено.**

1.1 Еволюція IP-телефонії.....**Помилка! Закладку не визначено.**

1.2 Телефонна мережа загального користування і IP-мережа.....**Помилка! Закладку не визначено.**

1.3 Переваги IP-телефонії.....**Помилка! Закладку не визначено.**

1.4 Відмінні риси IP-телефонії від традиційного зв’язку.....**Помилка! Закладку не визначено.**

1.5 Якість IP-телефонії .....**Помилка! Закладку не визначено.**

ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ .....**Помилка! Закладку не визначено.**

2 ПРИНЦИП ПОБУДОВИ МЕРЕЖ IP-ТЕЛЕФОНІЇ НА ПІДСТАВІ ПРОТОКОЛІВ SIP**Помилка! Закладку не визначен**

2.1 Сімейство протоколів TCP/IP .....**Помилка! Закладку не визначено.**

2.2 Протоколи маршрутизації в IP-мережах .....**Помилка! Закладку не визначено.**

2.3 Процес передачі мови по IP-мережі.....**Помилка! Закладку не визначено.**

2.4 Протокол RTP .....**Помилка! Закладку не визначено.**

2.5 Протокол RTCP .....**Помилка! Закладку не визначено.**

2.6 Протокол H.323 .....**Помилка! Закладку не визначено.**

2.7 Особливості протоколів SIP і H.323 .....**Помилка! Закладку не визначено.**

2.8 Технологія SIP. Структура і елементи мережі.....**Помилка! Закладку не визначено.**

2.9 Інфраструктура мережевих агентів протоколу SIP.....**Помилка! Закладку не визначено.**

2.10 Структура SIP-повідомлень.....**Помилка! Закладку не визначено.**

ВИСНОВКИ ДРУГОГО РОЗДІЛУ.....**Помилка! Закладку не визначено.**

3 АНАЛІЗ ПОБУДОВИ ЕРЕЖІ IP-ТЕЛЕФОНІЇ НА ПІДСТАВІ ПРОТОКОЛУ SIP**Помилка! Закладку не визначено.**

3.1 Аналіз мережі ТОВ «Техпідтримка».....**Помилка! Закладку не визначено.**

3.2 Комутація VoIP і TDM мереж .....**Помилка! Закладку не визначено.**

3.3 Комутація з корпоративною телефонною мережею.....**Помилка! Закладку не визначено.**

3.4 Аналіз обладнання .....**Помилка! Закладку не визначено.**

3.5 Економічні розрахунки проекту .....**Помилка! Закладку не визначено.**

ВИСНОВКИ ДО ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ .....**Помилка! Закладку не визначено.**

ВИСНОВОК.....**Помилка! Закладку не визначено.**

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....**Помилка! Закладку не визначено.**

ВСТУП

Інтернет-телефонія дозволяє компаніям скорочувати витрати на зв’язок до 90%: всередині мережі між співробітниками - дзвінки безкоштовно, а в регіони і країни - за низькими тарифами, які не можуть надати інші телефонні мережі. І це залишається головною причиною, чому бізнес так охоче переходить на IP-АТС. Особливо це актуально для торгових мереж, кол-центрів, компаній, у яких співробітники працюють на відділенному доступі, в роз’їздах або є представництва та філії в регіонах і інших країнах. Крім вигідних тарифів, це економія на обладнанні та налаштування.

У випадку з міні-АТС доводиться облаштовувати серверну, купувати додаткове обладнання, наймати сисадміна. Вартість серверної це не дуже дешево, плюс прокладка кабелів, налаштування, зарплата сисадміну, обслуговування і ремонт в разі збоїв. Залишитися на міському зв’язку велика компанія найчастіше просто не може, тому що тоді для кожного співробітника доведеться підключати окрему телефонну лінію без переадресації (або втрачати клієнтів). Все одно доводиться переходити на АТС. І краще, якщо це буде відразу IP-АТС.

Віртуальні АТС не вимагають покупки додаткового обладнання, всі налаштування можна зробити в особистому кабінеті, бо зазвичай, є техпідтримка 24/7. А також незаперечним плюсом є те, що більше не треба погоджувати з орендодавцем офісу протяжку додаткових проводів. Це дозволяє уникнути монополії послуг і дорожнечі підключення.

IP-телефонія надає не тільки можливість дзвонити. Вона серйозно розширює функціонал. По-перше, можна контролювати як працюють співробітники. Так можна виявляти точки зростання у відділі продажів, бачити тих, хто працює ефективно, і тих, хто ні.

По-друге, жоден дзвінок не залишиться без уваги. Багатоканальність і переадресація дозволяє обробляти одночасно всі виклики і перемикати клієнта на потрібного менеджера.

По-третє, можливість розподілу дзвінків з урахуванням часових поясів і завантаження операторів. Так працювати стане набагато зручніше.

В-четверте, це збір статистики і прослуховування записів дзвінків. Це дозволить дізнатися, які клієнти і звідки дзвонять, як оператори обробляють дзвінки і які сценарії розмов максимально ефективні.

В-п’яте, можна оббирати на відеоконференції-наради всіх співробітників, навіть ті, які у відрядженні, в інших країнах і містах.

Компанії переходять на IP-телефонію, так як традиційні оператори зв’язку обмежені в ємності ліній. У випадку з IP-телефонією можна додавати нові телефонні лінії, якщо з’явилися нові співробітники, відкрилися відділи або філії. У IP-телефонії немає обмежень по числу ліній, і додати їх можна за 2 хвилини в пару кліків. А якщо потрібно підключити додатковий міський номер, то просто підключаєтеся до існуючої телефонної мережі. Не потрібно встановлювати додаткові телефони.

IP-телефонія стала ідеальним рішенням для компаній з розгалуженою системою філій, тобто тим, хто працює в різних регіонах, в декількох країнах.

1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ МЕРЕЖ IP-ТЕЛЕФОНІЇ

IP-телефонія - це технологія, що дозволяє використовувати будь-яку IP-мережу як засіб організації та ведення телефонних розмов, передачі відеозображень та факсів у режимі реального часу.

При відправленні або отриманні електронної пошти відбувається передача «пакета» інформації через мережу Інтернет. Аналогічним чином працює й IP-телефонія. Створення «пакетів» - перетворення аналогових (зокрема, звукових) сигналів у цифрові, їх стискання, передачу мережею Internet і зворотне перетворення в аналогові відбувається завдяки існуванню протоколу передачі даних через Інтернет (IP - Internet Protocol), звідси і назва «IP-телефонія» [13]

1.1 Еволюція IP-телефонії

Технологічні основи VoIP були закладені в 1925-1928 рр., коли компанією AT&T створили електронний синтезатор мовлення, він же вокодер (Vocoder). Пристрій аналізував звуки, які створила людина, і легко відтворював аналог людської мови - це перша пакетна передача даних, активно використовувався для передачі секретної інформації під час Другої Світової війни.

У 1988 році з’явився перший Wideband Audio Codec, кодек G.722, він мав вдвічі більше бітрейт, а ніж попередній G.711, передача звуку була ідеальною (для тих часів).

У 1991 році засновником Autodesk Джоном Уолкером створено схему для VoIP, з пропускною здатністю, 64 кбіт/с замість32 кбіт/с. Він випустив реліз програми NetFone (Speak Freely) - це перший в світі VoIP-телефон. Для початку зв’язок використовувався всередині компанії Уолкера.

У 1993 році з’явилася перша система відеоконференцзв’язку Telepresence System з назвою Teleport, але пізніше перейменували в TeleSuite. Крім того, в

університетах і дослідницьких центрах проводилися експерименти по передачі голосу за допомогою пакетної комутації даних.

Поява і поширення Інтернету практично відразу спричинило за собою прагнення користувачів спілкуватися один-на-один. Спершу з'явилася електронна пошта, потім на вершину технологій піднялася AOL, яка пізніше, в 1998 році викупила ICQ і забезпечила світ миттєвою передачею текстових повідомлень. Не вистачало голосового зв'язку. У відповідь на вимоги мільйонів потенційних користувачів приблизно в 1995 році з'явився VoIP, протокол пакетної (а не канальної, як в традиційній телефонії) передачі голосу. Пакети йшли від однієї IP-адреси до іншого по Інтернет-протоколу. Так з'явилася IP-телефонія.

Основні функції VoIP по відношенню до мовного сигналу:

- на передавальній стороні - перетворення аналогової мови в цифровий сигнал і надання цифрового сигналу в форматі, необхідному для передачі через мережу IP (мовний сигнал інкапсулюється в пакети протоколу IP - пакетна передача даних).
- в мережі IP - управління обслуговуванням телефонного виклику (встановлення з'єднання, підтримку мовного обміну, роз'єднання) і транспортування пакетів.
- на приймальній стороні - відновлення аналогової мови з прийнятих пакетів і дискретного сигналу.

Процес перетворення мови в цифру і цифри в мова реалізується кодеками (кодерами-декодерами) відповідно до стандартів ITU-T.

Спочатку IP-телефонія розглядалася лише як дешева альтернатива міжміського і міжнародного зв'язку. Однак досить швидко вона стала популярна серед приватних користувачів і бізнеса.

1993 - 1994 рік. Чарлі Клайн створив Maven - першу програму для ПК, яка вміла передавати голос по мережі.

Приблизно в цей же час популярність набрала програма для організації відеоконференцій CU-SeeMe, розроблена в Корнельському університеті для ПК на Macintosh. Обидва ці додатки знайшли космічну популярність - за їх допомогою на Землі транслювався політ космічного корабля Endeavor. Maven передавав звук, а CU-SeeMe - зображення. Через деякий час програми об'єднали.

1995 рік. Піонерами VoIP стала ізраїльська компанія VocalTec, яка в 1995 році створила перший інтернет-телефон, доступний широким масам, який носив назву IPhone.

Після свого першого успіху VocalTec продовжувало розробляти системи зв'язку для IP-телефонії, і вже в 1996 році вона об'єднала зусилля з Microsoft NetMeeting, програмою для відеоконференцзв'язку від Microsoft. Сьогодні VocalTec займається знаменитим адаптером для телефонії MagicJack, з творцем якого, YMAX, злилася в 2010 році.

У 1996 році була опублікована перша версія стандарту H.323, призначеного для голосового та відеозв'язку через Інтернет, тоді ж почалася робота над SIP як над відкритим стандартом IP-телефонії.

Спочатку SIP був розроблений для з'єднання кількох людей в режимі конференції і не мав з VoIP нічого спільного. Перший проект SIP знав одну команду - зробити виклик, і лише через три роки освоїв ще шість команд.

Перша специфікація протоколу SIP/2.0 була опублікована в стандарті RFC 2543, який зазнав безліч модифікацій. В основу SIP покладені основні властивості: персональна мобільність користувачів, заснована на присвоєння користувачу унікального ідентифікатора, який дозволяє йому переміщатися в межах мережі та отримувати зв'язок всюди, повідомляючи сервера визначення місцезнаходження про місце перебування [11]

1998 рік став одним з переломних для IP-телефонії. Компанії усвідомили всі переваги такого типу зв'язку і стали розробляти комерційні рішення. Зокрема, підприємці почали відходити від рішень і продуктів ПК-ПК і стали розробляти

рішення ПК-телефон і телефон-телефон для VoIP. IP-телефонія стала інтегруватися в комутаційну телефонну мережу загального користування (public switched telephone network, PSTN, ТМЗК, ТфоП).

В цьому ж році з'явився перше фізичне устаткування для IP-телефонії - перші IP-комутатори, які відповідали за маршрутизацію викликів. Незважаючи на такі технічні ривки, VoIP-дзвінки за станом на 1998 рік не дотягували навіть до 1% від всього голосового трафіку. У 2000 році ця цифра ледь дійшла до 3%, а ось в 2003 стався різкий стрибок - до 25%. Телефонні дзвінки по IP-протоколу швидко знайшли імідж безкоштовних і дуже дешевих викликів на всі напрямки, незалежно від відстані. У свій час комерційні компанії експлуатували цю безкоштовність і могли транслювати рекламні ролики на початку або в середині розмови як «плату» за вільне з'єднання. Пізніше така практика припинилася [13]

У 1999 році з'являється перша IP-PBX (віртуальна АТС саме для VoIP, тому що віртуальна АТС для PSTN була створена кількома роками раніше) - Asterisk.

2000 рік. Компанія Cisco у 2000 році ініціювала внутрішньокорпоративну міграцію на IP-телефонію своїх штаб-квартир в Каліфорнії. За один рік 55 будівель та 20 000 осіб були переведені на IP-телефонію. Це був один з наймасштабніших проектів в галузі. Такий досвід позначився і на профілі компанії - Cisco надає унікальні потужні рішення в сфері IP-телефонії та управління мережею [13]

2005 рік. Компанія Calypso Wireless вивела на ринок телефон C1250i, перший в світі мобільний телефон, який міг перемикатися між вишкою стільникового зв'язку GSM і доступною мережею Wi-Fi 802, використовуючи Cisco Aironet Access Point і власну запатентовану технологію Calypso Wireless ASNAP. Завдяки цьому користувачі могли створювати відеоконференції і здійснювати дзвінки по VoIP. Формально цей телефон вважався смартфоном на Windows Mobile.

У 2006 році вийшов перший мобільний додаток для IP-телефонії Truphone. Спочатку він був для мобільних телефонів Nokia, але незабаром ще й для платформ iPhone, Android і BlackBerry. Додаток міг здійснювати безкоштовні дзвінки всередині своєї мережі, відправляти текст в іншу мережу, в тому числі на Skype і дзвонити на ТМЗК. Додаток використовував SIP і дзвонив через мережу Wi-Fi, а не через GSM. Пізніше компанія випустила кілька софтфонів [11]

У 2007 з'явився корпоративний Skype. Компанія Skype приступила до тестування різновиду свого сервісу Internet-телефонії, що адресується великим підприємствам, і запросила до участі в програмі попереднього ознайомлення з нею компанії зі штатом понад 1 тис. службовців.

У тому ж році Microsoft OCS представив фінальну версію рішення MS Office Communication Server 2007 (OCS). Цей продукт на основі комунікаційної платформи, яка працює на основі SIP-протоколу для управління VoIP-дзвінками, організації онлайн-конференцій. Головною особливістю OCS є те, що воно дозволяє обмінюватися миттєвими повідомленнями з відкритої програми, наприклад, з Word. Причому, користувач може бачити, зайнятий або вільний його співрозмовник. У Microsoft підкреслювали, OCS покликаний зробити корпоративну телефонію гнучкою та скоординувати роботу. Нове рішення, за словами розробників, дозволило заощадити гроші на телефонних розмовах, знизити витрати, пов'язані з транспортними переміщеннями працівника, зменшити витрати на обслуговування обладнання. А Білл Гейтс сказав, що впровадження програмного забезпечення компанії в телефонію є таким же глибоким зміною, як перехід від друкарських машинок до ПО для обробки тексту в комп'ютерах. «Це революційна зміна, - заявив Гейтс. - Через 10 років, коли люди знайдуть звичайний телефон, вони насилу згадають, що колись використовували таку річ» [13]

1.2 Телефонна мережа загального користування і IP-мережа

ТМЗК - телефонна мережа загального користування (PSTN - Public Switched Telephone Network) глобальна мережа, призначена для обміну мовної діалогової інформації.

Історично існує з початку 20-го століття, однак сучасні властивості, масштаби і технології прийшли в ТМЗК відносно недавно - в 80-і роки 20-го століття. В цей час в рамках ТМЗК стали широко використовуватися цифрові технології обробки і передачі мови на базі Цифрових Систем Комутації (ЦСК) та Цифрових Систем Передачі (ЦСП).

Основні властивості ТМЗК:

- організація на базі технології комутації каналів (КК);
- вузлами мережі є Автоматичні Телефонні Станції (АТС), які здійснюють маршрутизацію телефонних викликів і комутацію розмовних каналів;
- в якості сполучних ліній (СЛ) між вузлами використовуються Цифрові Сполучні Лінії (ЦСЛ), що працюють на базі технологій тимчасового ущільнення (TDM);
- в якості доступу в основному використовується пасивна абонентська мережа на базі багатопарних телефонних кабелів, що визначає ТМЗК як мережу Фіксованого телефонного зв'язку (телефонні апарати «прив'язані» до ТМЗК проводами);
- абоненти мають унікальний номер, визначений в рамках глобальної ТМЗК організацією ITU-T в рекомендації E.164 (міжнародний номер абонента ТМЗК містить до 15 десяткових цифр, з них від 1 до 3 старших цифр визначають код країни і розподіляються організацією ITU-T, а решта 12 цифр адмініструються національними організаціями).

На базі ТМЗК реалізуються:

- послуги передачі телефонних повідомлень;
- послуги виділених (орендованих) каналів;
- послуги передачі факсів (гр.2 і 3);
- послуги доступу в мережу Інтернет (dial-up доступ).

Принциповою властивістю послуги телефонії є особливість надання телефонної послуги, яка полягає в тому, що для гарантії якості надання цієї послуги необхідно в мережі ТМЗК виконати наступні етапи:

- встановити телефонне з'єднання (дуплексне, симетричне) з кінця в кінець;
- передати за встановленим з'єднанню мовну інформацію протягом сеансу зв'язку;
- завершити (зруйнувати) це з'єднання після закінчення мовного сеансу.

На кожному з цих етапів мережу ТМЗК дозволяє контролювати якість за такими параметрам:

1. Під час встановлення і руйнування з'єднання:

- час очікування сигналу «Відповідь станції»;
- кількість спроб набору номера;
- кількість спроб, що закінчилися «Відповіддю абонента»;
- надійністю завершення виклику.

2. Під час передачі мовних сигналів:

- розбірливість мови;
- гучністю зв'язку.

Порівняємо найбільш поширені технології передачі голосу по мережі. Діалогову мову можна переносити як за традиційними телефонних мереж з КК, так і по мережах з КП.

Традиційні телефонні мережі мають незаперечні переваги перед технологіями передачі голосу по мережах з КП за наступними показниками:

1. Висока якість передачі діалогової мови по мережі з КК, яка визначається:

- низькими затримками (близько 1 ... 2 мс на 1 комутаційний вузол - АТС і менше 5 мкс на 1 км за рахунок поширення в лініях зв'язку);
- допустимими втратами фрагментів мови (менше 1%);
- високою надійністю (Кгот = 0,99999) телефонних мереж з КК, що базуються на кільцевих топологіях мереж фізичного рівня - SDH;
- практично відсутня відлуння при місцевого зв'язку.

2. Дуже дешеві і прості термінальні пристрої (аналогові ТП).

3. Гарантована пропускна здатність, узгоджена з мовним цифровим трафіком (64 кбіт/с).

Незважаючи на ці очевидні і незаперечні переваги, технологія передачі мови по мережах з КК поступово поступається місцем технологіям передачі мови по мережах з КП, так як має наступні істотні недоліки:

1. Мережі на базі TDM-технологій з КК адаптовані по швидкості до аудіокодеків G.711 (64кбіт/с), що сьогодні є надлишковим по необхідної пропускної здатності, так як є багато досить якісних кодеків з меншою швидкістю передачі (від 32 кбіт/с до 8 кбіт/с).

2. Мережі на базі TDM-технологій не задовольняють ні по швидкості (потрібні швидкості від 2 кбіт/с до 34 Мбіт/с), ні за достовірністю (потрібно Рош від 10-5 до 10-8), по ефективності використання пропускної здатності, так як трафік від таких видів інформації як зображення, текст тощо - змінний з Кпач $= V$пік$/V$ср до 200 також.

3. Мережі на базі 64 кбіт/с TDM технологій не задовольняють на даному етапі навіть мовну інформацію, так як в сучасних терміналах (МТ, ПК,

смартфонах ін.) широко використовуються аудіокодеки зі стисненням мови до 32 кбіт/с, 16 кбіт/с, 8 кбіт/с, 6,4 кбіт/с. Тому перевозити стислу до 8 кбіт/с мовну інформацію по TDM мережі з ПП 64 кбіт/с - це розкіш, бо це дорого і неефективно.

4. Синхронні системи передачі, що вимагаються для забезпечення TDM-телефонії - значно дорожче і складніше ніж асинхронні (наприклад, на базі Ethernet).

Технології TDM погано масштабуються (наприклад, неможливо гнучко змінювати пропускну здатність ні під час встановлення з'єднання, ні під час сеансу).

6. Так як ТМЗК забезпечує вузький набір послуг (мова, факс, dial-up) в порівнянні з мультисервісною мережею (необмежений набір послуг), то експлуатаційні витрати в розрахунку на одну послугу ТМЗК - значно вище, ніж в мультисервісній мережі (В ТМЗК - найменший ARPU – середній дохід з абонента).

Незважаючи на ці недоліки, технології передачі голосу по мережі з КК ще довгий час будуть використовуватися поряд з IP-телефонією, поки технології IP-телефонії не досягнуть порівнянного рівня якості, а IP-телефонні термінали не стануть такими ж простими в обслуговуванні та дешевими.

