ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Пояснювальна записка

до бакалаврської роботи

на тему: **“ Аналіз методів підвищення якісних показників в мережах IP-телефонії”**

Виконав: студент 4 курсу, групи ТСД-43
спеціальності
172 Телекомунікації і радіотехніка
(шифр і назва спеціальності)
Кулик М.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль_____

Київ - 2021

ЗМІСТ

ВСТУП……8
1 ОСНОВИ IP-ТЕЛЕФОНІЇ……..9
1.1 Аналіз переваг та недоліків використання сервісу IP-телефонії…….9
1.2 Огляд принципів пакетної передачі мовлення……13
1.3 Дослідження видів з'єднань в мережі IP-телефонії……...18
1.4 Огляд технічних особливостей та протоколів IP-телефонії……...20
2 ЯКІСТЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ В МЕРЕЖАХ IP-ТЕЛЕФОНІЇ……...32
2.1 Дослідження показників якості IP-телефонії……...32
2.2 Вплив мережі на показники якості IP-телефонії…….33
2.3 Забезпечення якості IP-телефонії……..44
3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕРЕЖІ IP-ТЕЛЕФОНІЇ……...52
3.1 Аналіз мережі підприємства…….52
3.2 Особливості комутація VoIP мереж……...56
3.3 Комутація з корпоративної телефонною мережею……58
3.4 Аналіз обладнання підприємства…….60
ВИСНОВКИ…….69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ……...70
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ……...72

ВСТУП

Актуальність дослідження. В сучасний час стрімкими темпами йде розвиток мережі Інтернет, різних мереж на базі IP протоколу, а також мереж IP-телефонії. Світова мережа Інтернет, надаючи величезну кількість послуг, вірно входить в наші життя.

На сьогодні практично неможливо уявити здійснення успішної роботи будь-якої компанії при відсутності локальної мережі. Великі компанії організовують свої мережі, які знаходяться в декількох корпусах або навіть в місцевостях. Кількість IP-користувачів швидко зростає, і цілком природним є бажання розширити можливості IP-мереж, використовуючи їх поряд з передачею даних також для інтерактивних відеоконференцій, передачі потоків голосової інформації та для інших додатків реального часу. Для позначення технології передачі мови по IP-мереж використовуються два основні терміни: IP-телефонія (IP Telephony) або голос по IP-мереж (Voice over IP - VoIP).

На сучасному рівні розвитку IP-телефонія вже має низку переваг у порівнянні з традиційною: послуги IP-телефонії дешевше традиційної міжміського та міжнародного телефонного зв'язку; в порівнянні з традиційною телефонією обладнання каналів зв'язку простіше, нижче експлуатаційні витрати; мережі з комутацією пакетів більш відмовостійкі, ніж мережі з комутацією каналів, в них ефективніше використовується продуктивність каналів зв'язку; кінцевий користувач отримує новий набір пристроїв доступу від традиційних телефонів і факсів до комп'ютерів; можливість користувачам мати доступ до одного і того ж набору послуг незалежно від того, де і як вони підключаються до мережі; надається можливість настройки набору послуг. Таким чином, мета бакалаврської роботи, яка присвячена дослідження теоретичних та практичних аспектів реалізації мережі IP-телефонії для підприємства є актуальною.

1 ОСНОВИ IP-ТЕЛЕФОНІЇ

1.1 Аналіз переваг та недоліків використання сервісу IP-телефонії

Технологія традиційної телефонії передбачає, що для з'єднання двох абонентів використовується індивідуальний підканал з фіксованою пропускною спроможністю – 64 Кбіт/с. Кожен з підканалів використовується для зв'язку однієї пари абонентів. Важливою розбіжною ознакою IP-телефонії є те, що оператор зв'язку використовує не конкретні підканали для кожної пари абонентів. Мова, перетворена в цифровий сигнал, піддається стисненню і розбивається на окремі пакети, які передаються по IP-мережі.

Завдяки використанню сучасних алгоритмів стиснення звукового сигналу, для передачі однієї розмови потрібно підканал з пропускною здатністю не 64, а всього 12 Кбіт/с. Крім того, якщо в розмові тимчасово відсутнійінформаційний сигнал (тобто виникла пауза), то цей же підканал може бути задіяний для передачі інших даних. Саме ефективне управління трафіком комунікаційних каналів дозволяє операторам IP-телефонії пропонувати послуги міжміського та міжнародного телефонного зв'язку за значно нижчими тарифами, ніж оператори, що використовують технології традиційної телефонії.

Важливими чинниками, що привертають увагу кінцевих користувачів до IP-телефонії, є простота використання сервісу і доступні тарифи. Процедура здійснення телефонного виклику через оператора IP-телефонії в інше місто або за кордон зовсім мало відрізняється від звичного набору номера через «8». Додається лише одна додаткова операція − дзвінок на телефонний шлюз оператора IP-телефонії для введення номера платіжної картки [1].

Якщо розглядати застосування IP-телефонії в особливих сферах, то в першу чергу варто відзначити, що існує два різних підходи до впровадження даної технології. Один з них полягає в повній відмові від традиційної телефонії − в цьому випадку в якості каналу для з'єднання абонентів використовується локальна мережа. Другий підхід передбачає поряд зі збереженням традиційної

телефонної інфраструктури установку нового обладнання, що дозволяє розширити функціональність телекомунікаційної системи в даній сфері.

При другому варіанті переходу на технологію IP-телефонії послуги голосового зв'язку можна реалізувати не тільки через телефонні мережі загального користування, а й безпосередньо через публічну мережу. Для реалізації даного рішення застосовується спеціальне апаратний пристрій (IP-телефон), що підключається безпосередньо до локальної мережі управління. Крім встановлення традиційних голосових дзвінків, це рішення дозволяє організовувати конференц-зв'язок, а також пересилати фрагменти розмов по електронній пошті. Існує й такий варіант використання IP-телефонії, як підключення до місцевої АТС спеціального модуля, який розділяє дзвінки. Цей модуль дозволяє автоматично проводити міжміські та міжнародні дзвінки через оператора IP-телефонії, а місцеві виклики − через місцеву телефонну мережу.