На даний момент технології IP-телефонії мають наступні недоліки:

1. Знижена якість передачі мови в порівнянні з TDM-КК. Проте гарантована пропускна здатність затримки збільшена (до 250 ... 400 мс). Наявність джиттера (до 30 ... 50 мс) при передачі голосових пакетів поява відлуння навіть при місцевому зв'язку.

2. Більш висока складність забезпечення транспортних послуг (замість фізичного каналу - задіяні всі функції трьох нижніх рівнів EMBOC).

3. Більш вірогідні перевантаження в пакетної транспортної мережі і більш катастрофічні їх наслідки (колапси, що призводять до перезавантаження всього транспортного забезпечення та фінансових втрат).

4. Дорогі і складні IP-телефонні термінали, які містять складне ПО, яке потребує періодичного оновлення та кваліфікованого обслуговування. Високі вимоги до інформаційної безпеки. Складні й дорогі методи і засоби захисту можуть знадобитися для всієї інфраструктури забезпечення IP=телефонії (призначені для користувача термінали, сервери IP-телефонії, шлюзи з ТМЗК, комутатори і маршрутизатори).

Незважаючи на ці недоліки технології IP-телефонії активно впроваджуються в наше повсякденне життя, завдяки наступним перевагам:

1. Збільшення ефективності використання пропускної здатності (у порівнянні з TDM-КК). Ряд наступних переваг IP-телефонії пов'язаний з використанням цієї технології, як складової частини конвергенції мереж наступного покоління NGN/IMS:

- можливість гнучкого управління пропускною спроможністю і пріоритетами як при встановленні з'єднання, так і під час сеансу, що дозволяє адаптувати мережеві ресурси під властивості будь-якого виду інформації, зокрема - гнучко перерозподіляти пропускну здатність мультисервісної транспортної мережі між різними інформаційними сервісами.
- інтеграція сервісу IP-телефонії з іншими популярними сервісами (наприклад, з Web, E-mail, SMS/IM тощо) в рамках одного користувальницького додатка (наприклад, Skype, Google+, VK тощо), що створює очевидні зручності для всебічного спілкування в соціальних мережах.
- завдяки інтеграції IP-телефонії в рамках одного широкосмугового абонентського доступу, що має найбільший середній дохід з одного абонента (ARPU), питомі витрати оператора і абонента на послуги IP-телефонії істотно менше, ніж на TDM-телефонію.

- тарифи на послуги IP-телефонії в цілому нижче, ніж на послуги TDM-телефонії, за причини більшої конкуренції на ринку IP-телефонії, а також меншої залежності передачі IP-пакета від відстані.

1.3 Переваги IP-телефонії

Технологія передачі мовної інформації по мережах з маршрутизацією пакетів IP - Voice over IP (VoIP) або IP-телефонії являє собою компресію голосового сигналу з наступною передачею по цифрових каналах передачі даних з використанням протоколу IP. Окремим випадком IP-телефонії є Інтернет-телефонія, при якій в якості передавальної мережі використовується мережа Інтернет.

При тому, що IP-телефонія - порівняно нова технологія, вона вже встигла зарекомендувати себе Цілком перспективною і життєздатною. згідно з прогнозами аналітиків, в світі очікується значний (в найближчі роки в десятки разів) зростання мовного трафіку, що переноситься по мережах з маршрутизацією пакетів. Незважаючи на розкид оцінок величини ринку, більшість аналітиків сходяться на тому, що IP-телефонія є магістральним шляхом розвитку телекомунікаційної індустрії.

Додатково IP-телефонія вносить нові послуги в сферу телекомунікацій: мовні і відеоконференції, одночасний доступ до додатків, швидкий пошук абонента і інші.

IP - це протокол, який нарівні з деякими іншими (ATM, FR) використовується для передачі по мережі Інтернет оцифровану і стислу в «пакети» певного обсягу електронну інформацію. В принципі, після відповідної обробки таким способом на будь-які досяжні для павутини Інтернету відстані може передаватися будь-який тип інформації (голосова, відео, комп'ютерні дані), так що власне телефонія є лише однією складовою загального процесу.

Переваги IP-телефонії незаперечні. В першу чергу це низька вартість передачі інформації. А також це універсальність обробки інформації незалежно від її початкового вигляду, а, отже, використання одних і тих же каналів для передачі інформації різного типу. Це доступність мережі Інтернет, відносно низька вартість (дзвінки з України в Сполучені Штати, наприклад, при використанні каналу IP-телефонії здешевлюють в кілька разів), сумісність стандартів більшості виробників обладнання для IP-телефонії.

Без сумніву, популярність технологій пакетної передачі мови зростає, причому як серед операторів, так і серед корпоративних користувачів. В останні роки чимало компаній успішно впровадили ці технології для організації каналів далекої телефонного зв’язку.

1.4 Відмінні риси IP-телефонії від традиційного зв’язку

Установка з’єднання традиційної телефонії здійснюється через телефонну станцію і відбувається тільки для здійснення розмови. Сигнали між абонентами передаються через виділене підключення по лініях телефонного зв’язку. При використанні IP-телефонії пакети даних проходять через локальну або глобальну мережу, а також вони мають певну адресу, на основі якої передаються по ній. При цьому не обійтися без використання IP-адресації з такими її особливостями як маршрутизація. Більш вигідним рішенням з точки зору витрат на проведення розмов для оператора і абонента буде IP-телефонія завдяки таким її особливостям:

- здійснити доступ в глобальну мережу сьогодні може практично кожен користувач комп’ютера з мінімальними витратами або зовсім обійтися без них;
- здійснення дзвінків по локальній мережі можливо при використанні внутрішнього сервера без допомоги зовнішньої АТС;
- якщо в традиційних телефонних мережах присутня надмірна продуктивність, то в IP-телефонії завдяки технології стиснення пакетів можна використовувати ємність телефонних ліній повністю.

Також серед вищеперерахованих достоїнств IP-телефонія також дозволяє підвищити якість зв’язку за рахунок трьох основних чинників:

- власники приватних мереж мають повний контроль над апаратними та програмними засобами, що їм дозволяє змінювати і налаштовувати такі параметри мережі, як кількість абонентів лінії і ширина смуги пропускання, внаслідок чого величина затримки зменшується;
- постійне вдосконалення телефонних серверів спільно з вдосконаленням їх алгоритмів роботи робить зв’язок більш стійкою до затримок і інших проблем в IP-мережах;
- розвиток мереж з комутацією пакетів і щорічне введення в експлуатацію нових протоколів і технологій, які дозволяють поліпшувати якість

сеансів зв’язку (як приклад можна привести протокол RSVP, призначений для резервування смуги пропускання);

- IP-телефонія елегантно вирішує проблему зайнятої лінії - здійснення переадресації або перекладу в режим очікування виконується внесенням кількох команд в конфігураційний файл на АТС.

1.5 Якість IP-телефонії

IP-телефонія є однією з областей передачі даних, де всі процеси передачі інформації повинні відбуватися в режимі реального часу. Тому перед мережею VoIP стоїть завдання забезпечення якості доставки (Quality of Service, QoS) мультимедійної інформації. Вимоги до якості доставки пакетної інформації залежать від типу додатків. Такі програми включають аудіо- та відеоконференції, поширення живого відео (для негайного відтворення), віддалену діагностику в медицині, комп’ютерну телефонію, розподілене інтерактивне моделювання, ігри і моніторинг в реальному часі. Деякі додатки стійкі до втрати пакетів, причому невелику їх частину можна навіть відновити на основі отриманих даних. Для таких видів мультимедійного трафіку як стислі аудіо та відеосигнали характерна дуже велика чутливість до втрати пакетів і для них допустимий відсоток втрати пакетів, як правило, не повинен перевищувати 1%. Якість IP-телефонії забезпечується ефективними методами кодування сигналу і різними методами передачі інформації (зменшення транзитних маршрутизаторів, резервування мережевих ресурсів, диференційоване обслуговування різного типу трафіку). Якість обслуговування в IP-мережах визначається наступними параметрами:

- смуга пропускання - максимальний обсяг даних, які можуть бути передані в даному напрямку;
- затримка - проміжок часу, за який здійснюється передача пакета через мережу;

- джиттер - зміна затримки між двома послідовними пакетами;
- втрата пакетів - пакети, втрачені при передачі через мережу.

Затримки

Загальна затримка - час передачі пакета від мовця до слухача, включає затримку, створювану мережею, і затримку, що вноситься термінальним обладнанням користувача. Затримка створює незручність при веденні діалогу, приводить до перекриття розмов і виникнення луни. Стандарт ITU-T G.114 рекомендує величину затримки при передачі голосу в одному напрямку не більше 150 мс. Так само стандарт рекомендує розглядати затримку від 150 до 400 мс як прийнятну, якщо який провіщає і слухає розуміють наявність затримки і готові з нею змиритися. Стандарт ITU-T G.114 також встановлює, що при передачі голосу затримка більш ніж 450 мс є неприйнятною. Причини виникнення затримки при передачі мови від джерела до приймача. Затримка мережі доступу:

- затримка кодування. Величина затримки кодування визначається типом мовного кодека, який виконує дану операцію, і змінюється від невеликих величин (0,125 мс в G.711) до одиниць мілісекунд;
- затримка пакетизації. Вноситься при зборі кадрів (закодованих мовних інтервалів) в пакети, причому число кадрів в пакеті визначається максимально допустимої затримкою;
- затримка постановки в чергу і передачі пакетів є змінною затримкою. Мережева затримка обумовлена наявністю черг в маршрутизаторах (при великому навантаженні мережі), великою кількістю транзитних комутаторів і ліній в мережі (топологія мережі), використовуваними технологіями перенесення інформації в мережах з комутацією пакетів, які визначають час обробки пакета в маршрутизаторі (X.25, Frame Relay, ATM, IP).

Джиттер

Джиттер - зміна затримки між двома послідовними пакетами. Наявність джиттера сприймається слухачем як тріск і клацання. При поширенні по IP-мережі пакети прибувають в пункт призначення через різні проміжки часу. Це може бути викликано різними факторами, наприклад:

- протокол IP, що використовується для транспортування пакетів через мережу, не має механізму встановлення з'єднання, з цієї причини пакети одного сеансу зв'язку можуть передаватися за різними маршрутами;
- час перебування пакета в вузлі маршрутизації залежить від параметрів завантаження мережі.

Джиттер-буфер, що знаходиться в терміналі користувача або шлюзі, призначений компенсувати вплив джиттера. Він накопичує певну кількість пакетів, відновлює їх черговість і вирівнює проміжки часу між пакетами з призначеної для користувача інформацією.

ВИСНОВКИ ДО ПЕРШОГО РОЗДІЛУ

В цьому розділі було розглянуто теоретичні питання мереж IP-телефонії та її еволюцію від появи. У міру свого розвитку IP-телефонія зазнала важливі якісні зміни - з додаткової і не дуже якісної послуги вона поступово перетворилася в базовий сервіс, який став одним з компонентів мультисервісної технології.

Необхідність взаємодії з традиційними мережами ТМЗК змусила розвивати технології IP-телефонії. IP-телефонія стає все більш популярною через конфігурації та легке розгортання мережі. Але найголовніше - це вигідні тарифи і якісний зв'язок.

У традиційних телефонних мереж надлишкова продуктивність. А IP-телефонія стискає голосовий пакет, і тому ємність телефонної лінії можна використовувати максимально економічно і повно.

Слід також мати на увазі, що IP-телефонія - це не просто альтернатива звичайної телефонії. IP-телефонія часто розглядається як базова технічна платформа, що дозволяє об'єднати рішення для передачі даних і голосу, а також для обробки і подальшого використання цієї інформації в усіх бізнес-процесах.

Таким чином, розвиток IP-телефонії є засобом підвищення продуктивності праці і розвитку бізнесу.

2 ПРИНЦИП ПОБУДОВИ МЕРЕЖ IP-ТЕЛЕФОНІЇ НА ПІДСТАВІ ПРОТОКОЛІВ SIP

2.1 Сімейство протоколів TCP/IP

Протоколами в світі комунікацій називають розподілені алгоритми, що визначають яким чином здійснюється обмін даними між фізичними пристроями або логічними об’єктами (процесами). Під сімейством протоколів TCP/IP в широкому сенсі розуміють зазвичай весь набір реалізацій RFC-стандартів. Однак загальним і основним елементом для всіх цих протоколів є Internet Protocol (IP). Цей протокол, власне, і реалізує поширення інформації по IP-мережі. Його значення, як технологічної основи мережі Internet, дуже велике, і ми присвятимо йому окреме детальне обговорення.

Протокол IP здійснює передачу інформації від вузла до вузла мережі у вигляді дискретних блоків - пакетів. При цьому IP не несе відповідальності за надійність доставки інформації, цілісність або збереження порядку потоку пакетів і, таким чином, не вирішує з необхідним для додатків якістю завдання передачі інформації. Цю задачу вирішують два інших протоколу - TCP (Transfer Control Protocol, протокол управління передачею даних) і UDP (User Datagram Protocol, дейтаграмний протокол передачі даних) - які, як кажуть, «лежать» над IP (тобто використовують процедури протоколу IP для передачі інформації, додаючи до них свою додаткову функціональність). TCP і UDP реалізують різні режими доставки даних. TCP, як кажуть, - протокол із установленням з’єднання. Це означає, що два вузли, що зв’язуються за допомогою цього протоколу, «домовляються» про те, що будуть обмінюватися потоком даних, і приймають деякі угоди про керування цим потоком. UDP (як, власне, і IP) є дейтаграмним протоколом, тобто Таким, що кожен блок переданої інформації (пакет) обробляється і поширюється від вузла до вузла не як частина деякого потоку, а як незалежна одиниця інформації - дейтаграма (datagram) . Необхідність в UDP

обумовлена тим, що IP працює як мережевий протокол, що вирішує завдання доставки інформації від вузла до вузла, в той час як UDP «вміє» розрізняти додатки і передає інформацію від програми до програми (яких, зауважимо, на одному мережевому вузлу, наприклад на сервері, може бути кілька).

Вище, над транспортними протоколами TCP або UDP, лежать протоколи, які реалізують ті чи інші прикладні служби, такі як обмін файлами (File Transfer Protocol, FTP) і повідомленнями електронної пошти (Simple Mail Transfer Protocol, SMTP), термінальний доступ до віддалених серверів (Telnet).

Таким чином, ієрархію управління в TCP/IP-мережах зазвичай представляють у вигляді чотирьохрівневої діаграми рис. 2.1.

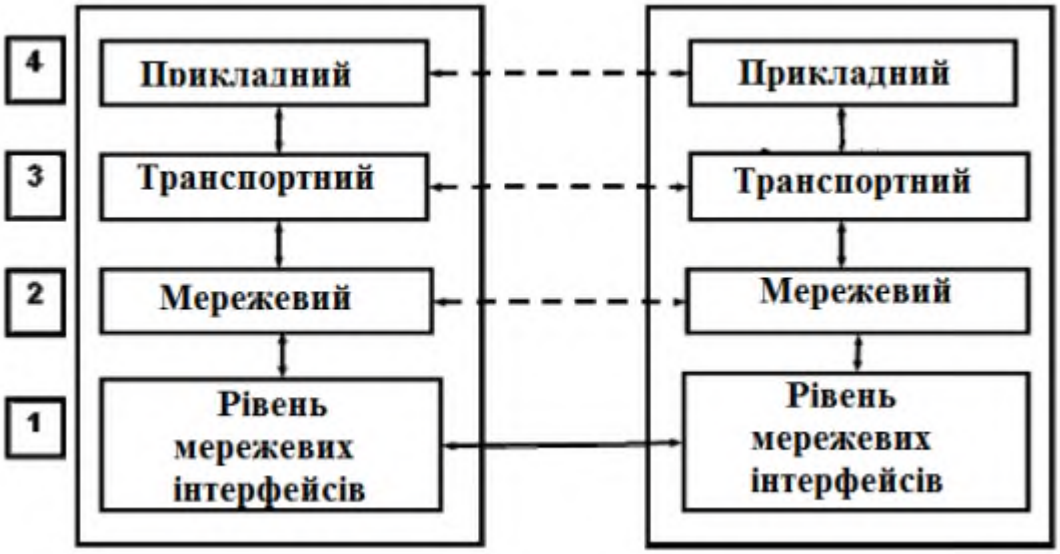


Рис. 2.1 Структура TCP/IP

Рівень hardware (обладнання) [2] описує ту чи іншу середу передачі даних.

На рівні network interface (мережевий інтерфейс) лежить апаратно-залежне програмне забезпечення, що реалізує поширення інформації на тому чи іншому відрізку середовища передачі даних. Відзначимо, що TCP/IP, споконвічно орієнтований на незалежність від середовища передачі, ніяких обмежень «від себе» на програмне забезпечення цих двох рівнів не накладає. Поняття «середовище передачі даних» і «програмне забезпечення мережевого інтерфейсу»

можуть на практиці мати різні по складності і функціональності наповнення - це можут бути і проста модемна двухточкова ланка, і складна багатовузлова комунікаційна структура мережі X.25 або Frame Relay.

Рівень internet (міжмережевий) і є протокол IP. Його головне завдання - маршрутизація (вибір шляху через безліч проміжних вузлів) при доставці інформації від вузла-відправника до вузла-адресата. Друге важливе завдання протоколу IP - приховування апаратно-програмних особливостей середовища передачі даних і надання вищерозміщених рівням єдиного уніфікованого і апаратно незалежного інтерфейсу для доставки інформації. Досягається при цьому канальна (апаратна) незалежність і забезпечує багатоплатформне застосування додатків, які працюють над TCP/IP.

При цьому, нагадаємо, протокол IP не забезпечує транспортну службу, в тому сенсі, що не гарантує доставку пакетів, збереження порядку і цілісності потоку пакетів і не розрізняє логічні об’єкти (процеси), які породжують потік інформації. Це завдання інших протоколів - TCP і UDP, що відносяться до наступного, транспортному (transport) рівню.

Вище - на рівні application (прикладному) - лежать прикладні задачі, що запитують сервіс у транспортного рівня.

Слід також звернути увагу на термінологію, традиційно використовувану в літературі по TCP/IP для позначення інформаційних об’єктів, що поширюються між різними рівнями. Додаток передає транспортному рівню повідомлення (message), що має згідні даному додатку розмір і семантику. Транспортний рівень «розрізає» це повідомлення (якщо воно досить велике) на пакети (packet), які передаються міжмережевому рівню (тобто Протоколу IP). Останній формує свої IP-пакети (їх ще називають IP-дейтаграмами) і потім упаковує їх в формат, прийнятний для даної фізичної середовища передачі інформації. Ці, вже апаратно-залежні, пакети в літературі називають кадрами (frame).

2.2 Протоколи маршрутизації в IP-мережах

Найважливіша функція протоколу IP - маршрутизація. У загальній постановці маршрутного завдання ставиться так: на деякому хості є пакет з певною адресою одержувача. На який мережевий інтерфейс (в яку підмережу, якого хосту або маршрутизатора) потрібно цей пакет передати, щоб він дійшов до одержувача?

Схема реалізації маршрутизації, показана на рис. 2.2. Центральним елементом цієї схеми є маршрутний обчислювач. Йому на вхід надходять пакети: від верхніх протоколів (TCP, UDP).

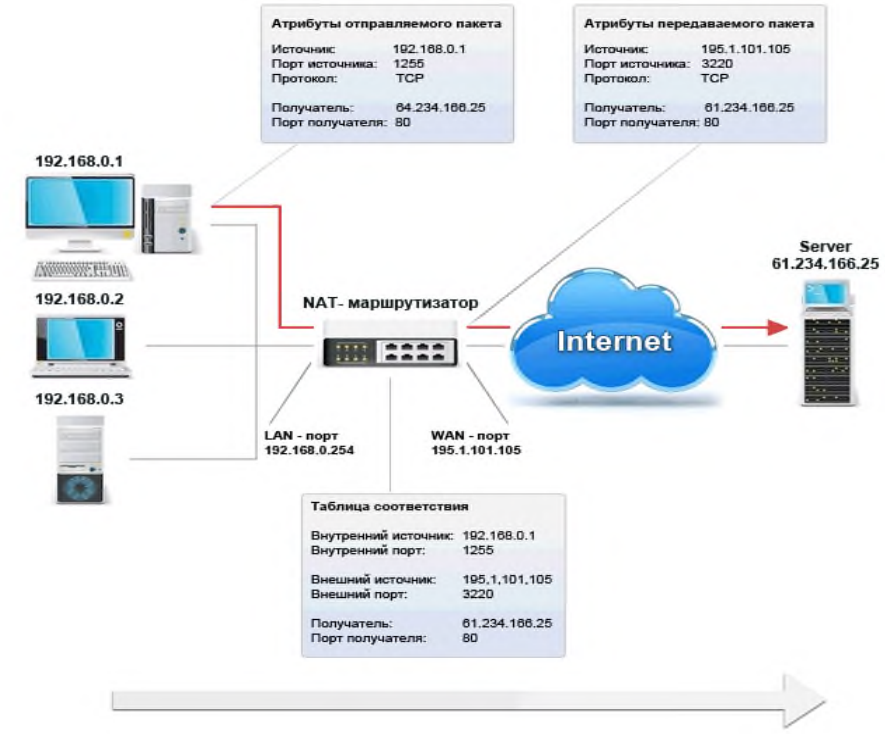


Рис. 2.2 Схема реалізації маршрутизації [4]

Маршрутний обчислювач працює зі спеціальною структурою даних - маршрутної таблицею (routing table), яка вказує, куди потрібно перенаправляти пакет із заданим адресою, тобто віддати деякий хосту (пряма маршрутизація) або деякий маршрутизатор (непряма маршрутизація) або передати в деяку мережу.

Розрізняють статичну і динамічну маршрутизації. Статична, яка ґрунтується на жорстко заданих маршрутних таблицях, найбільш прийнятна для хостів, що працюють в невеликих мережах, оскільки хост не повинен витрачати багато «сил» на завдання маршрутизації.

Часто маршрутну таблицю на ньому конфігурують як невеликий список, що складається з вузлів-сусідів і маршрутизатора за замовчуванням (табл. 2.1), якому хост і віддає всі пакети, маршрутизація яких у нього викликає будь-які труднощі. Ця ж логіка працює і на рівні маршрутизаторів: маршрутизатор, обслуговуючий, наприклад, локальну мережу, зобов'язаний знати все про свою локальну мережу, проте інформацією про зовнішні мережі він може і не володіти, звертаючись при необхідності до того, хто володіє цією інформацією.

Таблиця 2.1

Приклад таблиці маршрутизації із записом для маршрутизатора за замовчуванням

Адреса п-ня	Маска	Шлюз	Інтерфейс
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.3.3	192.168.3.1
77.243.120.0	255.255.255.0	192.168.0.2	192.168.0.1
77.243.121.64	255.255.255.1	92192.168.1.3	192 .168.1.4

Чудовий набір засобів динамічної маршрутизації в мережах TCP/IP, що дозволяють конкретному хосту (або маршрутизатора), взаємодіючи з суміжними вузлами, оновлювати та змінювати інформацію в маршрутних таблицях. Виконує протоколи динамічної маршрутизації програма, яка називається маршрутним демоном (демоном в ОС UNIX називають процес, що запускається при завантаженні ядра операційної системи і працює у фоновому режимі аж до виключення машини).

Перш ніж вирішувати задачу маршрутизації як пошуку оптимального шляху доставки інформації, слід встановити, з ким можна зв'язатися взагалі. Це завдання стає досить непростим в силу поділу маршрутизаторів на базові (core gateways),

що підключаються безпосередньо до магістральних каналів, і інші, які обслуговують довільним чином з'єднані підмережі, звані в світі IP автономними системами (autonomous systems). Вона не завжди вирішується просто, оскільки маршрутизація в мережах IP здійснюється на основі неповної інформації і досяжність (reachability) деякого вузла не очевидна. Завдання поширення інформації по досяжності вузлів мережі вирішують два протоколи: Exterior Gateway Protocol (EPG) і прийшов йому на зміну Border Gateway Protocol (BGP).

Для забезпечення маршрутизації мало знати, що даний вузол можна досягти. Необхідно знайти і в міру можливості оптимізувати шлях до нього. Це завдання в мережах TCP/IP вирішує ряд протоколів динамічної маршрутизації, які за внутрішньою логікою можна розділити на два основні класи: засновані на підрахунку проміжних ретрансляцій (hop count) і засновані на знанні повної топології мережі (так звані SPF-протоколи, від Shortest Path First).

Протоколи на основі підрахунку проміжних ретрансляцій виробляють обчислення найбільш коротких шляхів поширення, визначаючи число проміжних маршрутизаторів на шляху поширення пакета від даного маршрутизатора до одержувача. Це рішення традиційно було першим, але його не можна вважати оптимальним: в його рамках не враховується реальна пропускна спроможність ліній зв'язку, тому «швидкий» шлях, наприклад через три сегменти локальної мережі Ethernet, буде вважатися більш довгим, ніж «повільний» однопрогоновий шлях через, скажімо, послідовну лінію. На основі підрахунку ретрансляцій працюють такі поширені протоколи динамічної маршрутизації, як Gateway-to-Gateway Protocol (GGP), що забезпечує обмін інформацією між потужними базовими маршрутизаторами (core, або exterior gateways), що підключаються безпосередньо до магістральних каналів мереж (backbones) або Routing Information Protocol (RIP), вирішальний ту ж задачу для менш значущих маршрутизаторів (interior gateways).

До протоколів другого типу слід віднести протокол HELLO, що обчислює оптимальний шлях на основі вимірювання затримки поширення пакетів, і розвиненою протокол OSPF (Open SPF), який містить ряд додаткових можливостей, включаючи:

- Обчислення оптимальних маршрутів для різних типів сервісу;
- Аутентифікацію вузлів на основі простої системи;
- Вирівнювання навантаження мережі (load balancing);
- Маршрутизацію в підмережах;
- Мінімізацію широкомовних викликів для пошуку інформації;
- Підтримку адміністрування віртуальних мереж, зв’язність яких абстрагована від фізичної природи мережевих каналів.

2.3 Процес передачі мови по IP-мережі

Процес передачі мови по IP-мережі складається з кількох етапів (рис. 2.3). У терміналі, підключеному до IP-мережі і оснащеному мікрофоном, телефоном і програмно-апаратними засобами мультимедіа, відбувається кодування мови:

- АЦП (аналого-цифрове перетворення) сигналів, що надходять від мікрофона;
- компресія сигналу (для зменшення необхідної смуги пропускання).

Ці перетворення здійснюються в кодеках. Кодеки можуть забезпечувати швидкість передачі мови від 1,2 до 64 кбіт/с. Для формування пакетів необхідно накопичити певний обсяг даних, до яких додається службова інформація - адреса одержувача, порядковий номер пакету на випадок, якщо буде порушена послідовність доставки, і додаткові дані для корекції помилок.

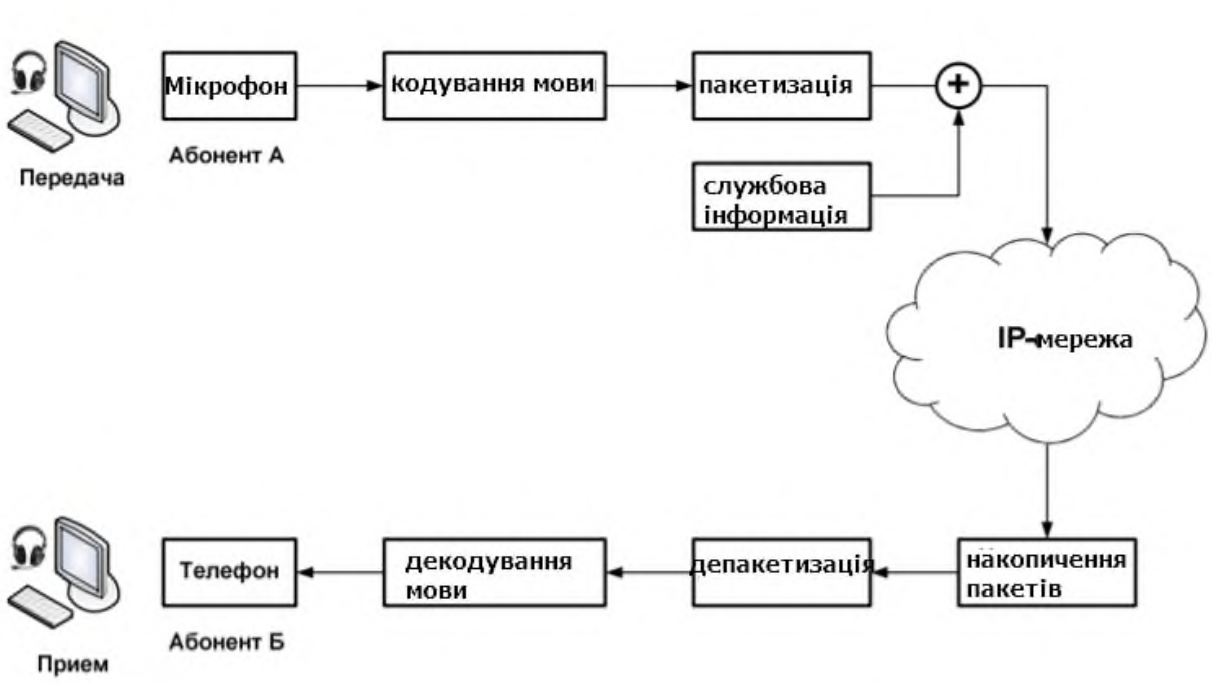


Рис. 2.3 Процес передачі мови по IP-мережі

Оскільки стек протоколів UDP/IP надає послугу передачі пакетів без встановлення з’єднання, пакети зі старшими порядковими номерами можуть прийти раніше, більш того, інтервал часу між пакетами також може коливатися. Тому на прийомі для відновлення початкової послідовності і вирівнювання інтервалів між прийнятими пакетами, відбувається накопичення пакетів. Потім видаляються всі заголовки пакетів і здійснюється декодування мови: придушення луни, придушення періодів мовчання, генерація комфортного шуму, отримана послідовність даних декомпресивні і піддається ЦАП (цифроаналоговое перетворення). У разі, якщо в процесі телефонного з’єднання беруть участь дві мережі (мережа з комутацією каналів і мережа з комутацією пакетів), перетворення пакетів в сигнал TDM здійснюється в обладнанні медіа-шлюзу (рис. 2.4). Причому функція «декодування» в цьому прикладі не здійснює цифроаналогового перетворення.

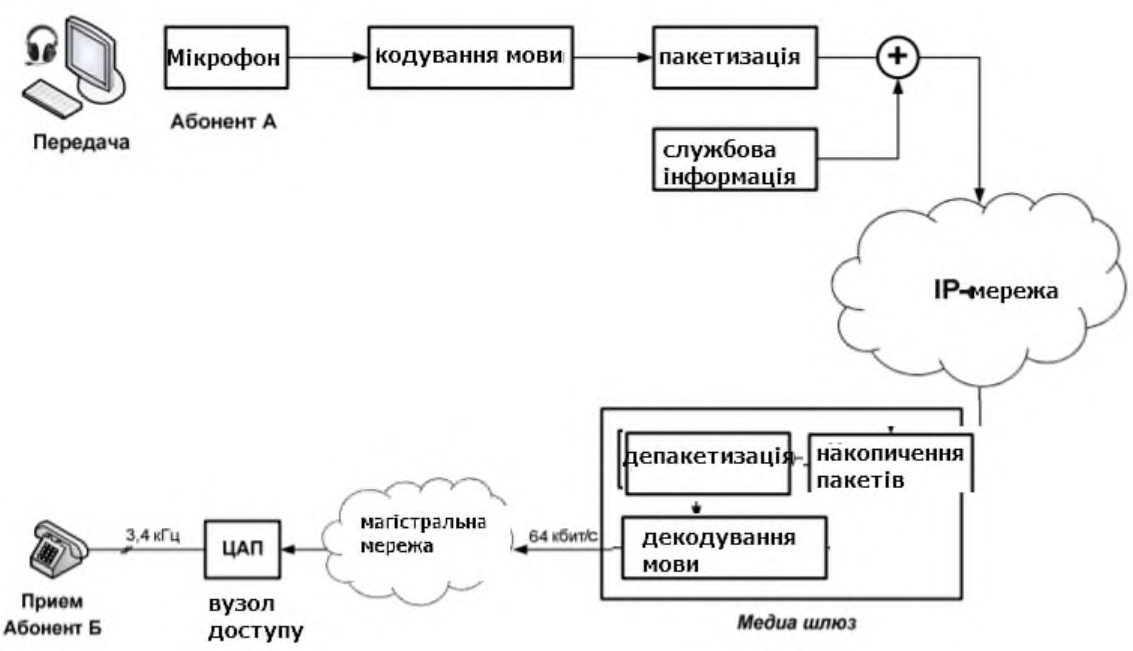


Рис. 2.4 Процес передачі мови між абонентом мережі з КК і абонентом мережі з КП

2.4 Протокол RTP

Протокол RTP був розроблений IETF (RFC 1889) для перенесення в реальному часі мовної та відеоінформації по мережі з комутацією пакетів. Спільно з протоколом UDP, RTP реалізує функції транспортного рівня. Протокол UDP здійснює сервіс доставки пакетів без встановлення з'єднання і надає протоколу RTP послуги мультиплексування і виявлення помилок на основі контрольної суми. При виявленні помилок пошкоджені сегменти відкидаються, а функції упорядкування пакетів лягають на RTP, який здійснює нумерацію пакетів в потоці. Протокол RTP також передбачає індикацію типу корисного навантаження, а наявність тимчасової мітки пакета, дозволяє компенсувати негативний вплив джиттера. Як протоколи транспортного рівня RTP може використовувати і інші протоколи. Протокольні блоки даних RTP називаються пакетами. Пакети, що формуються відповідно до протоколу RTP і службовці для

передачі мультимедійних даних, називаються інформаційними пакетами або пакетами даних. Пакет складається з заголовка пакета і корисного навантаження (стислі мова, відео). Протокол RTP не має власних механізмів, що гарантують своєчасну доставку пакетів або інші параметри якості послуг - це здійснюють нижні протоколи. Він навіть не забезпечує всі ті функції, які зазвичай надають транспортні протоколи, зокрема, функції щодо виправлення помилок або управління потоком. Оскільки мультмедійна сесія дозволяє передавати різні типи даних (аудіо, відео тощо), для передачі кожного типу трафіку незалежно від іншого специфікацією протоколу вводиться поняття сеансу зв’язку RTP. Сеанс визначається конкретною парою транспортних адрес призначення, тобто одна мережева адреса і два порти для RTP і RTCP. Так, для відеоконференції необхідно аудіо і відео передавати в різних сеансах з відповідно різними портами призначення. Ніякого безпосереднього з’єднання на рівні RTP між аудіо та відеосеансу зв’язку немає, за винятком того, що користувач, який бере участь в обох сеансах, повинен використовувати одне і те ж канонічне ім’я в RTCP пакетах для обох сеансів так, щоб сеанси могли бути пов’язані. Незважаючи на поділ, синхронне відтворення мультимедійних даних джерела (звуку і відео) може бути досягнуто при використанні інформації таймера (з поля, де вказується значення таймера), яка переноситься в пакетах RTCP для обох сеансів.

2.5 Протокол RTCP

Протокол контролю транспортування інформації в реальному часі RTCP формує звіти, що містять інформацію про комунікаційну RTP. Протокол RTCP передає відомості (як від приймача, так і від відправника) про кількість переданих і втрачених пакетів, значенні джиттера, затримки тощо, підтримуючи зв’язок між відправником і отримувачем шляхом обміну пакетами - звіт приймача і звіт джерела. RTCP завжди використовується разом з RTP для контролю якості і для

передачі інформації про учасників існуючої сесії. Найчастіше для RTP сесії призначається парний порт, а для RTCP повідомлень наступний непарний порт. Використання RTCP звітів не є обов'язковим для всіх RTP сесій, але рекомендується. RTCP використовує той же стек протоколів, що і RTP (UDP/IP). Протокол RTCP виконує чотири основні функції.

1. Головна функція - забезпечення зворотного зв'язку (пакети звіт приймача, звіт джерела) для оцінки якості передачі даних, наприклад числа втрачених пакетів. При отриманні інформації про збільшення втрат пакетів відправник може знизити швидкість кодування. Звіт відправника завжди містить інформацію про те, коли був згенерований останній RTP-пакет (вона включає як внутрішню мітку, так і «реальний» час). Ця інформація дозволяє одержувачеві координувати і синхронізувати множинні потоки, наприклад, відео та аудіо. Якщо потік прямує кільком одержувачам, то організовуються потоки RTCP пакетів від кожного з них. При цьому будуть зроблені кроки для обмеження ширини смуги - обернено пропорційно швидкості, з якою генеруються RTCP-звіти, і числу одержувачів.

2. Ідентифікація відправника. Оскільки обраний випадковим чином ідентифікатор SSRC в процесі сеансу може змінюватися, наприклад, при виявленні конфлікту, для ідентифікації джерела синхронізації потрібні відомості при його незмінному канонічному імені (поле CNAME в пакеті SDES). Як і ідентифікатор SSRC, ідентифікатор CNAME також повинен бути унікальним для всіх учасників в рамках одного сеансу зв'язку RTP. Поле CNAME має мати такий вигляд: «користувач @ хост» або «хост».

3. Масштабування. Передбачений механізм обмежує частоту передачі керуючих пакетів RTCP. Для кожного сеансу передбачається, що трафік даних відповідає агрегованій межі, так званою пропускною здатністю сеансу зв'язку, яка спільно використовується всіма учасниками. Обчислення смуги пропускання для трафіку управління та даних виконуються з урахуванням нижчих протоколів

транспортного і мережевого рівнів (наприклад, UDP і IP). Трафік управління повинен бути обмежений малою частиною смуги пропускання сеансу, щоб не постраждала основна функція транспортного протоколу - передача даних. Передбачається, що частина смуги пропускання сеансу, що виділяється для RTCP, повинна бути встановлена та дорівнювати 5%. Всі учасники сеансу повинні використовувати однакову величину смуги пропускання RTCP, щоб обчислені значення інтервалу передачі пакетів управління були однаковими.

4. Для керування обміном. Четверта, додаткова функція RTCP повинна забезпечувати передачу інформації управління сеансом (наприклад, ідентифікацію учасника), яка буде відображена в інтерфейсі користувача. Найбільш ймовірно, що це буде корисним в «вільно керованих» сеансах, де учасники приєднуються до сеансу зв'язку і залишають його без узгодження параметрів і характеристик.

2.6 Протокол H.323

Автором протоколу H.323 прийнято вважати організацію ITU-T (International Telecommunication Union). Існує кілька версій стандарту H323. Першу версію стандарту випущено в 1996 році.

З технічної точки зору, представлений стандарт включає в своїй базі велику кількість інших протоколів, але розглянемо його як спосіб контролю над з'єднанням.

До числа об'єктів стандарту H.323 відносяться (рис.2.5):

Термінал (Terminal). Кінцевий H.323-пристрій користувача. Може бути як програмним (додаток на комп'ютері), так і апаратним (телефонний апарат). Терміналам можуть призначатися один або кілька псевдонімів (номера телефонів, назви).

Шлюз (Gateway). Пристрій, призначений для сполучення різнорідних мереж. Так, рекомендації ITU-T містять інформацію по сполученню H.323-пристроїв з пристроями мереж ISDN, ATM і ТМЗК.

Пристрій управління конференціями (Multipoint Control Unit - MCU) [6]. Забезпечує зв'язок трьох або більше H.323 терміналів. Всі термінали, які беруть участь в конференції, встановлюють з'єднання з MCU. Сервер управляє ресурсами конференції, погоджує можливості терміналів з обробки звуку і відео, визначає аудіо та потокове відео, які необхідно направляти за багатьма адресами [7].

Сторож (GateKeeper). Основний керуючий [6] елемент мережі H.323, координує і контролює роботу всіх її пристроїв. До його завдань відносяться: аутентифікація; авторизація; дозвіл імен; управління пропускною спроможністю, використовуваної H.323-пристроями. Як правило, мережа H.323 розбивається на зони, в кожній з яких присутній сторож, керуючий довіреними йому пристроями.

Для забезпечення більшої надійності одну «зону» можуть обслуговувати кілька сторожів, тоді один з них називається «головним», а інші - «альтернативними». Крім управління і централізованого дозволу імен абонентів, вони також можуть надавати додаткові можливості, наприклад, виконувати функції проксі-сервера для сигнальних і мультимедійних файлів.