Забезпечення телефонних послуг через інфраструктуру IP дозволяє отриматидеякі переваги по технічній частині, а саме: функції надання послуг телефонії і передачі даних об'єднуються в загальній інфраструктурі IP; транспортування відносно невисокого обсягу трафіку IP-телефонії може здійснюватися з використанням тієї ж інфраструктури при дуже незначних додаткових конфігураціях; відсутня необхідність забезпечувати якість і обсяг послуг, що вимагаються від операторів ТМЗК, що допускає реалізацію послуг IP-телефонії на базі більш дешевого обладнання.

Ефективність IP-телефонії обмежується сьогодні нестійкими і непередбачуваними рівнями затримки при передачі пакетів. Іншими словами, IP-телефонія є прикладом класичного проектного компромісу між вартістю та характеристиками якості.

Щодо основних переваг використання сервісу IP-телефонії, можна виділити наступні:

- гарантована конфіденційність переговорів. Кожен сеанс зв’язку кодується в пакети, а передача пакетів здійснюється незалежно один від одного. Такий

спосіб зв’язку майже неможливо перехопити і розшифрувати впродовж короткого проміжку часу;

- скорочення витрат на міжміські і міжнародні переговори. Один з найбільш поширених варіантів використання IP-телефонії. Зв'язок через IP виходить дешевше по ряду причин. По-перше, в IP-телефонії використовуються широко поширені мережі з комутацією пакетів, (на відміну від більш дорогих мереж з комутацією каналів, які застосовуються в традиційній телефонії). По-друге, завдяки використанню голосових кодеків (вікодерів) досягається істотне стиснення мовленнєвої інформації. Так, при передачі голосового потоку в системах цифрової телефонії потрібно канал 64 кбіт/с (ISDN). У системах IP-телефонії, при використанні найбільш популярних на сьогоднішній день кодеків, які будуть розглядатися далі, потрібно набагато менша пропускна здатність (6-13 кбіт/с).

Побудова відомчих телефонних мереж. В даному випадку для ведення телефонних розмов у рамках однієї установи використовується внутрішня IP-мережу. Відомчі системи IP-телефонії також вирішують наступні завдання:

- забезпечення «мобільності» внутрішніх користувачів;
- організація зв'язку між географічно віддаленими установами;
- об'єднання телефонної ємності всіх установ в єдиний номерний план;
- організація аудіо- та відео-конференцій;
- побудова центрів обробки викликів.

Отримання додаткових можливостей, не властивих звичайним телефонним мережам: можливість зробити дзвінок прямо з веб-сайту установи, використання голосових авто-інформаторів на основі IVR (Interactive Voice Response), аудіо- і відео-конференцій, голосової пошти і історіїздійсненихвикликів, збір статистики, чи визначення присутності абонентів у мережі.Спеціальне програмне забезпечення IP SoftPhone, наприклад, дозволяє підключати телефон до комп'ютера або ноутбука;

Забезпечення безкоштовного зв’язку в межах зон Wi-Fi. Користувач, що знаходиться в межах бездротової точки доступу стандарту 802.11 може застосовувати VoIP замість стільникового зв'язку;

Організація сеансів аудіо-зв'язку або зв'язку типу точка-точка через публічну мережу. Використовуючи стандартне обладнання IP-телефонії, можна організувати сеанс зв'язку між користувачами публічних мереж або з'єднати між собою декілька географічно віддалених установ;

Досить популярною в даний час послугою є віртуальна АТС. Функція її полягає в тому, що за допомогою публічної мережі телефон клієнта підключається до встановленої на технічному майданчику VoIP-станції IP-АТС. Станція IP-АТС виконує роль офісної АТС, забезпечує телефонний зв'язок всередині установи, конференц-зв'язок, переадресацію дзвінків і обслуговування всіх міжміських, міжнародних та місцевих дзвінків. IP-телефонія дозволяє нарощувати кількість включених телефонів (абонентів) та каналів поштучно, по мірі необхідності, не закуповуючи обладнання із запасом на багато років вперед. IP-АТС Asterisk працює з обладнанням будь-якого виробника, що дає свободу вибору обладнання. Засобами IP-АТС може бути реалізована послуга «дзвінок на замовлення». Натисканням всього однієї кнопки відправляється запит на станцію, після чого станція починає в автоматичному режимі телефонувати до потрібного абонента [2].

Недоліки сервіс викликані наступними чинниками:

- затримкою пакетів, що визначається трафіком, числом маршрутизаторів, реальними фізичними властивостями каналів передачі, які утворюють в даний момент часу віртуальний канал, затримками на обробку сигналів, що виникають в вокодерах і шлюзах. Помітні зміни часу поширення можуть відбуватися протягом одного не тривалого сеансу зв'язку, а коливання часу передачі можуть бути в діапазоні від десятків до сотень мілісекунд і навіть перевищувати секунду;

- перестановкою пакетів, які прийшли різними шляхами.Аналізи статистичних даних показують, що найбільш поширені втрати одного, двох і трьох пакетів. Втрати великих груп пакетів малоймовірні, але вони призводять до

незворотного спотворення мови, тоді як втрати одного, двох, трьох пакетів можливо компенсувати.

З підвищенням трафіку зростають затримки і втрати пакетів в мережі. В умовах обмежених пропускних можливостей це проявляється не тільки при інтегральному збільшенні завантаження каналів, наприклад, в години найбільшого навантаження, але і при збільшенні потоку джерел інформації.

Таким чином, попри те, що існують ще деякі недоліки у впровадженні даного сервісу, IP-телефонії володіє рядом вагомих переваг, які сприяють подальшому її розвитку та активному впровадженню як у спеціальних відомчих мережах так і в публічних мережах, наприклад, мережа Інтернет [3].

1.2 Огляд принципів пакетної передачі мовлення

«Класичні» телефонні мережі засновані на технології комутації каналів, яка для кожної телефонної розмови вимагає виділеного фізичного з'єднання. Отже, для одної телефонної розмови є одне фізичне з'єднання телефонних каналів. В цьому випадку аналоговий сигнал шириною 3,1 кГц передається на найближчу АТС, де він мультиплексується за технологією часового розділення з сигналами, які поступають від інших абонентів, підключених до цієї АТС. Далі груповий сигнал передається по мережі міжстанційних каналів. Досягнувши АТС призначення, сигнал демультиплексується та доходить до адресата.