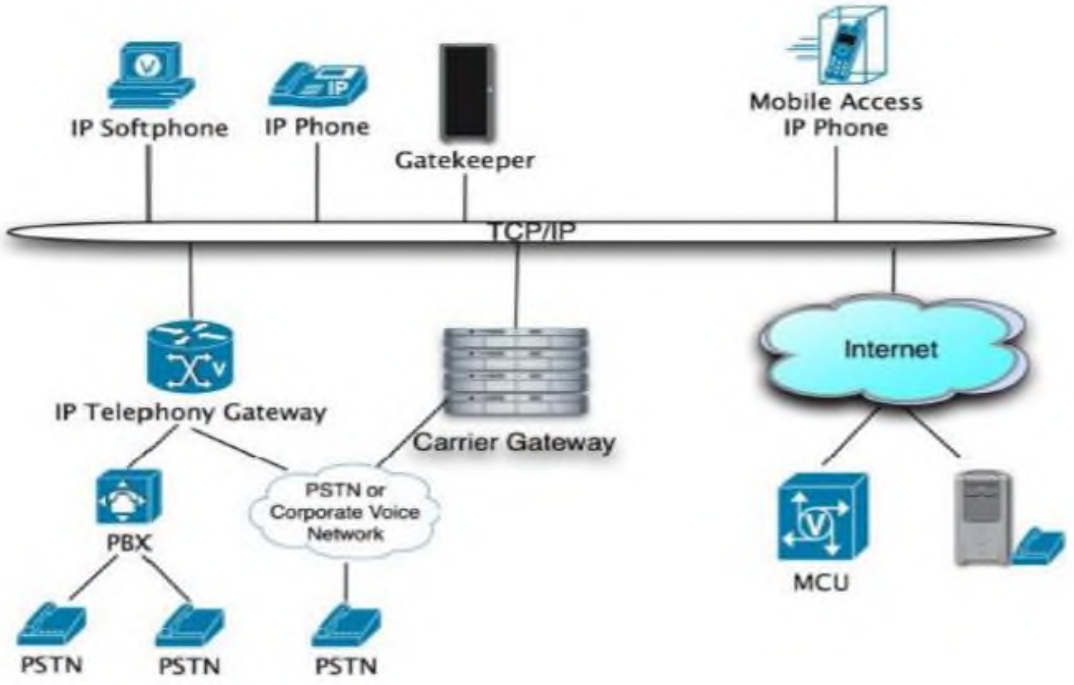


Рис. 2.5 Об’єкти протоколу H.323

2.7 Особливості протоколів SIP і H.323

За ступенем поширеності наступним після H.323 є протокол SIP. Протокол SIP вирішує, по суті, ті ж завдання, що і H.323 (рис. 2.6).

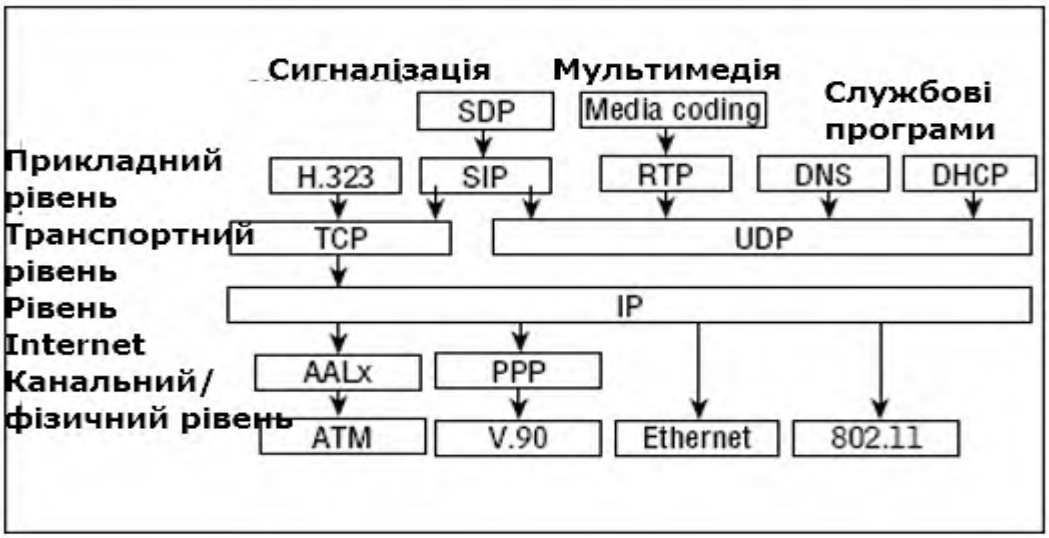


Рис. 2.6. Основні завдання протоколів

Обидва протоколу можуть розглядатися як приклад різного підходу до вирішення однієї і тієї ж задачі. Якщо H.323 спирається на традиційні системи телефонної сигналізації на основі протоколу Q.931, то SIP реалізує більш сучасний, орієнтований на Internet підхід на базі протоколу HTTP.

Протокол SIP здатний встановлювати, модифікувати і завершувати сеанси мультимедіа, подібні VoIP (такий механізм реалізує, наприклад, SIP шлюз).

SIP підтримує кілька основних функцій встановлення і завершення мультимедійних сеансів, включаючи визначення місцезнаходження викликаного користувача, його готовність брати участь в сеансі, його можливостей (параметри використовуваного середовища, обладнання та ін.), посилку виклику, завдання параметрів сеансу на викликаємій і викликаючій сторонах, управління сеансом (включаючи процеси передачі та завершення сеансу, модифікації параметрів сеансу і пропозиція послуг).

SIP підтримує запрошення учасників до поточних сеансів на зразок багатоточкових конференцій, додавання до поточного сеансу або видалення з нього мультимедійних даних, прозорий розподіл імен та перенаправлення послуг, включаючи персональну мобільність користувача.

SIP сумісний з обома протоколами адресації IPv4 і IPv6. Інформація про присутність (Presence Information) містить дані про стан користувача або пристрою в певний момент. Наприклад, для мобільного користувача вона включає такі параметри, як його дійсний стан в просторі - «в офісі», «в поїздці», «в лабораторії» і ін.

Для побудови закінченої мультимедійної архітектури SIP використовується разом з іншими протоколами IETF - транспортним протоколом реального часу RTP і протоколом управління потоком даних RTCP.

Протокол опису сеансу SDP входить в сімейство протоколів SIP у вигляді документа RFC 2327 IETF і містить механізм опису характеристик сеансу: час

проведення, необхідні ресурси тощо. У SDP передбачена можливість зміни параметрів сеансів в оперативному режимі.

Протокол ініціювання сеансів для телефонів SIP-T, наведений в документі RFC 3372, містить алгоритм взаємодії SIP з ТМЗК. Він передбачає як пряме взаємне перетворення повідомлень SIP і ТфОП, так і їх інкапсуляцію.

При взаємному перетворенні виклик SIP, що виходить від шлюзу ТфОП, не можна відрізнити від виклику, який посилає пристрій SIP, тому обидва виклику будуть оброблятися однаково. Однак не кожен параметр сигнального повідомлення ТМЗК має відповідність в SIP, а значить, якщо виклик адресовано абоненту ТМЗК, частина сигнального повідомлення буде втрачена.

До недоліків інкапсуляції відносяться можливість використання цього підходу в мережі тільки з одним протоколом телефонної сигналізації, необхідність шифрування повідомлень ТфОП при передачі через загальнодоступну мережу Internet або використання в мережі тільки з SIP-сумісними пристроями.

2.8 Технологія SIP. Структура і елементи мережі

Технологія протоколу SIP базувалася на наданні мовних послуг тільки в рамках пакетних мереж (Локальні мережі та мережі Інтернет) і на перших порах не підтримувала зв’язок з ТМЗК. Надалі, так само як і в технології H.323, були розроблені шлюзи, які дозволяють надавати послугу IP-телефонії користувачам ТфОП, на сьогоднішній день різниця в функціональних можливостях обох технологій невелика.

Протокол SIP розроблений IETF - організацією, що займається затвердженням стандартів, що мають відношення до протоколів TCP/IP. Ідейно SIP заснований на тому ж підході, що HTTP: запит – відповідь (Request - reply).

Всі повідомлення SIP текстові, їх можна читати без використання складних систем розшифровки.

Назва SIP розшифровується як Session Initiation Protocol - протокол ініціювання сеансу. Це означає, що SIP забезпечує ініціювання, контроль і ліквідацію сеансів обміну інформацією, а в якості самої переданої інформації може виступати що завгодно: і мова, і музика, і відео, і, наприклад, текст.

В основу протоколу SIP [2] закладені наступні принципи:

- персональна мобільність користувачів. Користувачі можуть переміщатися в межах мережі. Користувачеві надається унікальний ідентифікатор, а мережа надає йому послуги незалежно від того, де він знаходиться;
- масштабованість мережі. Вона характеризується, в першу чергу, можливістю збільшення кількості елементів мережі при її розширенні;
- розширюваність протоколу. Вона характеризується можливістю доповнення протоколу новими функціями при введенні нових послуг.

Взаємодія з іншими протоколами сигналізації.

Перевагою протоколу SIP є можливість переносити в тілі протоколу SIP повідомлення інших протоколів (SDP, ISUP, Q.931, ...).

Зокрема, для управління SIP-сеансами в тілі протоколу SIP передаються дані протоколу SDP, який працює в парі з SIP і володіє здатністю змінювати параметри сеансу по ходу обміну даними. Повідомлення протоколу SDP передається в тексті листа протоколу SIP. Протокол SIP визнаний такими організаціями як 3GPP, що запропонувала сучасну концепцію побудови мереж IMS, в якості основного протоколу для управління мультимедійними сеансами в мережах 4G.

2.9 Інфраструктура мережевих агентів протоколу SIP

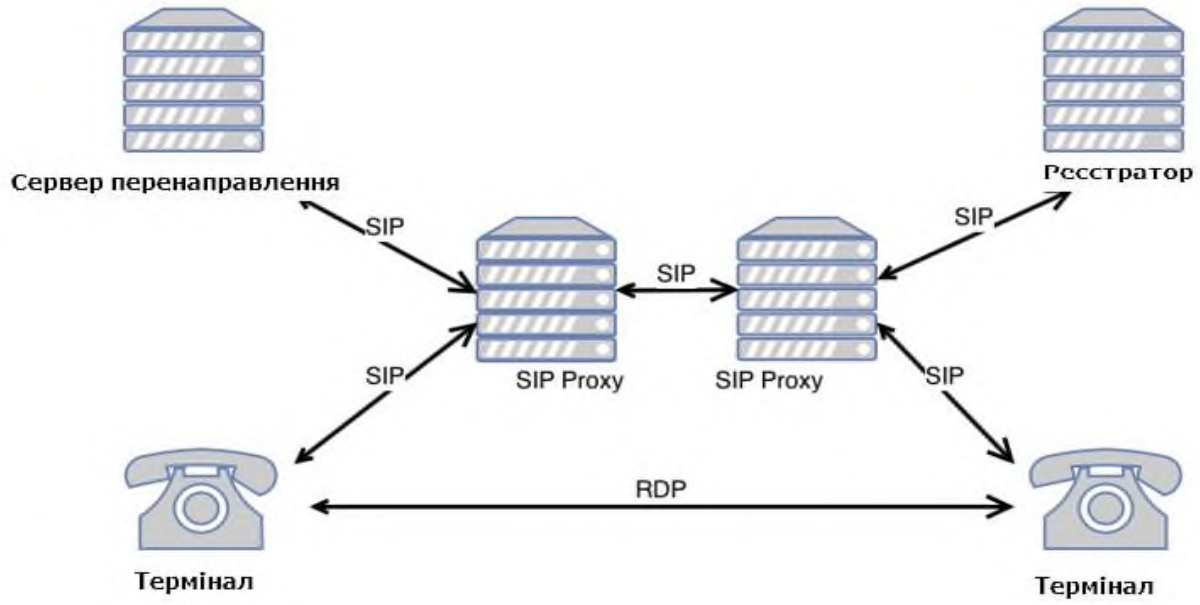


Рис. 2.7 Приклад sip-мережі

Протокол SIP розроблений таким чином, що два кінцевих піра можуть встановлювати з'єднання без участі будь-яких додаткових елементів, однак, з міркувань експлуатації мереж були введені наступні типи агентів, які взаємодіють за моделлю клієнт-сервер:

Термінал - є кінцевим вузлом в SIP-сесії, який або бере участь в передачі повідомлень, або управляє сесією. Термінал в моделі взаємодії SIP виконує одночасно роль і клієнта і сервера.

Реєстратор - вузол в мережі SIP, який проводить реєстрацію терміналів і зберігає інформацію про них, а також дозволяє здійснювати пошук терміналів за необхідними параметрами.

Проксі-сервер - проміжний об'єкт SIP-мережі, що забезпечує маршрутизацію сесій і відповідає за доставку повідомлень терміналів. Дозволяє

виконувати запити від імені інших вузлів мережі, тим самим прискорюючи доставку повідомлень через найбільш короткі маршрути.

Шлюз - прикордонний вузол, який використовується для передачі повідомлень між мережами.

Контролер кордону сеансу - спеціалізований елемент мережі, який слугує для виконання сервісних функцій між терміналами, такими, наприклад, як обхід NAT.

Сервер перенаправлення - допоміжний елемент мережі, використовуваний для перенаправлення запитів від проксі-серверів до зовнішніх доменів.

2.10 Структура SIP-повідомлень

SIP є текстовим протоколом і його синтаксис багато в чому схожий з HTTP. Повідомлення в SIP поділяються на запити і відповіді. Перший рядок запиту містить метод, який визначає природу запиту, потім слід URI-адреса призначення запиту. Відповідь містить в першому рядку код, який визначає результат надійшов запит

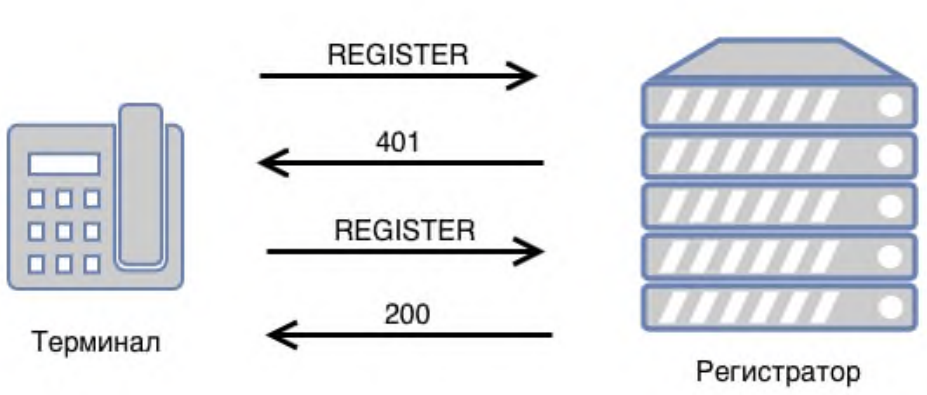


Рис. 2.8 Реєстрація SIP-клієнта

Запити генеруються терміналами-клієнтами до серверів і ініціалізують функціональність протоколу. Зробити запит на увазі отримання відповіді про результат транзакції. Розглянемо докладно методи, що використовуються при комунікації:

- метод SIP: invite: Запрошення іншого UA (учасника) почати сеанс
- метод SIP: re-invite: Зміна параметрів запущеного сеансу
- метод SIP: register: Зареєструвати своє місце розташування в мережі, використовуючи SIP сервер реєстрації
- метод SIP: cancel: Скасування запрошення про початок сеансу
- метод SIP: bye: Завершення сеансу зв'язку
- метод SIP: options
- метод SIP: invite: Запрошення іншого UA (учасника) почати сеанс

Якщо у клієнта користувача виникає бажання ініціювати сеанс зв'язку (наприклад, передачі мови, відео або для ігор), він формує запит INVITE. Запит INVITE запитує встановлення сеансу зв'язку з сервером. Цей запит може бути пересланий за допомогою SIP проксі сервера і, в підсумку, досягне одного або декількох SIP клієнтів: UAS, які, в принципі, можуть підтвердити установку цього сеансу. Цим, що викликається клієнтам (UAS), часто потрібно запросити у свого користувача дозволу на підтвердження надходить запиту на установку сеансу зв'язку.

Через деякий час, дані клієнти (UAS), можуть ствердно відповісти на запит на ініціацію сеансу (це має на увазі, що сеанс зв'язку буде встановлений), надіславши відповідь з кодом з діапазону 2xx.

Якщо запрошення встановити сеанс зв'язку не підтверджується віддаленим абонентом, то буде відправлений відповідь з кодом 3xx, 4xx, 5xx або 6xx, в залежності від причини, по якій було відмовлено. Перед відправкою остаточної відповіді, що викликаються клієнти (UAS) можуть відправити попередні відповіді

(1xx) для сповіщення викликає клієнта UAC, що виробляються спроби викликати викликається користувача.

Метод SIP: re-invite

Ця модифікація дозволяє змінювати адреси або порти сеансів, може додавати потік мультимедійних файлів, видаляти потік мультимедійних файлів, і тощо. Це досягається відправкою нового запиту INVITE, в межах діалогу вже встановленого сеансу зв'язку. Запит INVITE, який відправлений для вже встановленого сеансу зв'язку, називається методом re-INVITE.

Зверніть увагу: що один запит re-INVITE може модифікувати параметри діалогу і параметри сеансу одночасно

Метод SIP: register

Реєстрація тягне за собою відправку запиту REGISTER клієнту UAS спеціального типу, який так само відомий як сервер SIP реєстрації. Цей сервер виступає в ролі front end сервісу пошуку абонентів в домені, зчитує і записує карту для маршрутизації викликів, грунтуючись на даних запиту REGISTER. Це завдання пошуку абонента зазвичай покладається на proxy сервер, який відповідає за маршрутизацію викликів в межах свого домену.

Метод SIP: ack

SIP описує трьохкрокову систему установки з'єднання. Абонент відправляє запит INVITE. Викликаний відправляє повідомлень ACK для підтвердження виклику. Абонент відправляє повідомлення ACK для індикації того, що перша фаза обміну пройшла успішно і починає вироблятися установка з'єднання.

Якщо в першому повідомленні INVITE включає тіло з описом параметрів виклику в SDP, тоді в перше повідомлення ACK включаються SDP поля абонента.

Якщо в першому повідомленні INVITE не включене тіло, що містить SDP повідомлення, тоді перше повідомлення ACK буде містити SDP повідомлення абонента. Інша сторона сполуки, яка може і не бути джерелом виклику,

відправить повідомлення ACK для завершення процесу встановлення з’єднання, яке буде містити потрібні поля в SDP для установки цього з’єднання.

Метод SIP: cancel

Запит CANCEL, як і випливає з його назви, використовується для скасування попереднього запиту, відправленого клієнтом. Якщо бути більш точним, то він запитує у клієнта (UA) по можливості припинити обробку попереднього запиту і згенерувати на нього відповідь з помилкою виконання. Запит CANCEL не виробляє ніякого ефекту, якщо на запит, відправлений клієнту (UAS), вже було отримано остаточну відповідь про його виконанні.

З цієї причини, CANCEL в основному використовується для скасування запитів, що вимагають досить тривалий час на їх обробку. З цієї ж причини, CANCEL є найкращим варіантом для скасування запиту INVITE, якому потрібно тривалий час на формування відповіді. У такому варіанті використання, клієнт (UA), який отримує запит CANCEL на попередній INVITE (на який ще не був отриманий остаточну відповідь), робить наступне: перестає "дзвонити" і після цього відповідає на запит INVITE, сполученням зі спеціальним кодом помилки (487).

Метод SIP: bye

Запит BYE використовується для завершення зазначеного сеансу зв’язку або для завершення спроби встановити сеанс зв’язку. В цьому випадку, вказаний сеанс - це один з тих діалогів, який встановлений між клієнтом (UA) та віддаленої стороною. Якщо в процесі діалогу буде отримано запит BYE, всі сеанси, пов’язані з цим діалогом, ПОВИННІ БУТИ ЗАВЕРШЕНО. Клієнт (UA) НЕ МАЄ відправляти запити BYE, якщо він не знаходиться в режимі діалогу з віддаленим клієнтом.

Зухвалий клієнт (UA) МОЖЕ відправляти запити BYE, як для вже підтверджених, так і для ще тільки ініційованих діалогів, а викликані клієнти

(UA) МОЖУТЬ відправляти повідомлення BYE тільки для вже підтвердженого діалогу, але НЕ МОЖУТЬ відправляти це повідомлення на стадії ініціації діалогу.

Метод SIP: options

Метод SIP протоколу «OPTIONS`» дозволяє користувачам (UA) відправляти запити іншим користувачам (UA) або проксі серверів, для перевірки сумісності з ними. Це дозволяє клієнту отримати інформацію про те, які методи підтримує віддалений клієнт, підтримувані "content types", розширення, кодеки, і т.д., без необхідності здійснення виклику цього віддаленого абонента.

Наприклад, перед тим як заповнити поле заголовка "Require" в повідомленні INVITE, списком параметрів, в яких немає впевненості, що пристрій призначення (UA) їх підтримує. Клієнт може послати запит OPTIONS цьому пристрою, для того, щоб побачити, чи є ті параметри, що ми хочемо помістити в поле "Require" повідомлення INVITE, в повернутому поле "Supported", у відповіді на наш запит OPTIONS.

Всі користувачі (UA) повинні підтримувати метод OPTIONS.