Основним недоліком телефонних мереж з комутацією каналів є неефективне використання смуги каналу - під час пауз в мові канал не несе ніякого корисного навантаження.

Перехід від аналогових до цифрових технологій став важливим кроком для виникнення сучасних цифрових телекомунікаційних мереж. Одним з таких кроків в розвитку цифрової телефонії став перехід до пакетної комутації. У мережах пакетної комутації по каналах зв'язку передаються одиниці інформації, які не залежать від фізичного носія. Такими одиницями можуть бути пакети, кадри або осередки (залежно від протоколу), але у будь-якому випадку вони передаються по

мережі рис. 1.1, що розділяється, більш того - по окремих віртуальних каналах, не залежних від фізичного середовища. Кожен пакет ідентифікується заголовком, який може містити інформацію про використовуваний ним канал, його походження (тобто про джерело або відправника) і пункті призначення (про одержувача або приймач).

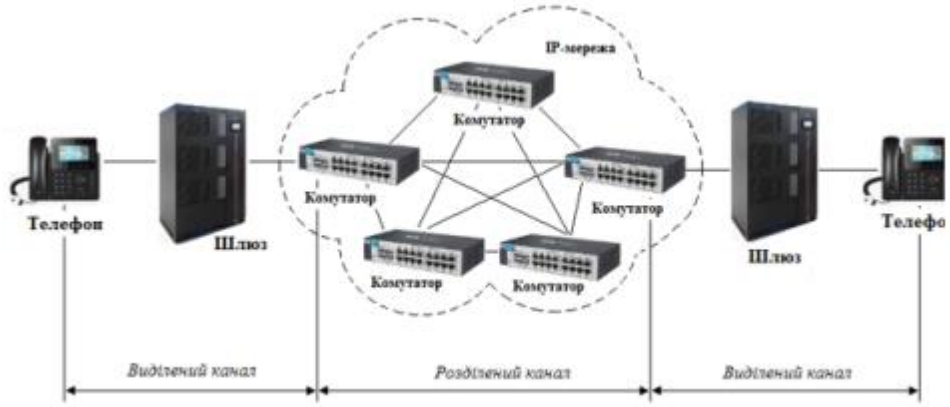

Рис. 1.1. З’єднання в мережі з комутацією пакетів

У мережах на основі протоколу IP всі дані - голос, текст, відео, комп'ютерні програми або інформація в будь-якій іншій формі - передаються у вигляді пакетів. Будь-який комп'ютер і термінал такої мережі має свою унікальну IP-адресу, і передавані пакети маршрутизуються до одержувача відповідно до цієї адреси, указуваному в заголовку. Дані можуть передаватися одночасно між багатьма користувачами і процесами по одній і тій же лінії. При виникненні проблем IP-мережі можуть змінювати маршрут для обходу несправних ділянок. При цьому протокол IP не вимагає виділеного каналу для сигналізації [4].

Процес передачі голосу по IP-мережі складається з декількох етапів. На першому етапі здійснюється оцифровка голосу. Потім оцифровані дані аналізуються і обробляються з метою зменшення фізичного об'єму даних, що передаються одержувачеві. Як правило, на цьому етапі відбувається придушення непотрібних пауз і фонового шуму, а також компресує. На наступному етапі отримана послідовність даних розбивається на пакети і до неї додається протокольна інформація - адреса одержувача, порядковий номер

пакету на випадок, якщо вони будуть доставлені не послідовно, і додаткові дані для корекції помилок. При цьому відбувається тимчасове накопичення необхідної кількості даних для утворення пакету до його безпосередньої відправки в мережу.

Видобування переданої голосової інформації з отриманих пакетів також відбувається у декілька етапів. Коли голосові пакети надходять на термінал одержувача, то спочатку перевіряється їх порядкова послідовність. Оскільки IP-мережі не гарантують час доставки, то пакети із старшими порядковими номерами можуть прийти раніше, більш того, інтервал часу отримання також може коливатися. Для відновлення початкової послідовності і синхронізації відбувається тимчасове накопичення пакетів. Проте деякі пакети можуть бути взагалі втрачені при доставці, або затримка їх доставки перевищує допустимий розкид [5].

У звичайних умовах приймальний термінал запрошує повторну передачу помилкових або втрачених даних. Але передача голосу дуже критична до часу доставки, тому в цьому випадку або включається алгоритм апроксимації, що дозволяє на основі отриманих пакетів приблизно відновити втрачені, або ці втрати просто ігноруються, а пропуски заповнюються даними випадковим чином.

Отримана таким чином (не відновлена) послідовність даних декомпресується і перетвориться безпосередньо в аудіо-сигнал, що несе голосову інформацію одержувачеві.

Таким чином, з великою мірою вірогідності, отримана інформація не відповідає початковій (спотворена) і затримана (обробка на передавальній і приймальній сторонах вимагає проміжного накопичення). Проте в деяких межах надмірність голосової інформації дозволяє миритися з такими втратами.

Оператори мереж з пакетною комутацією отримують переваги, властиві інфраструктурі електрозв'язку, що розділяється, по самій її природі. Простіше кажучи, вони можуть продати більше, ніж насправді мають, грунтуючись на статистичному аналізі роботи мережі. Оскільки передбачається, що абоненти не будуть цілодобово і щодня задіювати всю сплачену смугу, можна обслужити

більше абонентів, не розширюючи магістральну інфраструктуру. Зворот і прибуток при цьому збільшуються.

Іншими словами, абонент, що сплатив смугу 64 кбит/с, використовує канал в середньому лише на 25%. Отже, оператор здатний продати ресурс, що є у нього, в чотири рази більшому числу користувачів, не перенавантажуючи свою мережу. Такий сценарій вигідний обом сторонам - і клієнтові, і продавцеві, - оскільки оператор збільшує свої доходи і зменшує абонентську плату за рахунок зниження витрат. Це виграшне рішення вже визнане в світі передачі даних, а тепер починає використовуватися і на ринку телефонії.

В даний час в IP-телефонії існує два основні способи передачі голосових пакетів по IP-мережі:

- через глобальну мережу Інтернет (Інтернет-телефонія);

- використовуючи мережі передачі даних на базі виділених каналів (IP-телефонія).

У першому випадку смуга пропускання безпосередньо залежить від завантаженості мережі Інтернет пакетами, що містять дані, голос, графік і так далі, а значить, затримки при проходженні пакетів можуть бути самими різними. При використанні виділених каналів виключно для голосових пакетів можна гарантувати фіксовану (або майже фіксовану) швидкість передачі. Зважаючи на широке поширення мережі Інтернет особливий інтерес викликає реалізація системи інтернет-телефонії. Хоча слід визнати, що в цьому випадку якість телефонного зв'язку оператором не гарантується.

Для того, щоб здійснити міжміський (міжнародний) зв'язок за допомогою телефонних серверів, організація або оператор послуги повинні мати по серверу в тих місцях, куди і звідки плануються дзвінки. Вартість такого зв'язку на порядок менше вартості телефонного дзвінка по звичайних телефонних лініях. Особливо велика ця різниця для міжнародних переговорів.

Загальний принцип дії телефонних серверів інтернет-телефонії такий: з одного боку, сервер пов'язаний з телефонними лініями і може з'єднатися з будь-яким телефоном світу. З іншого боку, сервер пов'язаний з Інтернетом і може

зв'язатися з будь-яким комп'ютером в світі. Сервер приймає стандартний телефонний сигнал, оцифровує його (якщо він початково не цифровий), значно стискує, розбиває на пакети і відправляє через інтернет за призначенням з використанням протоколу IP. Для пакетів, що приходять з мережі на телефонний сервер і що вирушають в телефонну лінію, операція відбувається в зворотному порядку. Обоє складової операції (вхід сигналу в телефонну мережу і його вихід з телефонної мережі) відбуваються практично одночасно, що дозволяє забезпечити повнодуплексну розмову. На основі цих базових операцій можна побудувати багато різних конфігурацій. Наприклад, дзвінок «телефон-комп'ютер» або «комп'ютер-телефон» може забезпечувати один телефонний сервер. Для організації зв'язку телефон (факс) - телефон (факс) потрібно два сервери.

Основним стримуючим чинником на шляху масштабного впровадження IP-телефонії є відсутність в протоколі IP механізмів забезпечення гарантованої якості послуг, що робить його доки не найнадійнішим транспортом для передачі голосового трафіку. Сам протокол IP не гарантує доставку пакетів, а також час їх доставки, що викликає такі проблеми, як «рваний голос» і просто провали в розмові. Сьогодні ці проблеми вирішуються: організації по стандартизації розробляють нові протоколи, виробники випускають нове устаткування, але на цьому рівні справи з сумісністю і стандартизацією йдуть вже не так добре, як з «упаковкою» мови в пакети. Відмітимо, що якщо в рамках приватної корпоративної мережі деяка втрата якості голосового зв'язку при сильній завантаженості ресурсів сповна терпима за умови, що середній показник буде сповна задовільним, то в разі мережі загального користування все набагато серйозніше [6].

Оскільки оператор надає деякий сервіс і бере за нього гроші, він зобов'язаний гарантувати його якість. Навіть якщо клієнт згоден (хоча в умовах жорсткої конкуренції на ринку телекомунікацій це маловірогідно) час від часу миритися з не дуже високим рівнем якості, він може пред'явити претензії в разі серйозних або тривалих проблем. Як би там не було, оператор вимушений стежити за якістю послуг, що надаються, для чого в разі їх масштабного надання

йому потрібна відповідна апаратура і програмне забезпечення, яке достатньо дороге і присутнє не в усіх точках мережі. З точки зору масштабованості (якщо відвернутися від проблем з неконтрольованим погіршенням якості при зростанні навантаження на мережу) IP-телефонія представляється сповна закінченим рішенням. По-перше, оскільки з'єднання на базі протоколу IP може починатися (і закінчуватися) в будь-якій точці мережі від абонента до магістралі. Відповідно, IP-телефонію в мережі можна вводити ділянка за ділянкою, що, до речі, доцільно і з точки зору міграції, оскільки її можна проводити зверху «вниз», «від низу до верху» або за будь-якою іншою схемою. Для рішень IP-телефонії характерна певна модульність: кількість і потужність різних вузлів - шлюзів, gatekeeper («сторожів» - так в термінології VOIP іменуються сервери обробки номерних планів) - можна нарощувати практично незалежно, відповідно до поточних потреб. Природно, проблеми нарощування ресурсів власне мережевої інфраструктури ми зараз не враховуємо, оскільки вузли самої мережі можуть бути незалежні від системи IP-телефонії, а можуть і поєднувати в собі їх функції.

1.3 Дослідження видів з’єднань в мережі IP-телефонії

Мережі IP-телефонії надають можливості для викликів чотирьох основних типів:

1. «Від телефону до телефону» рис1.2. Виклик йде із звичайного телефонного апарату до АТС, на один з виходів якої підключений шлюз IP-телефонії, і через IP-мережу доходить до іншого шлюзу, який здійснює зворотні перетворення.

2. «Від комп'ютера до телефону» рис. 1.3. Мультимедійний комп'ютер, що має програмне забезпечення IP-телефонії, звукову плату (адаптер), мікрофон і акустичні системи, підключається до IP-мережі або до мережі Інтернет, і з іншого боку шлюз IP-телефонії має з'єднання через АТС із звичайним телефонним апаратом.

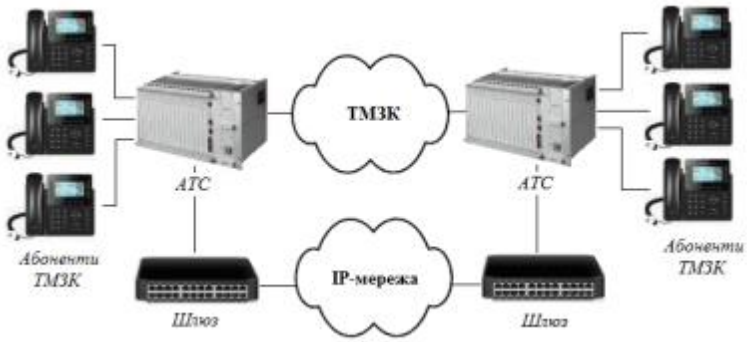

Рис.1.2. Схема зв'язку «телефон-телефон»

Слід зазначити, що в з'єднаннях 1 і 2 типів замість телефонних апаратів можуть бути включені факсимільні апарати, і в цьому випадку мережа IP-телефонії повинна забезпечувати передачу факсимільних повідомлень [7].