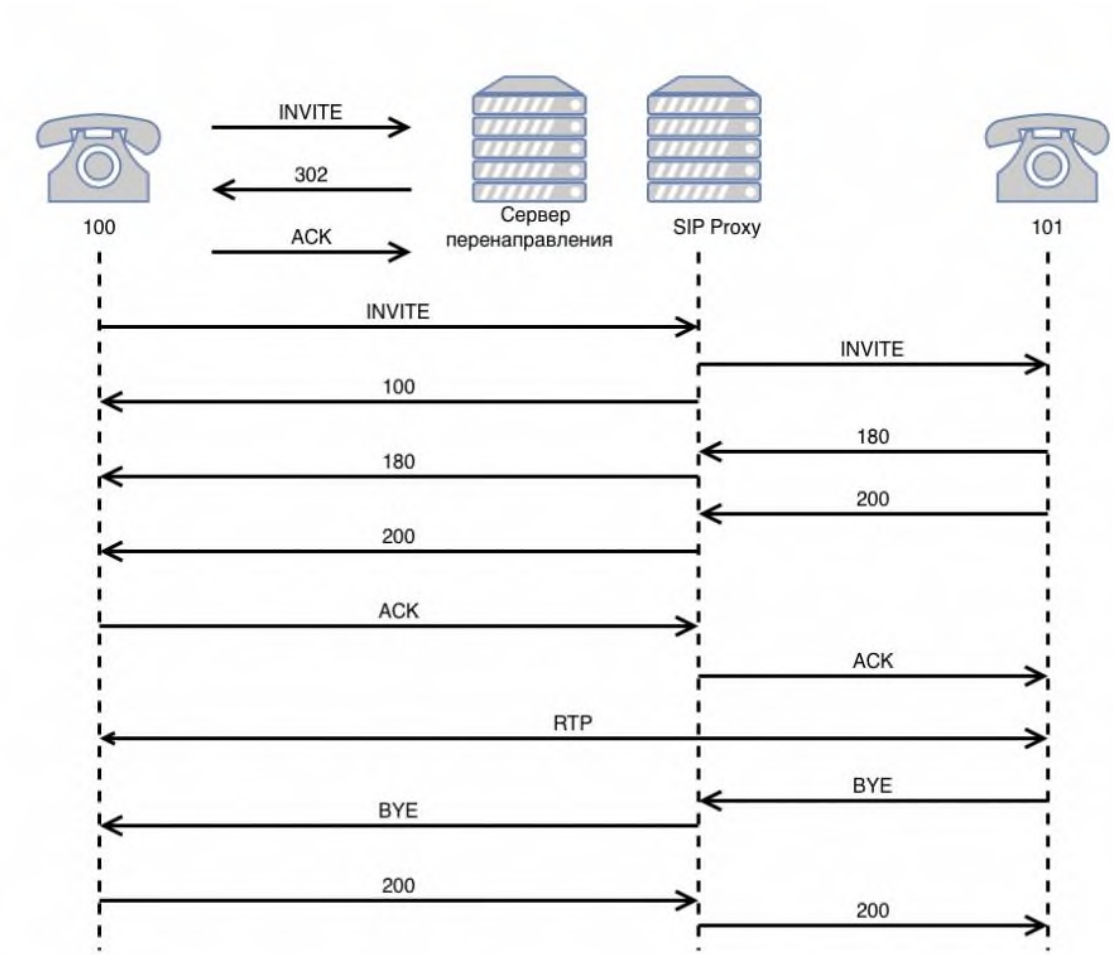


Рис. 2.9 Відповіді на SIP повідомлення

Після прийому та інтерпретації запиту, адресат (проксі сервер) передає відповідь на цей запит. Зміст відповідей буває різним: підтвердження встановлення з'єднання, передача запитаної інформації, відомості про несправності тощо

Визначено шість типів відповідей, що 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 повинно інтерпретувати першу цифру відповіді [4]

1xx: Проміжні коди - підтверджують прийом запиту, триває його обробка;

Проміжні коди відповіді, ще звані інформаційними повідомленнями інформують, що сервер, який отримав запит, продовжує виконувати будь-які дії і на даний момент не має остаточної відповіді на отриманий запит. Сервер відправляє 1xx відповідь, якщо приблизний час виконання запиту, для отримання остаточного результату, займе у нього більше ніж 200 ms. Зверніть увагу, що відправлення повідомлень з кодом відповіді 1xx - не гарантовано. Отримання повідомлення з цим кодом не примушує клієнта відправляти повідомлення ACK. Повідомлення з проміжним кодом відповіді (1xx) МОЖУТЬ містити тіло повідомлення, включаючи дескриптор сеансу.

2xx: Успішне виконання - запит був успішно прийнятий, розпізнаний і підтверджений. Зустрічаються такі повідомлення:

3xx: Переадресація - для завершення виконання запиту повинні бути зроблені додаткові дії;

4xx: Помилка клієнта - в запиті міститися помилки синтаксису або він не може бути оброблений даним сервером;

5xx: Помилка сервера - сервер не зміг виконати правильно сформований запит;

6xx: Глобальна помилка - запит не може бути виконаний жодним сервером.

ВИСНОВКИ ДРУГОГО РОЗДІЛУ

IP-телефонія використовується для стандартного онлайн-обміну інформацією. SIP-протокол - один із способів передачі даних по мережі. Він був розроблений на основі протоколів HTTP (передача гіпертексту, використовується для веб-додатків) і SMTP (на його базі працює обмін електронною поштою). Також як і в HTTP, SIP-протокол використовує текстовий формат повідомлень. До нього був широко поширений протокол передачі даних H.323, який перетворював інформацію в двійковий код. Через це нормально взаємодіяти могли тільки пристрої, які підтримують подібне кодування.

У SIP-протоколі така проблема усунена: якщо немає можливості перетворити дані, вони ігноруються.

Від SMTP прийшов формат адрес користувачів. Він нагадує e-mail адреси, тому що складається з імені та ідентифікатора хоста. SIP-адреси бувають чотирьох типів: ім’я @ домен, ім’я @ хост, ім’я @ IP-адреса, номер_телефона @ шлюз. На початку додається приставка sip. З’єднання за такою адресою зручніше, ніж за IP-адресою, тому користувачі зможуть знайти один одного, навіть якщо IP-адреса змінилася.

Є кілька способів дзвонити через SIP. Можна обладнати програмою персональний комп’ютер або смартфон, або взяти звичайний домашній SIP-телефон, підключений до роутера.

Функціональні особливості SIP-зв’язку в тому, що при дзвінку цифровий сигнал стискається і зв’язок працює значно швидше. Пристрій отримує сигнал і починається розмова за допомогою SIP-протоколу. Сигнал знову перетворюється в аналоговий і людина, яка відповідає на дзвінок, чує якісний звук.

Плюси використання SIP-телефонії:

- Вона коштує значно дешевше. Абонент сплачує послуги згідно з тарифом свого оператора, незалежно від місцезнаходження клієнта.

- Також IP-телефонія в офісі дозволяє стежити за роботою коллтрекінга і оцінювати ефективність кожного менеджера, прослуховуючи дзвінки, що допомагає підвищити якість обслуговування і збільшити кількість успішних угод. Необхідність використання такої системи в тому, що вона добре захищає від прослуховування, чого не можуть гарантувати традиційні лінії зв’язку.

3 АНАЛІЗ ПОБУДОВИ ЕРЕЖІ IP-ТЕЛЕФОНІЇ НА ПІДСТАВІ ПРОТОКОЛУ SIP

3.1 Аналіз мережі ТОВ «Техпідтримка»

Необхідність вибору рішень виникає при побудові тієї чи іншої системи телефонного зв'язку. Існує ряд типових задач при введенні в експлуатацію системи телефонного зв'язку, реалізованого на технології VoIP загалом і технології побудованої на протоколі SIP зокрема, які вимагають обґрунтованого і найбільш раціонального рішення.

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

Інтеграція телефонної мережі в корпоративну телефонну мережу - одна з типових задач, що вирішуються за допомогою технології IP-телефонії.

ТОВ «Техпідтримка» складається з двох адміністративних будівель. У 2010 році будівлі були з'єднані мережею стандарту Ethernet з метою автоматизації збору даних і віддаленного управління. Слід зазначити, що, незважаючи на герметизацію роз'ємів високочастотного кабелю, через великий перепад температур всередині і поза приміщенням в кабелі все ж відбувається конденсація вологи з боку приміщення, через що кожні два-три роки його доводиться міняти.

Телефонна мережа ТОВ «Техпідтримка» побудована на основі офісної міні-АТС Panasonic KX-TA 616 (рис.3.1). Зважаючи на відсутність на момент створення мережі інших доступних варіантів, для організації зв'язку були використані адаптери аналогових телефонів Cisco ATA 186, підключені до зовнішніх ліній міні АТС. У точці ретрансляції до адаптера IP-телефонії підключений радіотелефон Senao. Управління сполуками в VoIP-мережі здійснювалося по протоколу H.323. Офісна міні-АТС Panasonic KX-TA616 є

серією гібридних офісних телефонних станцій. АТС Panasonic KX-TA616 ємністю шість міських і 16 внутрішніх ліній може бути розширена до шести міських і 24 внутрішніх ліній.



Рис. 3.1 Міні-АТС Panasonic KX-TA616

Підключення шлюзу внутрішньої мережі до СО-ліній міні-АТС має певні недоліки, головний з яких - неможливість організації єдиного плану нумерації у внутрішній мережі. Для здійснення викликів між будівлями доводилося проводити набір номера в дві стадії. Ще більш складними були правила набору в ТМЗК.

Кілька років тому оператор телефонної мережі та Інтернет-провайдер Ланет розширив канал передачі даних і почав надавати доступ в Інтернет за технологією ADSL, що дозволило організувати досить високошвидкісне з’єднання.

Хоча провайдер забезпечує якість обслуговування тільки на рівні - best effort, тестування показало, що воно досить гарне для організації голосового зв’язку між будівлями. У зв’язку з цим було прийнято рішення про модернізацію мережі IP-телефонії філії.

Наведемо опис остаточного варіанту, який буде реалізований найближчим часом.

Модернізація мережі включає такі елементи:

- перехід з протоколу H.323 на SIP.
- заміна обладнання.
- зміна схеми включення шлюзу внутрішньої мережі та перехід на статичну маршрутизацію викликів у внутрішній мережі.

Перехід на протокол SIP обумовлений, в основному, прагненням до уніфікації використовуваних протоколів, програмних і апаратних засобів всередині корпоративної мережі ТОВ «Техпідтримка».

Необхідність заміни адаптерів Cisco ATA 186 FXS була викликана низкою причин. Адаптер Cisco ATA 186 не підтримує таблицю IP-маршрутів і не виконує жодних повідомлень ICMP-redirect, що неминуче породжує подвоєний трафік в одному плечі мережі при розмовах з адаптера, розташованого в точці ретрансляції.

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

Перехід на статичну маршрутизацію телефонних з'єднань був визнаний доцільним для підвищення відмовостійкості телефонної мережі. Хоча стабільність роботи використовуваного воротаря H.323 (AquaGatekeeper) не викликала нарікань, все ж надійність цього елемента пов'язана з апаратною надійністю комп'ютера, який, до того ж, використовується для декількох додатків. У той же

час, при малій кількості абонентів VoIP-мережі конфігурація статичних маршрутів на шлюзах не викликає особливих труднощів.

Для забезпечення зв'язку з іншою будівлею з використанням єдиного плану нумерації внутрішньої мережі було вирішено використовувати техніку «виносу» внутрішніх ліній міні-АТС за допомогою зв'язки шлюзів FXO-FXS. В якості шлюзу внутрішньої мережі буде використаний AP1100C - шлюз з 8 FXO-портами, підключеними до внутрішніх лініях міні-АТС.

У міні-АТС ТОВ «Техпідтримка» використовується трьохзнаковий план нумерації з провідними цифрами 1 - для абонентів, безпосередньо підключених до АТС, 2 - для абонентів, підключених до АТС через VoIP-шлюзи.

Правило трансляції номерів перетворює номера, що відправляються на міні АТС (1 ... - абоненти, 9 ... - ТМЗК, 8 ... - КТС АТ «ВЕМ») і не змінює номери IP-абонентів, що починаються з 2. При дзвінку в ТМЗК після набору «9» відбувається спроба заняття однієї з відповідних СО-ліній і, в разі успіху, абонент чує сигнал готовності і набирає номер. Якщо вільної СО-лінії немає, абонент відразу після набору «9» чує сигнал відмови в обслуговуванні (reorder tone). Набір «8» використовується для виходу в корпоративну мережу ТОВ «Техпідтримка» з маршрутизацією за найменшою вартістю.

Організація зв'язку з корпоративною телефонною мережею ТОВ «Техпідтримка» і, в першу чергу, з мережею другої будівлі, принесе значну економію витрат на послуги зв'язку, яку планується використовувати для оплати Інтернет-трафіку. Схема організації мережі зображена на рис.3.2. Інтеграція мереж виконується за допомогою шлюзу IP-телефонії, підключеного до звільнених СО-ліній міні АТС. При цьому з'єднання при дзвінку з мережі будівлі на будь-який номер мережі буде виконуватися в одну стадію - по внутрішньому номеру.

Це досягається перетворенням номера перед його відправкою в міні-АТС. Набір номера мережі ТОВ «Техпідтримка» з міні-АТС проводиться з префіксом «8» і маршрутизується механізмом ARS.

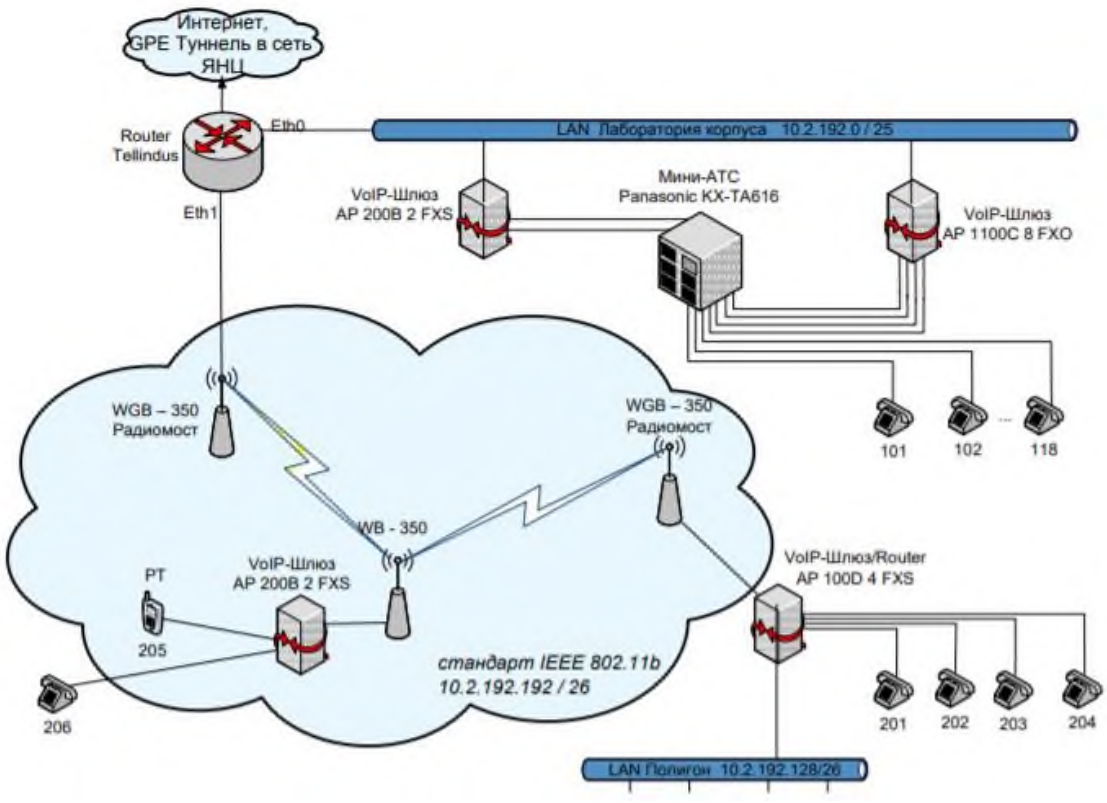


Рис. 3.2 Схема організації телефонної мережі

3.2 Комутація VoIP і TDM мереж

Для сполучення VoIP-мережі з ТМЗК необхідно використовувати медіашлюзи.

Існує два підходи до реалізації такого рішення.

У першому випадку у корпоративних клієнтів, які мають TDM-мережу і не збираються замінювати її на рішення VoIP, встановлюються медіашлюзи (MG).

УАТС замовника підключається до медіашлюзів каналами ISDN PRI (Primary Rate Interface) 2 Мбіт/с, а MG перетворює трафік TDM в пакети, виконуючи при необхідності функції компресії голосу і придушення пауз.

Крім цього, медіашлюз може виконувати функції трансляції номерів, приймати рішення по маршрутизації і підтримувати в разі необхідності функції обліку викликів на сервері RADIUS. Центральні функції, управління викликами, маршрутизації і генерування записів CDR зазвичай покладаються на центральний вузол управління викликами (MGC, SIP Proxy, H.323 Gatekeeper або IP-to-IP Gateway), встановлений у оператора.

Інший підхід призначений для клієнтів, у яких в рамках корпоративної IP-телефонії вже встановлена IP-УАТС, керуюча IP-телефонами, ПК-телефонами (PC Soft phones) і/або IP-функціями, вбудованими в УАТС на базі TDM. Рішення для пакетної телефонії емулює функції традиційної УАТС (Тобто авторизацію користувачів, локальну комутацію та ін.) І крім цього надає доступ до мультимедійних послуг, наприклад, онлайновим текам та відеоконференцій. Замість установки у клієнта шлюзу IP-TDM для передачі викликів в мережу ТМЗК оператор забезпечує стандартний інтерфейс VoIP, такий як SIP або H.323. Замовник в цьому випадку підключається до операторської мережі безпосередньо через маршрутизатор доступу, який, при необхідності, використовується і для передачі даних, створюючи єдиний для голосу і даних канал передачі від клієнта до мережі оператора. Вузли керування викликами (MGC, SIP Proxy або H.323 Gatekeeper), встановлені у оператора, виконують функції маршрутизації викликів, генерування записів CDR тощо. Як приклад, можна навести комплексну мультисервісну систему MageLan [10].

Структурна схема цієї системи зображена на рис. 3.3. Для організації зв’язку по шині Ethernet 10/100Base-T між системою цифрової комутації, діючу пенсійну систему мережі TDM (ТМЗК), і мережею VoIP реалізований транспортний шлюз (Media GateWay - MGW).

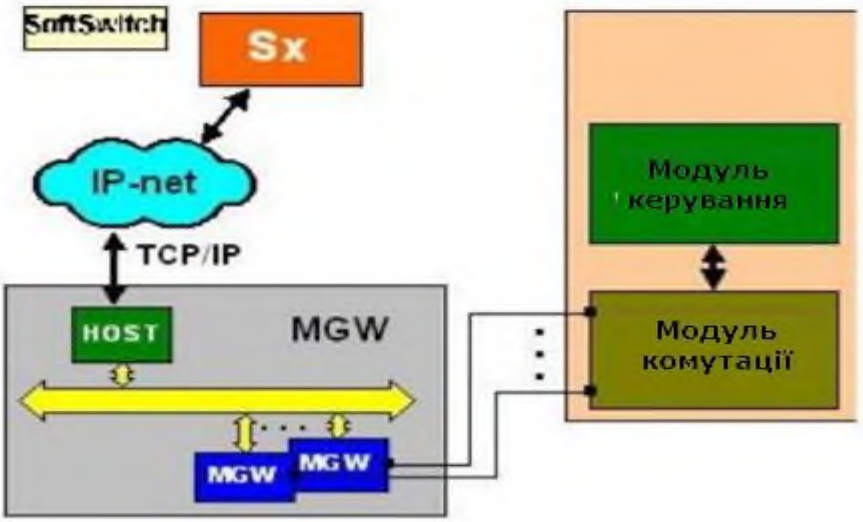


Рис. 3.3 Структурна схема системи MageLan

Шлюз MGW виконує наступні функції:

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

В якості кінцевого комплекту СК використовується плата (модуль) шлюзів MGW, яка підтримує до 60 розмовних каналів.

Реалізовані кодеки: G.723, G.729. G.711a, G.711.

Модуль має наступні виходи:

- IP-порт для виходу на зовнішню IP-мережу (WAN) для управління з боку Sx (абонентів);
- IP-порт для виходу на зовнішню IP-мережу (LAN) для передачі пакетів даних;
- порт для виходу на шину Ethernet для стику з модулем комутації.

Шлюз MGW може бути підключений безпосередньо в комутаційне поле АТС, яка має в своєму складі модуль управління. Шлюз є нарощуваний, крок збільшення - 60 ліній (1 плата).

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

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

Так само хотілося б відзначити, що саме підключення та орендна плата при підключенні VoIP-мережі ТОВ «Техпідтримка» до оператора складають нульову плату. Крім цього, необхідно врахувати прокладення оптоволоконної лінії до вище оператора.