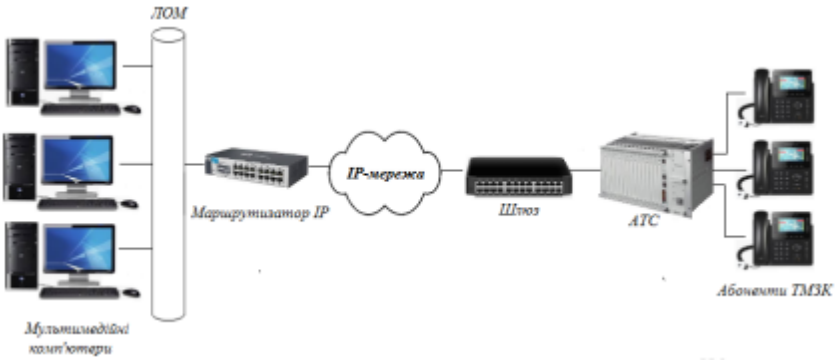

Рис. 1.3. Схема зв'язку «комп’ютер- телефон»

«Від комп'ютера до комп'ютера» рис. 1.4. В цьому випадку з'єднання встановлюється через IP-мережу між двома мультимедійними комп'ютерами, обладнаними апаратними і програмними засобами для роботи з IP-телефонією.

4. «Від WEB браузеру до телефону» рис. 1.5. З розвитком мережі Інтернет став можливий доступ і до мовних послуг. Наприклад, на WEB-сторінці деякої компанії в розділі «Контакти» розміщується кнопка «Виклик», натисканя на яку можна здійснити мовне з'єднання з представником даної компанії без набору телефонного номера. Вартість такого дзвінка для користувача входить у вартість роботи в мережі Інтернет.

Рис. 1.4. Схема зв'язку «комп’ютер - комп’ютер»

Рис.1.5. Схема зв'язку «WEB-браузер - телефон»

1.4 Огляд технічних особливостей та протоколів IP-телефонії

Так як технологія IP-телефонії використовує пакетну передачу оцифрованої кодованої мови, то вона повинна дотримуватися принципів еталонної моделі OSI (Open Systems Interconnection basic reference model) [2,5].

При здійсненні дзвінка голосовий сигнал перетвориться в стислий пакет даних. Далі відбувається пересилання даних пакетів поверх мереж з комутацією пакетів, зокрема, IP мереж. При досягненні пакетами одержувача, вони декодуються в оригінальні голосові сигнали. Ці процеси можливі завдяки великій кількості допоміжних протоколів. Доцільно розглянути функціонування технології IP-телефонії на кожному рівні окремо, починаючи з найнижчого – фізичного рівня.

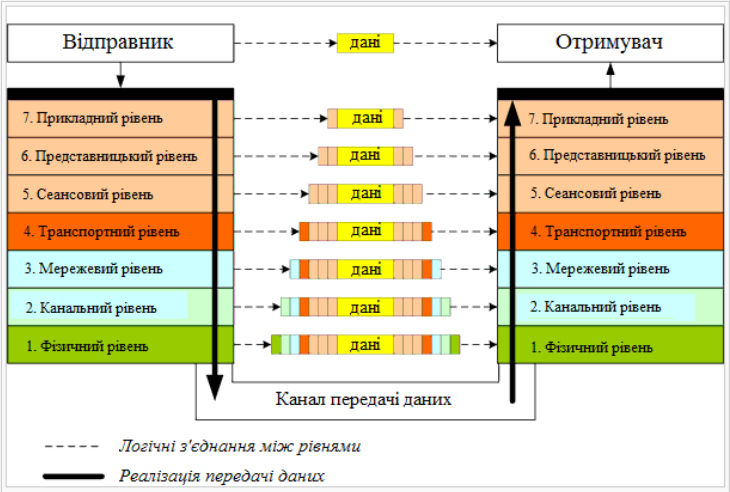

Рис. 1.6. Передача даних в комп'ютерних мережах за моделлю OSI

Фізичний рівень (Physical Layer). На фізичному рівні здійснюється передача потоку бітів по фізичному середовищу через відповідний інтерфейс. IP-телефонія практично повністю спирається на вже існуючу інфраструктуру мереж. Як середовище передачі інформації використовується, як правило, кручена пара категорії 5 (UTP5), одномодовое або багатомодовое оптичне волокно або коаксіальний кабель. Тим самим в повній мірі реалізується принцип конвергенції телекомунікаційних мереж [9].

Технологія PoE. Розглянемо технологію PoE (Power Over Ethernet) − стандарти IEEE 802.3. Її суть полягає в можливості забезпечення живленням телефонних апаратів за допомогою стандартної крученої пари. Більшість сучасних IP-телефонів, зокрема, модельний ряд Cisco Unified IP Phones та Panasonic, постачають з підтримкою PoE. Відповідно до стандарту пристрої можуть отримувати струм потужністю до 25,5 Ватт. При подачі живлення використовується лише дві жили крученої пари кабелю 100BASE-TX, проте, деякі виробники задіюють всі чотири, досягаючи потужності до 51 Ватт.

Для визначення того, чи має живлення пристрій, який підключається, на кабель подається напруга 2,8-10 В. Тим самим обчислюється опір пристрою, що підключається. Якщо опір знаходиться в діапазоні 19-26,5 кОм, то процес переходить на наступний етап. Якщо ж ні − перевірка повторюється з інтервалом ≥2 мс.

Далі відбувається пошук діапазону потужностей задіяного пристрою шляхом подачі більш високої напруги і вимірювання струму в лінії. Слідом за цим на лінію подається 48 В − напруга живлення. Також здійснюється постійний контроль перенавантажень.

Канальний рівень (Data Link Layer).Згідно зі специфікацією IEEE 802 канальний рівень поділяється на два підрівні:

1. MAC (Media Access Control) − забезпечує взаємодію з фізичним рівнем;

2. LLC (Logical Link Control) − обслуговує мережний рівень.

На канальному рівні працюють комутатори, мости та концентратори− пристрої, що забезпечують об’єднання декількох вузлів комп'ютерної мережі та розподіл фреймів між хостами на основі фізичної (MAC) адресації.