3.3 Комутація з корпоративною телефонною мережею

На ділянці сполучення телефонної мережі ТОВ «Техпідтримка» використовується стандарт H.323, так як він більш пристосований для взаємодії з мережами ISDN. Тому виникає необхідність в конвертації сигналізації протоколу SIP в сигналізацію протоколу H.323 і назад. Для цих цілей використовується шлюз IP-IP реалізований на платформі Cisco.

Конвертори (шлюзи) допомагають з’єднати між собою дві, а то кілька незалежних мереж. У ролі такого конвертера може виступати ПЗ, яке працює на платформі ПК, наприклад, MERA MVTS з модулем SIP-HIT або маршрутизатора Cisco (Cisco Multiservice IP-to-IP Gateway). IPIPGW - це комплекс функцій, реалізованих в ОС Cisco IOS, який надає функції безпеки, управління викликами

(call admission control), якості обслуговування, перетворення сигналізації (signaling interworking) і міжмережевого білінгу.

Цей шлюз відповідає за наступну функціональність:

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

Шлюзом підтримуються наступні типи з’єднань:

- H.323 - H.323
- SIP - H.323
- SIP - SIP

У корпоративній мережі ТОВ «Техпідтримка» шлюз IP-IP працює на прикордонному маршрутизаторі Cisco 2851. У процесі налагодження були отримані різні результати при роботі з іншими будівлями ТОВ «Техпідтримка»:

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

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

3.4 Аналіз обладнання

Аналіз обладнання проводився на базі існуючої мережі передачі даних, побудованої на базі технології Ethernet, і корпоративної телефонної мережі ТОВ «Техпідтримка», побудованої за технологією TDM, що дозволило перевірити

сумісність всього що бере участь в тестуванні обладнання, включаючи різні VoIP-шлюзи.

В результаті аналізу пропозиції на ринку IP-телефонії та наявного у постачальника, було відібрано декілька моделей телефонів, три VoIP/FXO-шлюзу і два FXS-шлюзу, різних виробників.

З асортименту постачальника були відібрані наступні моделі, які найбільш відповідають вище перерахованих критерій: Aastra 480i, Grandstream GXP2140, Snom 320, Snom 360, Alcatel-Lucent 8028, Yealink SIP-T48S.

Для використання в корпоративній мережі з централізованою службою технічної підтримки у вищій мірі бажано обмежити коло моделей з тим, щоб «полегшити життя» інженерам і, по можливості, скоротити витрати на обслуговування всієї системи в цілому. Зазвичай це досягається використанням лінійки продуктів одного виробника.

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

Проводилося мале тестування і переслідувало наступні цілі:

- перевірка сумісності IP-телефонів з SIP-сервером SER (Open SER), програмної АТС, і між собою;
- оцінка якості звуку при розмові через трубку, гучномовець і при конференц-дзвінку;
- оцінка ергономіки, зокрема, зручність реалізації найбільш часто використовуваних функцій: переклад дзвінка, відповідь по другій лінії, організація конференц-дзвінка, робота з телефонною книгою, голосовою поштою та ін .;
- перевірка можливості автоматизованого обслуговування через завантаження конфігурації та оновлення програмного забезпечення.

Схема нашого тестування, представлена на рис. 3.4, є єдиною для всіх моделей IP-телефонів, так як вони використовують однотипне підключення до мережі Ethernet.

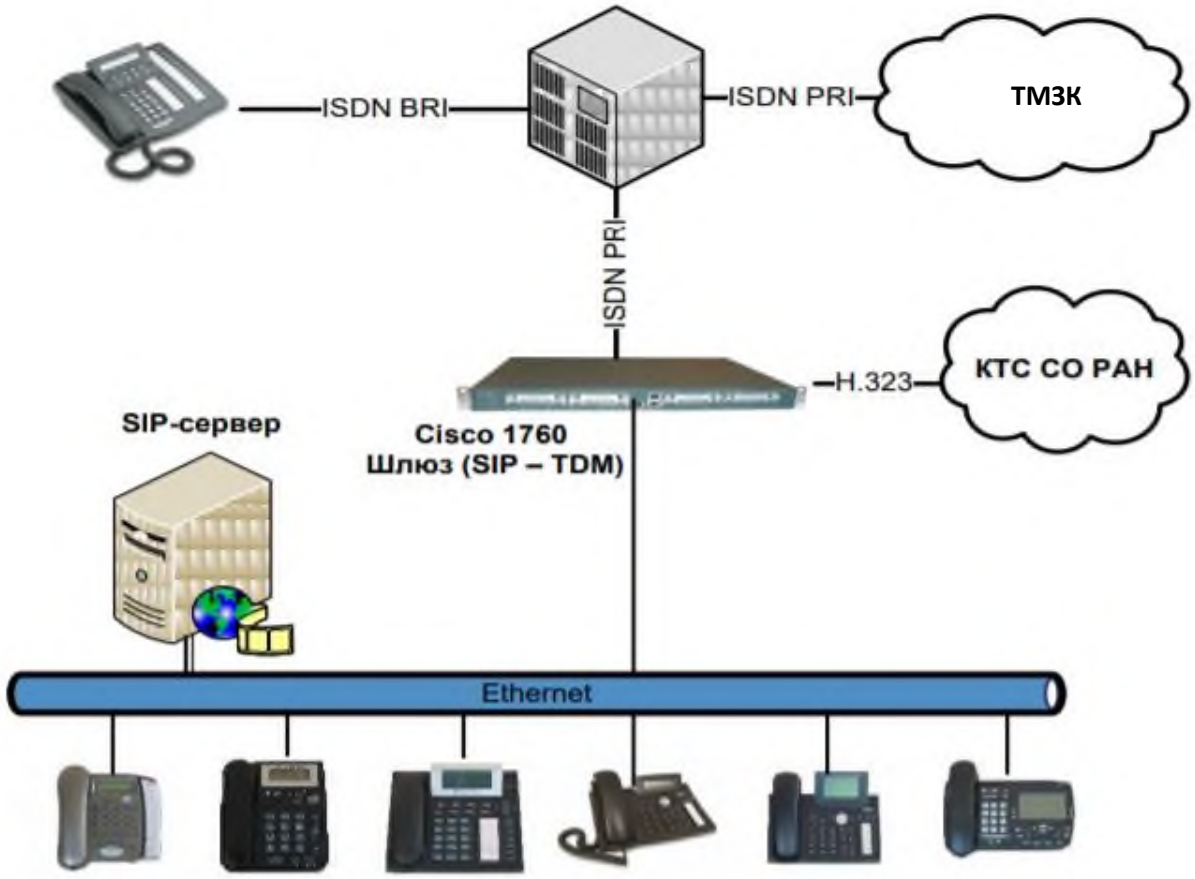


Рис. 3.4 Схема тестування IP-телефонів

Потрібно відзначити, те, що в даній схемі до УПАТС Definity були підключені цифрові телефони. Вони були використані в якості еталонних джерел/приймачів звуку при оцінки якості передачі голосу тестованими моделями.

Як VoIP-TDM шлюзу використовувався маршрутизатор Cisco 1760 з голосовими процесорами і інтерфейсом E1 із сигналізацією ISDN PRI.

Якість звуку оцінювалася при використанні кодеків G.711/A-law і G.729.

Напрямок викликів.

1. SIP-телефон - SIP-сервер - SIP-телефон.

2. SIP-телефон - SIP-сервер - Cisco GW - УПАТС Definity - Цифровий телефон і назад.

3. SIP-телефон - SIP-сервер - Cisco GW - УПАТС Definity - ТМЗК і назад.

4. SIP-телефон - SIP-сервер - Cisco GW - Канал передачі даних СПД ТОВ «Техпідтримка» - УПАТС Definity - Цифровий телефон і назад.

За результатами тестування можна виділити наступні моменти:

1. Найбільш успішні, з точки зору тестування, виявилися телефони виробників Aastra і Snom. У цих моделях найбільш повно і зручно реалізовані всі функції, заявлені в супровідній документації.

Необхідно відзначити, що ці продукти є в середньому ціновому з усіх тестованих. Область застосування цих телефонів може бути самою різноманітною, від ділових переговорів, коли якість зв'язку має бути на високому рівні, до операторів зв'язку, коли навантаження для телефону велика. Для секретаря найбільш ергономічними є телефони фірми Snom.

Обгрунтування вибору моделей IP шлюзів вироблялося по декільком критеріям:

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

Цілі тестування складалися в перевірці з:

- сумісності з SIP-сервером;
- якості передачі голосу;
- передачі факсів;
- детектування Caller ID;

- детектування сигналу «відбою» ТМЗК.

Метод тестування: вчинення входять з боку телефонної мережі загального користування (ТМЗК) і виходять з VoIP-мережі викликів для експериментального підтвердження функціональності даних шлюзів, а також перевірка відправки та отримання факсимільних повідомлень.

Тестувалися такі моделі аналогових VoIP-шлюзів:

Grandstream GXW4108v , D-Link DVG-6008S і Addpac VoiceFinder AP-200D (рис. 3.5).



Рис. 3.5 Моделі VoIP-шлюзів

Схема тестування показана на рис. 3.6.

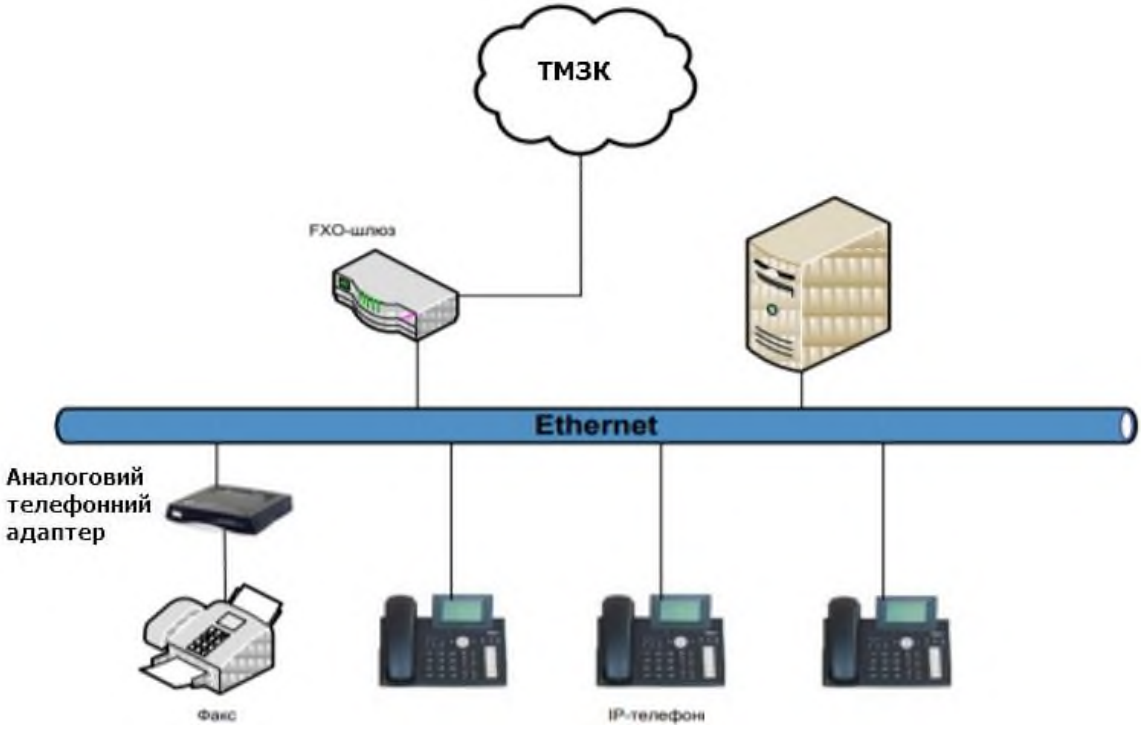


Рис. 3.6 Схема тестування VoIP-шлюзів

Технічні характеристики для всіх FXO-шлюзів майже однакові, відмінність становить кількість портів і деяка апаратна модифікація параметрів.

Також проведено тестування шлюзів FXS. Обгрунтування вибору моделей вироблялося за кількома критеріями:

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

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

Метод тестування: здійснення вхідного виклику з боку телефонної мережі загального користування (ТМЗК) і вихідного з VoIP-мережі викликів для експериментального підтвердження функціональності даних шлюзів, а також перевірка відправки та отримання факсимільних повідомлень.

Тестувалися такі моделі аналогових VoIP-шлюзів: AudioCodest114/FXS, Addpac 200B/FXS, схема тестування шлюзів FXS показана на рис. 3.7.

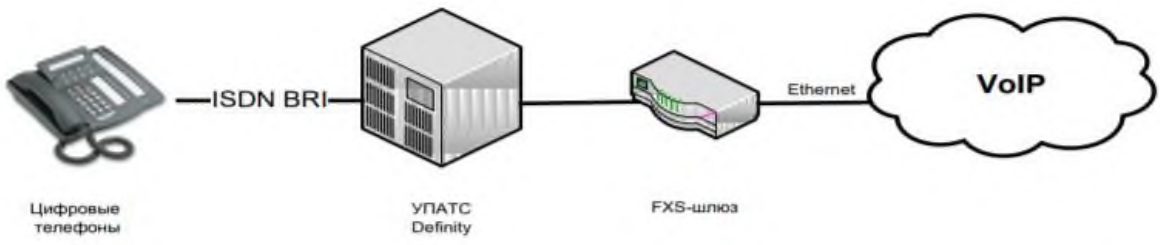


Рис. 3.7 Схема тестування шлюзів FXS

Audiocodes MP-114/XS - це голосовий шлюз на чотири FXS-порту, призначений для підключення звичайних телефонних апаратів, DECT-телефонів або факсів до сучасних IP-АТС, зовнішній вигляд пристрою зображений на рис. 3.8. Схема установки моделі MP-114/FXS гранично проста - через вбудовані

чотири порти RJ11, до VoIP-шлюзу підключаються аналогові пристрої, які необхідно зареєструвати на IP-АТС, а сам шлюз підключається до локальної обчислювальної мережі компанії за допомогою Ethernet порту 10/100 Мбіт/с. Потім, для кожного телефонного апарату необхідно завести обліковий запис на IP-АТС і в зручному Web-інтерфейсі налаштувати сам шлюз MP-114/FXS.



Рис. 3.8 Аналоговий VoIP-шлюз Audiocodes MP-114/FXS

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

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

Ці шлюзи майже однакові за всіма технічними і функціональними можливостями з шлюзами FXO, опис яких наведено вище. Відмінність становить тип інтерфейсу і деякі апаратні модифікації.

Для сумісності VoIP-шлюзів з існуючої SIP-мережею вироблено оновлення ПЗ за допомогою FTP/TFTP. Установка пройшла успішно. Перевірка базових функцій FXS-шлюзів таких як передача ідентифікатора користувача (Caller ID) і переклад дзвінка (Transfer) були проведені з успішним результатом за двома напрямками:

1. VoIP-мережа - аналоговий телефон;

2. Аналоговий телефон - IP-телефон.

Було протестовано обладнання Cisco ATA 186.Схема тестування наведена на рис. 3.9.



Рис. 3.9 Схема тестування адаптерів VoIP-телефонії

Факс та аналогові телефони підключаються до FXS-портів адаптера, який після обробки вхідних сигналів перенаправляє їх на вбудований порт Ethernet. Ті, що прийшли з боку VoIP-мережі виклики проходять по зворотномуо ланцюжку інтерфейс-FXS.

Cisco ATA 186-аналоговий телефонний адаптер. Дозволяє підключити два звичайних аналогових телефони або факсу до корпоративної мережі IP-телефонії. Цей адаптер має два телефонних порти, кожен зі своїм власним незалежним номером телефону. Підтримує автоматичне привласнення IP адрес за протоколом DHCP. Конфігурація пристрою може бути проведена через вбудований Web

Інтерфейс (рис. 3.10), також є голосове меню (IVR, Interactive Voice Response) для налаштування пристрою через підключений аналоговий телефон до першого порту адаптера.

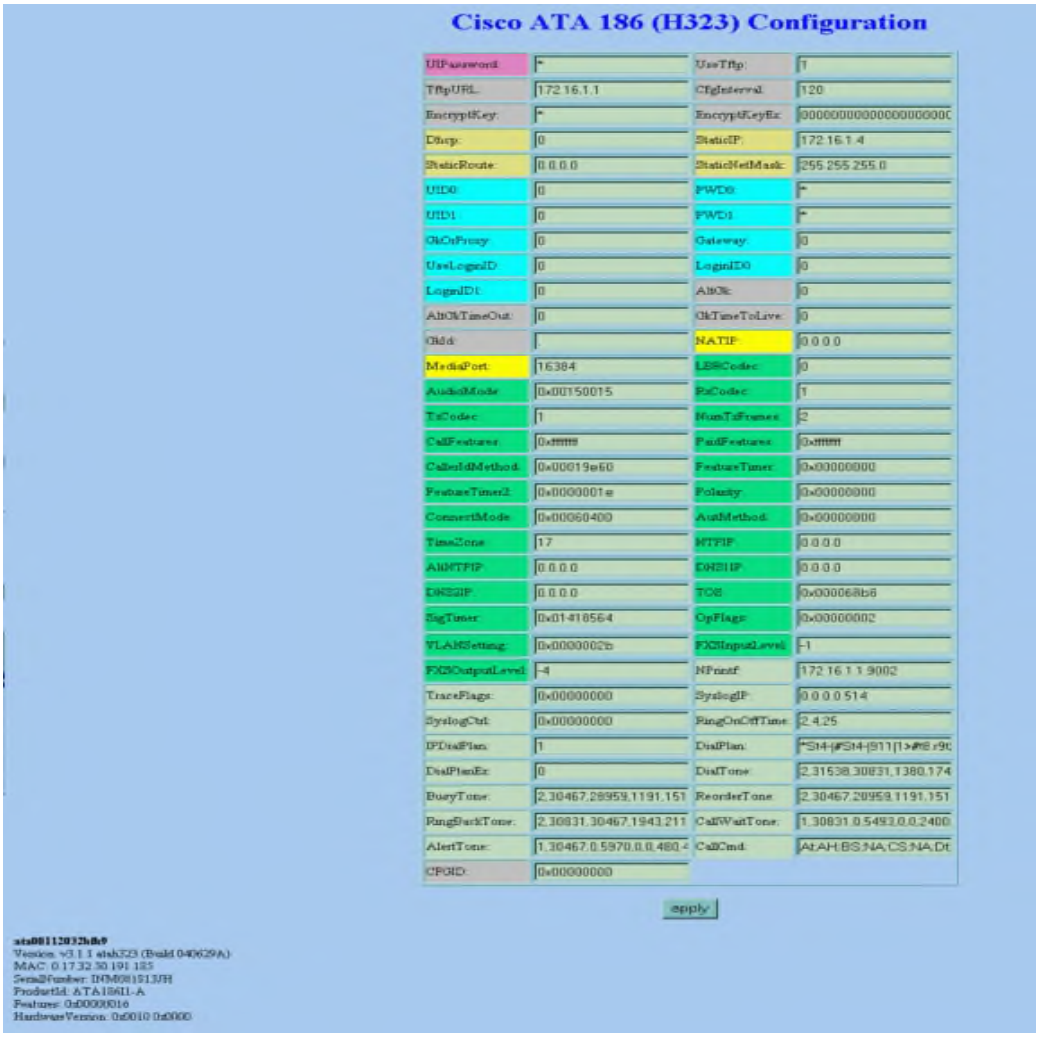


Рис. 3.10 Налаштування ATA 186 через Web Serve

Дане обладнання повністю сумісний з VoIP-мережею, реалізованої на базі протоколу SIP.

3.5 Економічні розрахунки проекту

Розрахуємо ефективність розробки проекту мережі для ТОВ «Техпідтримка» для прийняття рішення про подальший розвиток і впровадження або ж недоцільність проведення відповідної розробки.

Загальна сума витрат на матеріальні ресурси (ВМ) визначається за формулою:

$$В_М = \sum_{i=1}^{n} K_i \cdot Ц_i$$

де K_i - витрата і-го типу матеріалу, натуральні одиниці вимірювання;

$Ц_i$ - ціна за одиницю і-го типу матеріалу, грн.;

i - тип матеріального ресурсу;

n - кількість типів матеріальних ресурсів

Звідси, витрати на матеріальні ресурси дорівнюватимуть:

ВМ = 4 560.00 + 9 028.00 + 8 777.00 + 3 960.00 +15 652.00 = 41 977.00

Проведені розрахунки занесемо у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1

Зведені розрахунки матеріальних витрат

Найменування матеріальних ресурсів	Од. виміру	Факт. витрачено матеріалів	Ціна за одиницю, грн.	Загальна сума, грн.
IP-телефони	шт.	3	4 560.00 9 028.00 8 777.00	22 365.00
Телефонний адаптер Cisco ATA 186	шт.	1	3 960.00	3 960.00
Голосовий шлюз		1	15 652.00	15 652.00
Разом				41 977.00

Враховуючи основні економічні показники з таблиці 3.1, можна зробити висновок, що проводити роботи по впровадженню даної мережі на протоколі SIP є доцільними та економічно вигідними.