Необхідно згадати механізм віртуальних локальних мереж (Virtual Local Area Network). Дана технологія дозволяє створювати логічну топологію мережі без урахування її фізичних властивостей. Цей розподіл трафіку докладно описаний в стандарті IEEE 802.1Q. [7].

У контексті IP-телефонії відзначимо, що Voice VLAN широко застосовується для ізоляції голосового трафіку IP-телефонів від інших даних рис 1.7. Її використання доцільно з двох причин:

1. Безпека. Створення окремих голосових VLAN зменшує ймовірність перехоплення і аналізу голосових пакетів.

2. Підвищення якості передачі. Механізм VLAN дозволяє надати підвищений пріоритет голосовим пакетам, і, як наслідок, поліпшити якість зв'язку.

Рис. 1.7. Використання механізму VLAN в IP-телефонії

Мережний рівень (Network Layer). На мережному рівні відбувається маршрутизація, відповідно основними пристроями мережного рівня є маршрутизатори. Саме тут визначається, яким шляхом дані досягнуть одержувача з певною IP-адресою.

Основний протокол маршрутизації − IP (Internet Protocol), в основі якого і побудована IP-телефонія, а також всесвітня публічна мережа. Також існує безліч динамічних протоколів маршрутизації, найпопулярніший серед яких OSPF (Open Shortest Path First) − внутрішній протокол, заснований на поточних станах каналів зв'язку [3].

На сьогоднішній день існують спеціальні VoIP-шлюзи (Voice Over IP Gateway), що забезпечують підключення звичайних аналогових телефонів до IP-мереж. З фронтової сторони, порт для підключення до IP-мережі, а з іншого − порти FXS (Foreign Exchange Station) для звичайних телефонних апаратів рис 1.8. Як правило, вони мають і вбудований маршрутизатор, що дозволяє вести облік трафіку, авторизувати користувачів, автоматично роздавати IP-адреси, управляти смугою пропускання.

Серед стандартних функцій VoIP-шлюзів:

- Функції безпеки (створення списків доступу, авторизація);
- Підтримка факсимільного зв'язку;
- Підтримка голосової пошти;
- Підтримка протоколів H.323, SIP (Session Initiation Protocol).

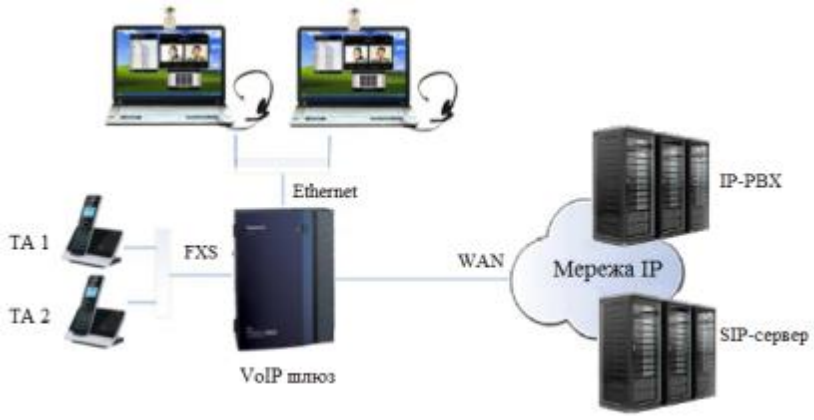

Рис. 1.8. Схема IP-телефонії з використанням VoIP шлюзу

Для боротьби з можливими затримками передачі IP необхідно доповнювати додатковими засобами, наприклад протоколами встановлення черговості (щоб пакети голосових даних не конкурували зі звичайними).

Як правило, в цих цілях на маршрутизаторах використовується черговість з малою затримкою (LLQ − Low-Latency queuing) або врівноважена організація черг на основі класів (CBWFQ - Class-Based Weighted Fair Queuing).

Крім того, необхідні схеми маркування із заданням пріоритетів для розгляду голосових даних, як найважливіших для передачі [8].

Транспортний рівень (Transport Layer). Для транспортного рівня характерні:

- Сегментація даних додатків верхнього рівня;

- Забезпечення з'єднання хостів віддалених мереж, що можуть мати різну топологію та технологію реалізації;

- Гарантія надійності даних.

Основні протоколи транспортного рівня − TCP (Transmission Control Protocol), UDP (User Datagram Protocol), RTP (Real-time Transport Protocol). Безпосередньо в IP-телефонії використовуються протоколи UDP і RTP, причому основна їх відмінність від TCP полягає в тому, що вони не гарантують доставки пакетів. Це є більш прийнятним варіантом, ніж здійснення контролю за доставкою (TCP), так як телефонний зв'язок досить залежний від затримок передачі, але менш чутливий до втрат поодиноких пакетів.

Протокол UDP базується на мережному протоколі IP і надає транспортні послуги прикладним процесам. Його головна відмінність від TCP − забезпечення негарантованої доставки, тобто при відправці і отриманні даних ніяких підтверджень не вимагається. Також при відправці повідомлень не обов'язкове встановлення логічного з'єднання між модулями UDP (джерело і приймач).

Протокол RTP є протоколом транспортного рівня і, як правило, він функціонує поверх UDP. За допомогою RTP реалізується розпізнавання типу трафіку, робота з мітками часу, контроль передачі і нумерація послідовності пакетів.

Основне призначення RTP полягає в тому, що він привласнює кожному вихідному пакету тимчасову мітку, які обробляються на приймальній стороні. Це дозволяє приймати дані в належному порядку, знижує вплив нерівномірності часу проходження пакетів по мережі, відновлює синхронізацію між аудіо- і відео-даними.

Рівні даних (Data Layers). Три останніх рівня моделі OSI розглянуться спільно. Таке об'єднання допустиме, тому що процеси, що відбуваються на даних рівнях тісно пов'язані між собою, і описувати їх уникаючи поділу на підрівні буде логічніше.

В даний час основними протоколами управління викликами є SIP, H.323, MGCP, H.248.