З метою зниження вартості мережі, варто було б здійснювати закупівлю обладнання у офіційних дилерів вказаних марок обладнання.

ВИСНОВКИ ДО ТРЕТЬОГО РОЗДІЛУ

Проведений аналіз можливостей мереж IP-телефонії на основі протоколів SIP показав:

Принципи побудови мереж IP-телефонії дозволяють істотно скоротити смугу пропущення для передачі мови, відео й даних у режимі мультимедійних повідомлень і істотно знизити завдяки цьому вартість надаваних послуг абонентам. Сімейство протоколів H.323 забезпечує можливість передачі мовних повідомлень, відео й даних по мережах IP-телефонії й добре інтегрується з можливостями ТМЗК. Протокол SIP є більш перспективним для побудови мереж IP-телефонії оскільки органічно вбудований у стек протоколів TCP/IP. Для узгодження із ТМЗК вимагає лише додаткових шлюзів.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи:

1. Проаналізовано основні протоколи IP-телефонії, виділено їх основні переваги. В результаті аналізу для проектування телефонної мережі було обрано протокол SIP.

2. Здійснено вибір обладнання для проектованої мережі.

3. Запропоновано рішення для телефонної мережі філії, які включають наступні етапи: перехід з протоколу H.323 на SIP, заміна обладнання, була розроблена корпоративна телефонна мережа на основі технології IP-телефонії. За цей час була вироблена загальна концепція побудови VoIP мережі ТОВ «Техпідтримка», зокрема, вибір протоколу SIP.

4. Проведена робота щодо забезпечення якості обслуговування в мережі. Так само були протестовані різні моделі абонентських терміналів.

5. Опрацьовано питання взаємодії з мережею TDM і підключення SIP-мережі до оператора телефонної мережі загального користування безпосередньо за технологією IP.

Сьогодні в ТОВ «Техпідтримка» паралельно працюють дві телефонні системи - традиційна, на базі TDM-мережі з трьох УПАТС, і «Пакетна», на базі IP-телефонів. При цьому вони тісно інтегровані між собою і застосовують єдиний номерний простір, забезпечують єдині сервіси і повну прозорість для користувачів.

Кілька років тому, коли IP-телефонія тільки з’явилася, ставлення до неї було зовсім іншим. Перші продукти для IP-телефонії забезпечували досить низьку якість передачі мови. З тих пір відбулися великі зміни на краще, і тепер телефонна мережа на основі IP здатна не тільки конкурувати з мережами на основі комутації каналів, але і володіє додатковими перевагами, головними з яких є:

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

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Галичский К. Компьютерные системы в телефонии. - СПб. : БХВ - Санкт-Петербург. 2002. - 400 с.

2. Гольдштейн Б.С., Пинчук А.В., Суховицкий А.Л. IP-телефония. - М.: Радио и связь, 2001. – 336 с

3. Гольдштейн Б.С. Сигнализация в сетях связи/Гольдштейн Б.С. - М.: Радио и связь, 2001. - 423 с.

4. Гольдштейн Б.С, Протоколы сети доступа. Т. 2, 3-е изд., СПб.: БХВ Санкт-Петербург, 2005. - 288 с.

5. Досталек, Л. TCP/IP и DNS в теории и на практике. Полное руководство/Л. Досталек, А. Кабелова. - М.: Наука и техника, 2016**.** - 608 с.

6. Коллинс Д, IP telephony, К.: Изд. «Мак Гроу Хилл», 2007. - 736 с.

7. Мак-Квери С., Мак-Грю К., Фой С, Передача голосовых данных по сетям Cisco Frame Relay, ATM и I, - М: Издательский дом «Вильямс», 2002. - 512с

8. Новости высоких технологий, науки и техники. Электронний ресурс. Режим доступа: https://www.techcult.ru

9. Официальный сайт произвоизводителя оборудования Cisco Systems Электронний ресурс. Режим доступа:– http://www.cisco.com

10. Столингс В. Компьютерные системы передачи данных/Вильям Столингс. – Изд. дом «Вильямс», 2002. – 928 с.

11. Фейт TCP/IP: Архитектура, протоколы, реализация (включая IP версии б и IP Security)/Фейт, Сидни. - М.: ЛОРИ, 2014. - 424 с.

12. Хелд Г. Технологии передачи данных/Хелд Г. - П.: 2003. - 720 с.

13. IP-телефония: правда, о которой не всегда говорят. Электронний ресурс. Режим доступа:

https://vc.ru/services/94807-ip-telefoniya-pravda-o-kotoroy-ne-vsegda-govoryat

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Презентація
до магістерської кваліфікаційної роботи на ступінь вищої освіти «магістр»

на тему:**«Побудова мережі IP-телефонії на основі протоколів SIP»**

Виконав:студентгрупиТСДМ-61 Панасюк Ю.І.
Керівник: ДТН, доцент Тюрін В.В.

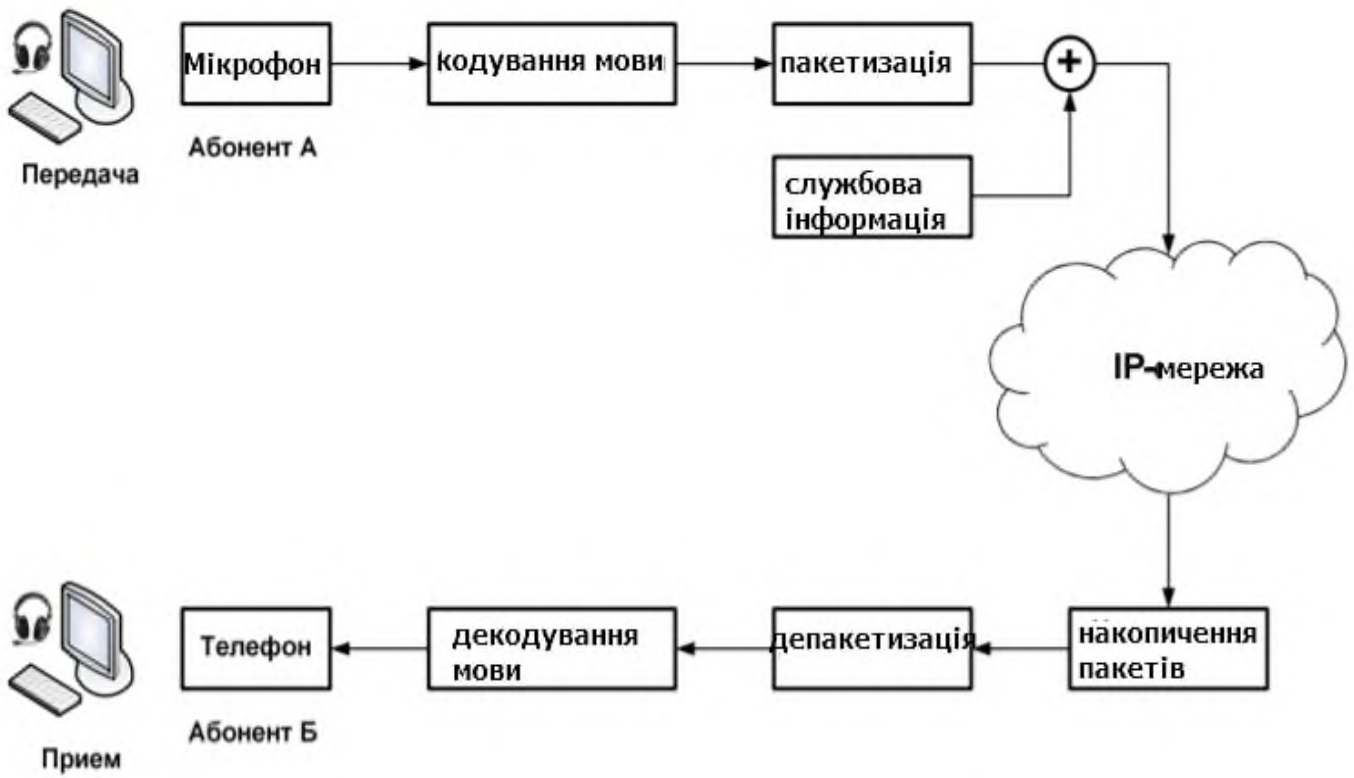
Київ-2025 р.

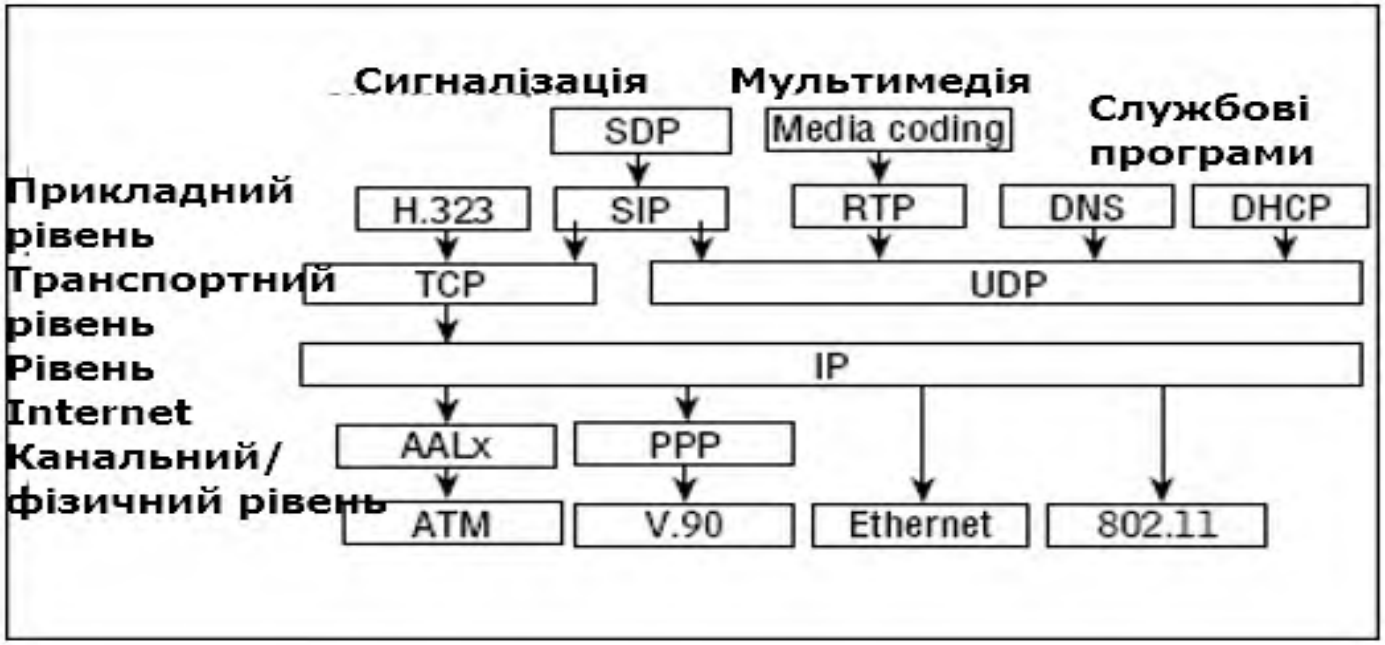
Об’єктом дослідження є мережі та протоколи IP-телефонії.

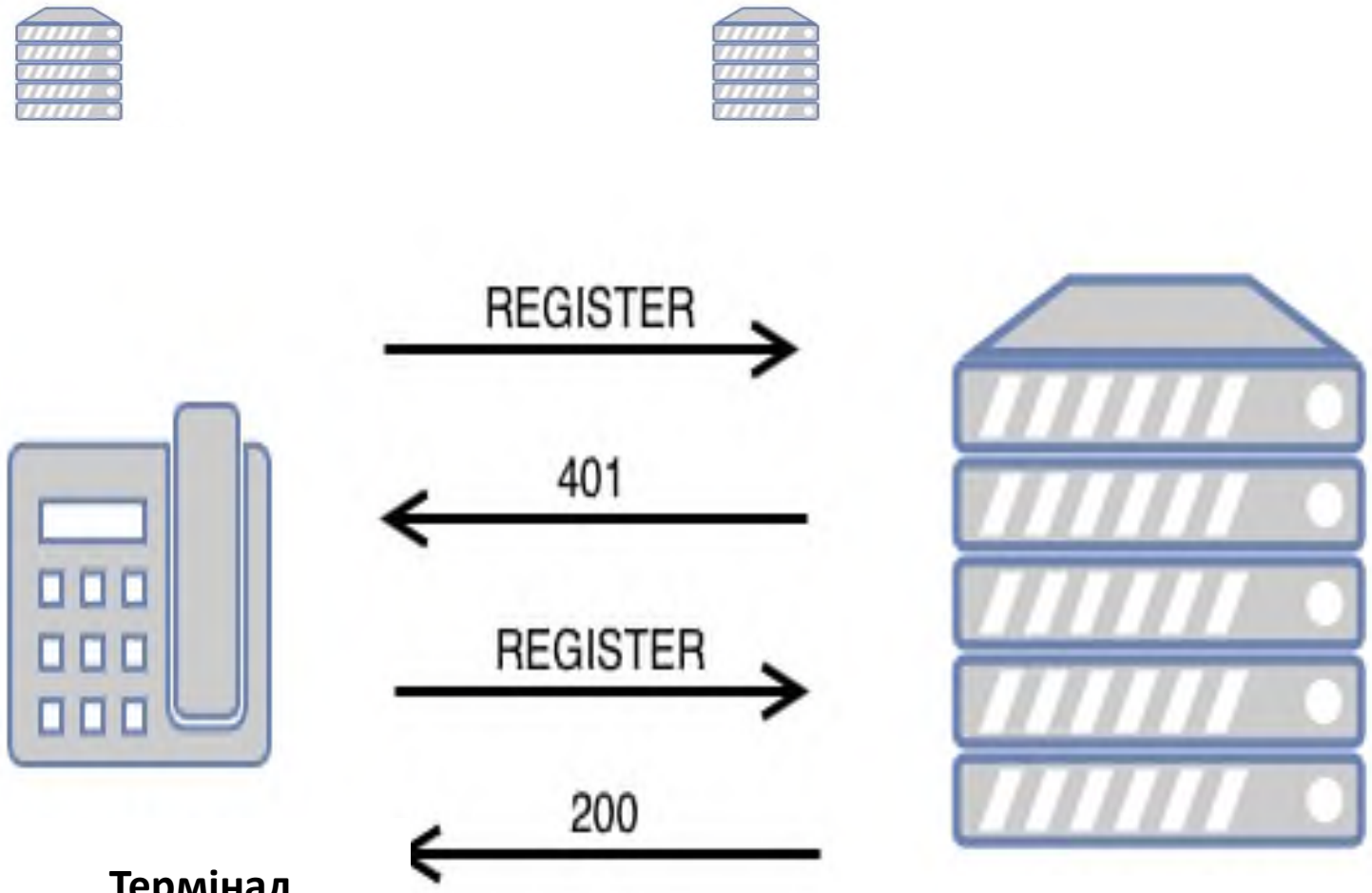
Предметом дослідження є методи реалізація IP-телефонії в корпоративних мережах.

Методи дослідження. В роботі виконуються дослідження, які базуються на використанні статистичних методів аналізу, основоположних принципів передачі інформації, стандартів протоколів.

Процес передачі мови по IP-мережі

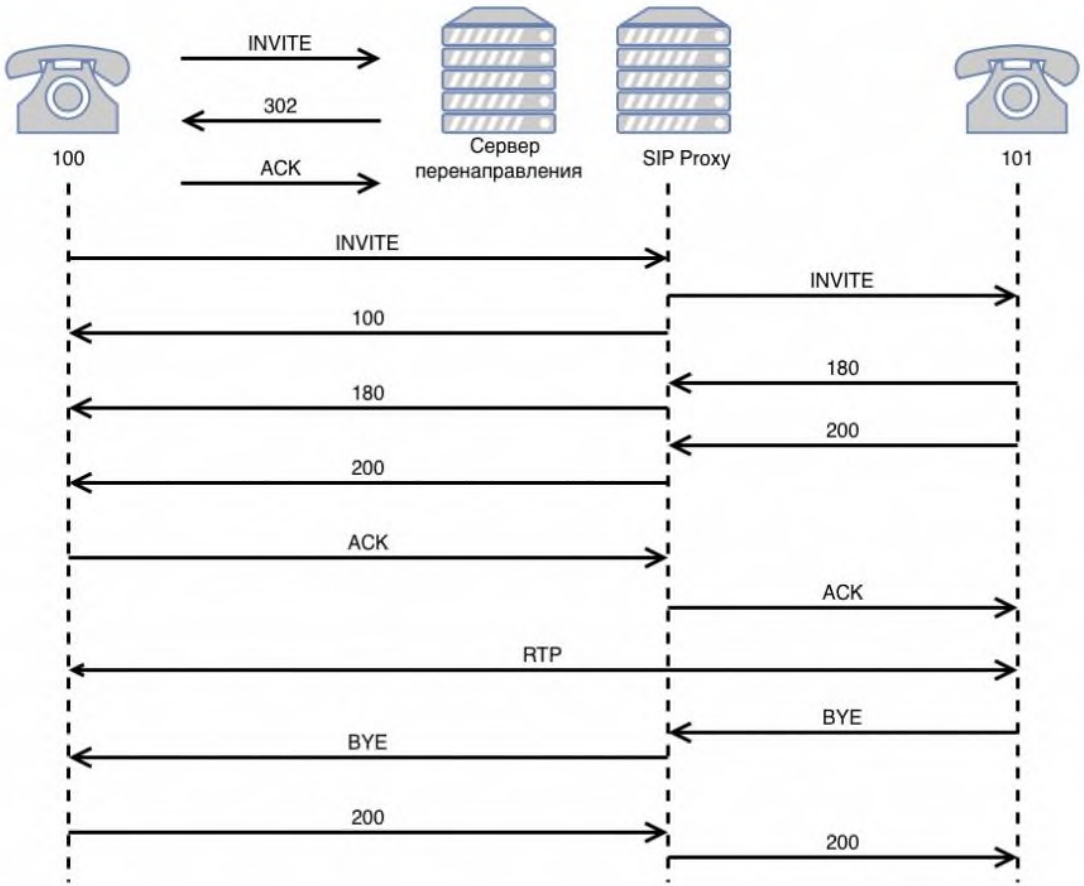



Сигналізація
Мультимедія
Службові програми
SDP
Media coding
Прикладний рівень
H.323
SIP
RTP
DNS
DHCP
Транспортний рівень
TCP
UDP
Рівень Internet
IP
Канальний/ фізичний рівень
AALx
PPP
ATM
V.90
Ethernet
802.11