Протокол H.323. Даний стандарт містить опис обладнання, мережних служб і термінальних пристроїв, призначених для здійснення аудіо- та відео-зв'язку в мережах з комутацією пакетів. Для будь-якого пристрою стандарту H.323 обов'язкова підтримка обміну голосовою інформацією [10].

Рекомендації H.323 припускають: платформову незалежність; стандарти кодування аналогових даних; управління смугою пропускання; гнучкість і сумісність.

Необхідно врахувати дуже важливий факт: в рекомендаціях не визначене фізичне середовище передачі, транспортний протокол і мережний інтерфейс. Це означає, що пристрої, що підтримують стандарт H.323 можуть працювати в будь-яких існуючих сьогодні мережах з комутацією пакетів.

Протокол H.323, описаний рекомендацією ITU-T, він є першим в своєму роді протоколом. H.323 стандарт − основна технологія для передачі оперативного звукового, відео, і передачі даних по пакетним мережам. Під пакетними мережами розуміються мережі в основу функціонування яких закладено принцип комутації пакетів. Пакети від різних користувачів передаються через один канал зв'язку в режимі статистичного розподілу часу, забезпечуючи тим самим дуже високий коефіцієнт використання пропускної спроможності каналу зв'язку. Як приклад, можна назвати такі типи пакетних мереж: IP-мережі (включаючи

Інтернет), мережі NetWare на базі протоколу IPX, відомчі мережі, мережі столичних районів (MAN), різні глобальні мережі загального користування (WAN) та інші. Стандарт визначає компоненти, протоколи, і процедури, що забезпечують мультимедійний зв'язок по пакетним мережам. H.323 може застосовуватися в ряді механізмів − передача тільки звуку (IP телефонія), передача звуку і відео (відео-телефонія), передача звуку і даних. H.323 забезпечує дуже широкий спектр послуг і може застосовуватися в широкому діапазоні областей − приватне використання, забезпечення бізнес процесів. H.323 стандарт визначає чотири види компонентів, які разом з мережною структурою, забезпечують двоточкові (точка-точка) і багатоточкові (точка-багатоточка) послуги мультимедійного зв'язку: термінали, шлюзи (gateways), контролер зони (gatekeepers), багатоточкові модулі управління (MCUS− Multipoint Control Units).

Типова схема на основі протоколу H.323 представлена на рис. 1.9.

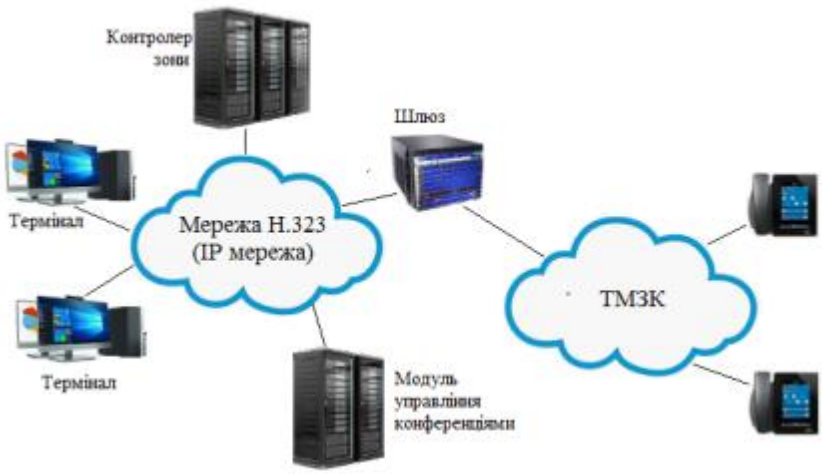

Рис. 1.9. Схема мережі, яка підтримує протокол H.323

Протокол MGCP. Робоча група MEGACO розробила протокол управління шлюзами − Media Gateway Control Protocol (MGCP). Протокол під назвою SGCP − Simple Gateway Control Protocol (простий протокол управління шлюзами) − був розроблений компанією Telecordia, він реалізує технологію маршрутизації пакетів IP та IDCP (IP Device Control Protocol). Обидва вони згодом були об'єднані в протокол MGCP [2].

MGCP (Media Gateway Control Protocol − протокол управління шлюзом-носієм) протокол управління шлюзами VoIP. Цей протокол управління шлюзом розроблений для підтримки архітектури VoIP, де функції мультимедійного середовища відокремлені від функцій сигналізації. Отже, його використовують як на великих магістральних шлюзах, так і на шлюзах в невеликих районах. Протокол MGCP використовується контролерами шлюзів, які також мають назву агенти виклику (call agent), для управління шлюзом-носієм. В основі протоколу MGCP лежить принцип головний-підлеглий (master-slave), де контролер MGC є головним, а шлюз − підлеглим. Шлюз підтверджує команди, виконує їх і повідомляє контролеру про результат (успішний або неуспішний). У цій архітектурі шлюз виконує функції мультимедійного середовища, наприклад перетворення сигналів мультиплексування з поділом часу (TDM) в аналогові або потоки даних в реальному масштабі часу (Real-time Transport Protocol − RTP). Функції сигналізації викликів виконують контролери. У цій моделі мікропроцесор управління викликом розташовується на контролері шлюзів, а шлюз –предмет реалізації, що виконує команди контролера. Повідомлення MGCP передаються поверх протоколу UDP. Оскільки протокол UDP не гарантує доставку повідомлень, вони при необхідності передаються повторно. Для опису мультимедійних сеансів протокол MGCP використовує протокол опису сеансу зв'язку (Session Description Protocol − SDP). Протокол SDP описує параметри сеансу передачі мультимедійних даних між шлюзами, включаючи IP-адреси, порти UDP, профілі RTP і мультимедійні можливості конференцій. Розподілена система складається з агента викликів - Call Agent (або контролера медіашлюзи) та, як мінімум одного медіашлюзу (MG) і принаймні одного сигнального шлюзу (SG), підключених до Телефонного мережі загального користування (ТМЗК).Принцип функціонування протоколу MGCP зображена на рис. 1.10.