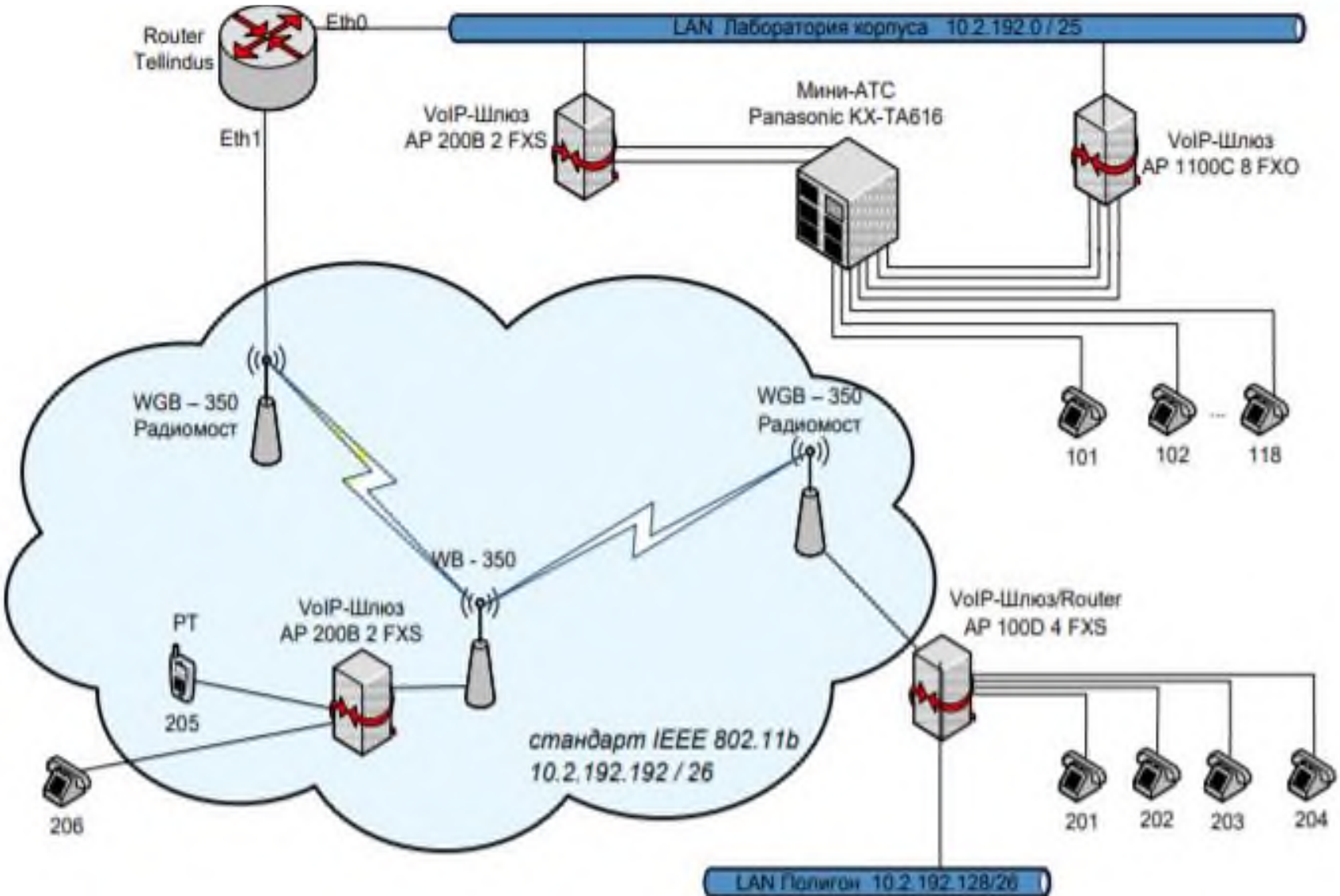
Термінал

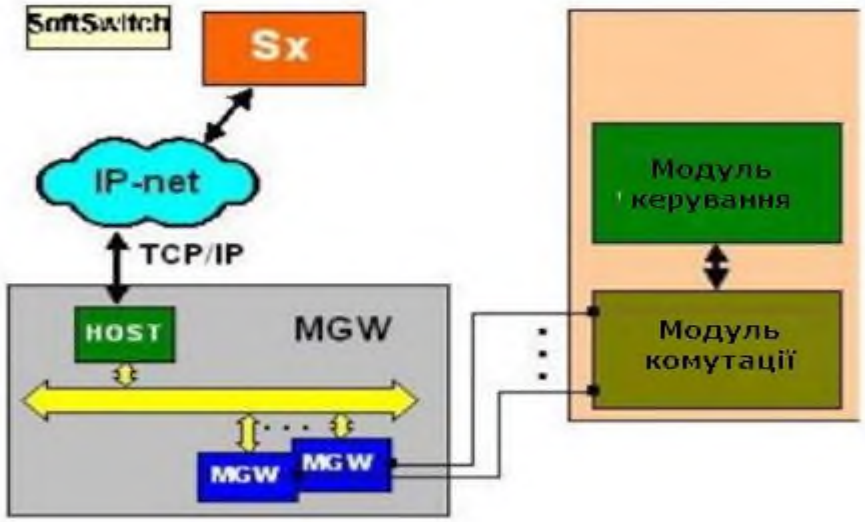
Реєстратор

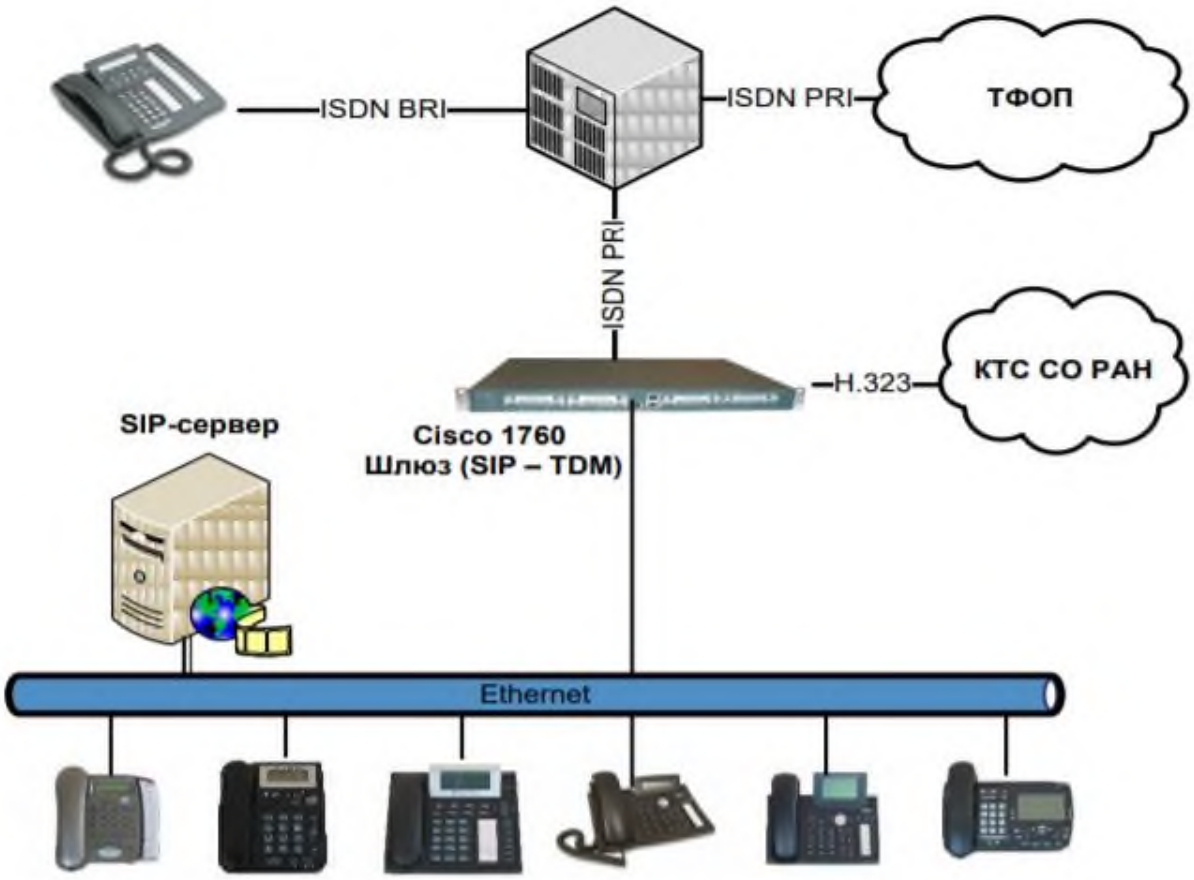

INVITE
302
ACK
100
Сервер перенаправления
SIP Proxy
101
INVITE
INVITE
100
180
180
200
200
ACK
ACK
RTP
BYE
BYE
200
200

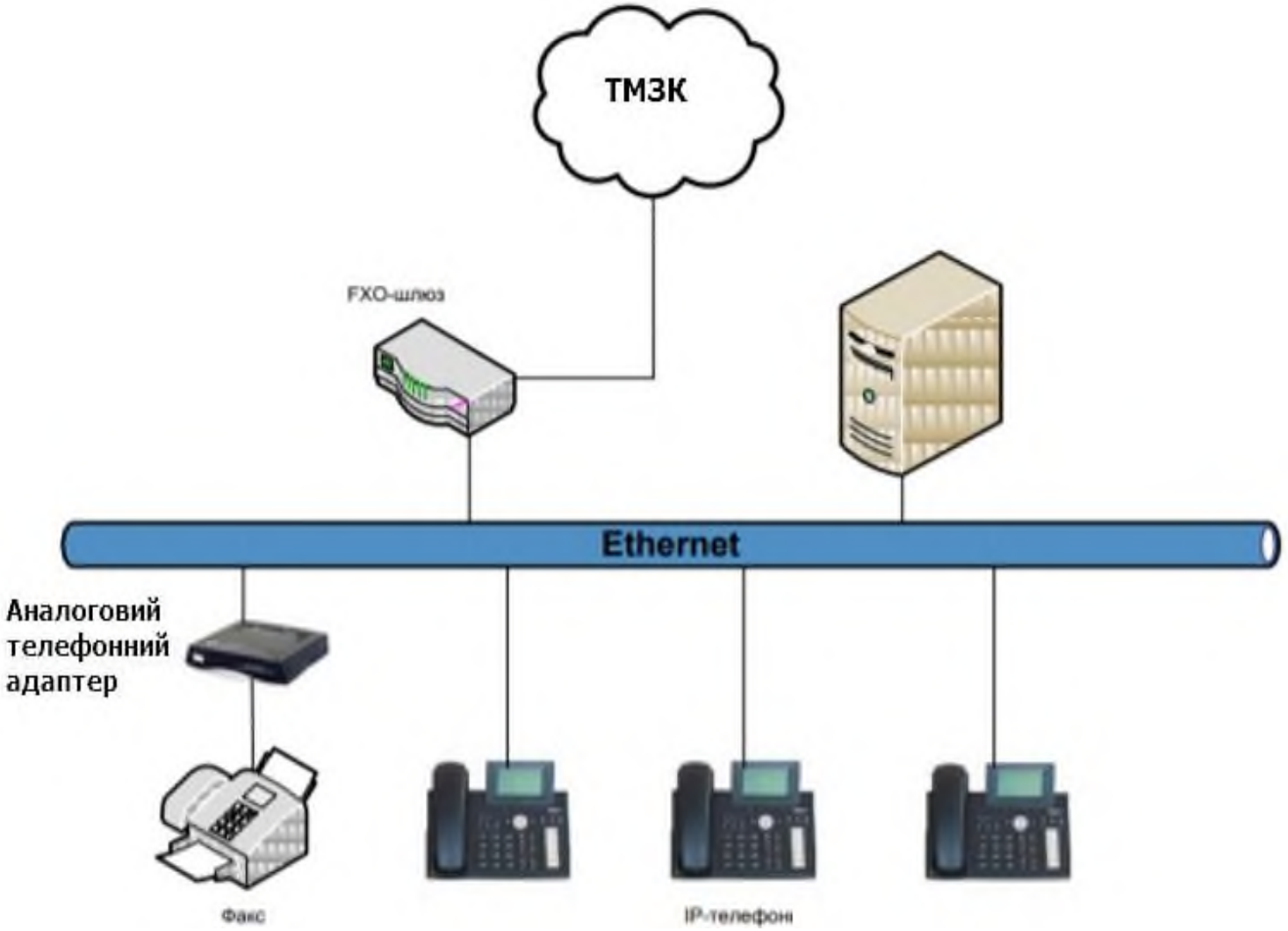
Internet GPE

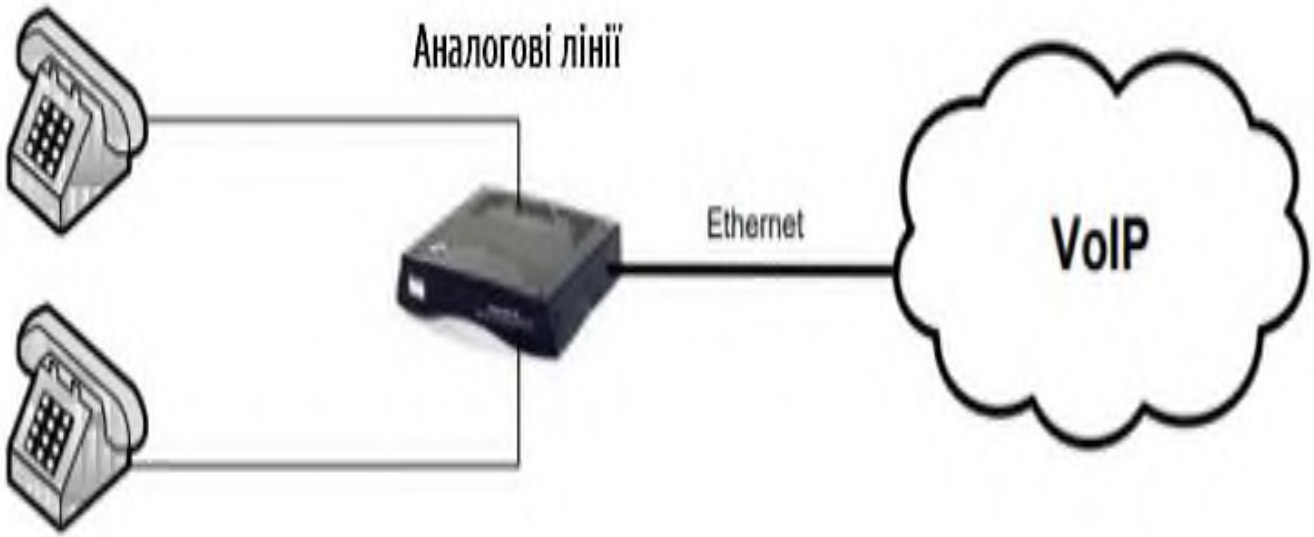
Тунель в мережу ЯНЦ

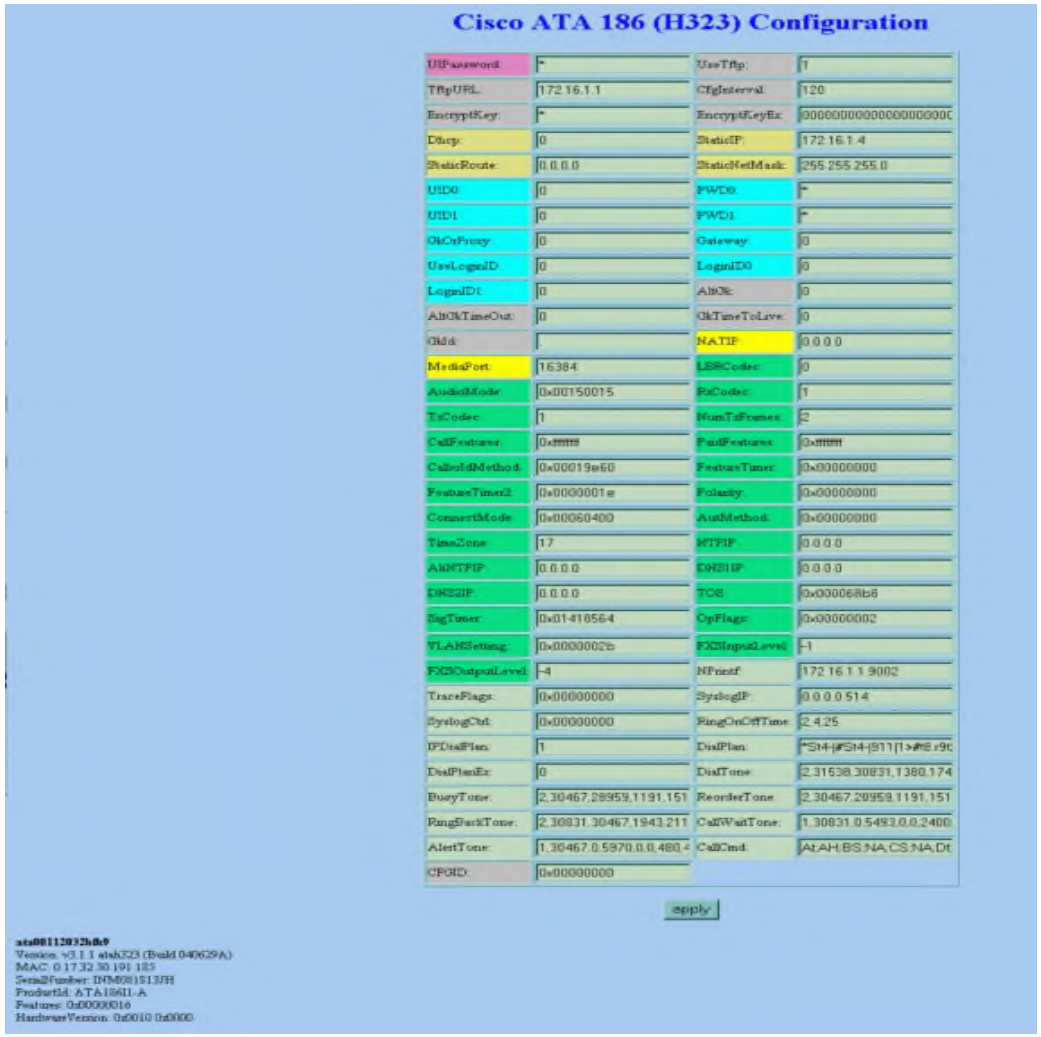



SoftSwitch
Sx
IP-net
TCP/IP
HOST
MGW
MGW
MGW
Модуль керування
Модуль комутації


ISDN BRI
ISDN PRI
ТФОП
ISDN PRI
H.323
КТС СО РАН
SIP-сервер
Cisco 1760
Шлюз (SIP – TDM)
Ethernet


ТМЗК
FXO-шлюз
Ethernet
Аналоговий
телефонний
адаптер
Факс
IP-телефон


Аналогові лінії
Ethernet
VoIP



Cisco ATA 186 (H323) Configuration

UIPassword:	*	UseTftp:	1
TftpURL:	172.16.1.1	CfgInterval:	120
EncryptKey:	*	EncryptKeyEx:	00000000000000000000
Dhcp:	0	StaticIP:	172.16.1.4
StaticRoute:	0.0.0.0	StaticNetMask:	255.255.255.0
UID0:	0	PWD0:	*
UID1:	0	PWD1:	*
OkCnProxy:	0	Gateway:	0
UseLoginID:	0	LoginID0:	0
LoginID1:	0	Alt0k:	0
Alt0kTimeOut:	0	OkTimeToLive:	0
Okld:		NATIP:	0.0.0.0
MediaPort:	16384	LBRCodec:	0
AudioMode:	0x00150015	RxCodec:	1
TxCodec:	1	NumTxFrames:	2
CallFeatures:	0xffffffff	PstnFeatures:	0xffffffff
CalledIdMethod:	0x00019e60	FeatureTimer:	0x00000000
FeatureTimer2:	0x0000001e	Polarity:	0x00000000
ConnectMode:	0x00060400	AuthMethod:	0x00000000
TimeZone:	17	NTPIP:	0.0.0.0
AltNTPIP:	0.0.0.0	DNSIP:	0.0.0.0
DNS2IP:	0.0.0.0	TOS:	0x000068b8
SigTimer:	0x01416564	CnFlags:	0x00000002
VLANSetting:	0x0000002b	FXSInputLevel:	-1
FXSOutputLevel:	-4	NPrintf:	172.16.1.1:9002
TraceFlags:	0x00000000	SyslogIP:	0.0.0.0:514
SyslogCtrl:	0x00000000	RingOnOffTime:	2,4,25
IPDialPlan:	1	DialPlan:	*St4-|#St4-|911|1>#t8,r90
DialPlanEx:	0	DialTone:	2,31538,30831,1380,174
BusyTone:	2,30467,28959,1191,151	ReorderTone:	2,30467,28959,1191,151
RingBackTone:	2,30831,30467,1943,211	CallWaitTone:	1,30831,0,5493,0,0,2400
AlertTone:	1,30467,0,5970,0,0,480,4	CallCmd:	At;AH;BS;NA;CS;NA;Dt
CPGID:	0x00000000		

apply

ata80112032b8b9
Version: v3.1.1 ata3323 (Build 040629A)
MAC: 0.17.32.30.191.185
Serial Number: INM0811513JH
ProductId: ATA186I1-A
Features: 0x00000016
HardwareVersion: 0x0010 0x0000

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи:

1. Проаналізовано основні протоколи IP-телефонії, виділено їх основні переваги. В результаті аналізу для проектування телефонної мережі було обрано протокол SIP.
2. Здійснено вибір обладнання для проектованої мережі.
3. Запропоновано рішення для телефонної мережі філії, які включають наступні етапи:перехід з протоколу H.323 на SIP, заміна обладнання, була розроблена корпоративна телефонна мережа на основі технології IP-телефонії. За цей час була вироблена загальна концепція побудови VoIP мережі ТОВ «Техпідтримка», зокрема, вибір протоколу SIP.
4. Проведена робота щодо забезпечення якості обслуговування в мережі. Так само були протестовані різні моделі абонентських терміналів.
5. Опрацьовано питання взаємодії з мережею TDM і підключення SIP-мережі до оператора телефонної мережі загального користування безпосередньо за технологією IP.

Сьогодні в ТОВ «Техпідтримка» паралельно працюють дві телефонні системи - традиційна, на базі TDM-мережі з трьох УПАТС, і «Пакетна», на базі IP-телефонів. При цьому вони тісно інтегровані між собою і застосовують єдиний номерний простір, забезпечують єдині сервіси і повну прозорість для користувачів.

Кілька років тому, коли IP-телефонія тільки з’явилася, ставлення до неї було зовсім іншим. Перші продукти для IP-телефонії забезпечували досить низьку якість передачі мови. З тих пір відбулися великі зміни на краще, і тепер телефонна мережа на основі IP здатна не тільки конкурувати з мережами на основі комутації каналів, але і володіє додатковими перевагами, головними з яких є:

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