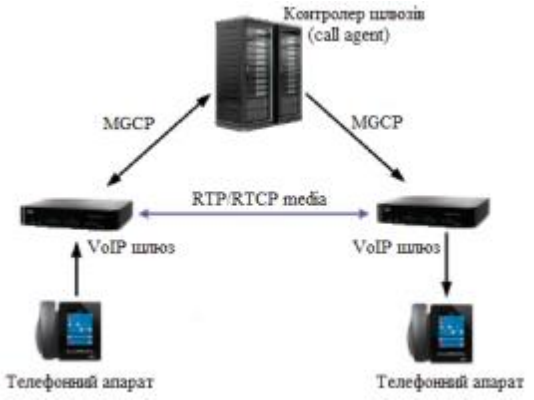

Рис. 1.10. Забезпечення контролю VoIP шлюзів контролером шлюзів протоколу MGCP

Контролер шлюзів виконує функції управління шлюзами який використовує протокол MGCP щоб повідомляти медіашлюзи про те:

- які події направляти контролеру;
- яким чином кінцеві пристрої повинні з'єднуватися один з одним;
- які тони виклику повинні відтворюється на кінцевих пристроях.

Протокол SIP. SIP − Session Initiation Protocol (протокол управління сеансом) − використовується для створення, зміни та розірвання «сеансів» між одним або декількома учасниками. Поняття «сеансу» в протоколі SIP досить широке. Під сеансом можемо розуміти не тільки телефонні дзвінки, але і відео-дзвінки, передача даних, конференції.

Протокол SIP регламентує тільки процедуру встановлення з'єднання між пристроями, тому зазвичай поряд з SIP використовується протокол передачі інформації. У випадках IP-телефонії в якості таких протоколів виступають RTP і SDP [4,11].

Допускається додавання або видалення каналівобміну протягом встановленого сеансу, а також підключення та відключення додаткових клієнтів (тобто допускається участь в обміні більше двох сторін − конференц-зв'язок). Протокол також визначає порядок завершення сеансу.

У SIP визначені два типи сигнальних повідомлень − запит і відповідь. Також існує шість процедур:

- INVITE (запрошення) − запрошує користувача взяти участь в сеансі зв'язку (служить для встановлення нового з'єднання; може містити параметри для узгодження);

- BYE (роз'єднання) − завершує з'єднання між двома користувачами;

- OPTIONS (опції) − використовується для передачі інформації про підтримувані характеристики (ця передача може здійснюватися безпосередньо між двома агентами користувачів або через сервер SIP);

- ACK (підтвердження) − використовується для підтвердження отримання повідомлення або для позитивної відповіді на команду INVITE;

- CANCEL (скасування) − припиняє пошук користувача;

- REGISTER (реєстрація) – передає інформацію про місцезнаходження користувача на сервер SIP, який може транслювати її на сервер адрес (Location Server).

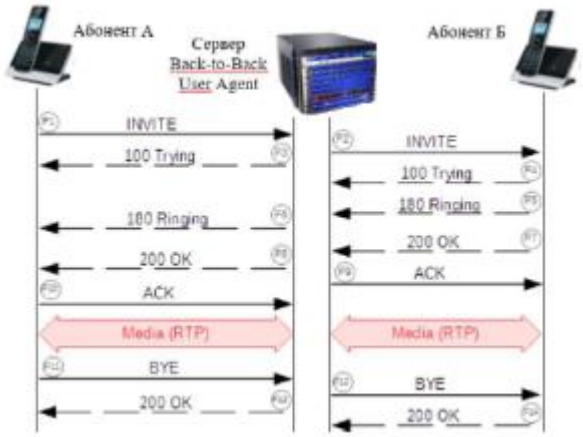

Рис. 1.11. Встановлення сеансу між кінцевими терміналами по протоколу SIP з використанням протоколу RTP

Протокол SIP багато в чому схожий з широко використовуваним протоколом HTTP, який також можна вважати сигнальним (клієнти роблять запити на потрібні їм документи). При установці з'єднання параметри сеансу описуються відповідно до SDP і разом з заголовками протоколу SIP передаються клієнту. Коди відповідей протоколу SIP також дуже схожі на стандартні коди

протоколу HTTP. У разі вдалого відповіді клієнту надсилається код 200, адреса не знайдено (404), помилка авторизації (403) та інші.

Ключові можливості протоколу SIP:

- Мультимедійність.

- Персональна мобільність користувачів. Користувачі можуть переміщатися без обмежень у межах мережі, тому послуги зв'язку повинні надаватися їм у будь-якому місці цієї мережі. Користувачеві надається унікальний ідентифікатор, а мережа надає йому послуги зв'язку незалежно від того, де він знаходиться.

- Масштабованість мережі. Вона характеризується в першу чергу можливістю збільшення кількості елементів мережі при її розширенні. Серверна структура мережі, побудованої на базі протоколу SIP, в повній мірі відповідає даній вимозі.

- Відкритість і простота. Що стосується простоти, то досить вказати, що всі використовувані в SIP повідомлення мають текстовий формат і підтримують формат будь-яких типів даних. Тому голосовий зв'язок може супроводжуватися обміном даних між додатками. Так, розмова по протоколу SIP вільно доповнюється передачею даних від одного абонента іншому, наприклад, електронними візитками, цифровими фотографіями або навіть файлів MP3.

- Клієнт-серверна архітектура.

- Можливість реакції на події. Клієнти можуть«підписуватися» на певну подію (наприклад, оновлення статусу користувача), і як тільки оновлення настане, сервер відправить відповідне сповіщення.

Протокол SIP може бути використаний спільно з протоколом H.323. Можлива також взаємодія протоколу SIP з системами сигналізації ТМЗК − DSS1 і ЗКС-7. Для спрощення такої взаємодії сигнальні повідомлення протоколу SIP можуть переносити не тільки специфічну SIP адресу, а й телефонні номери формату E.164. Крім того, протокол SIP, перебуває нарівні з протоколами H.323 і ISUP/IP, може застосовуватися для синхронізації роботи пристроїв управління шлюзами; в цьому випадку він повинен взаємодіяти з протоколами MGCP. Іншою

важливою особливістю протоколу SIP є те, що він пристосований до організації доступу користувачів мереж IP-телефонії до послуг інтелектуальних мереж [6].

Клієнти SIP-мережі ідентифікуються по універсальних ідентифікаторах SIP-URI, зовні схожими на адреси електронної пошти sip: millitary@cs.nov.ua. Таким чином, ім'я клієнта SIP складається з персональної частини (до символу @), що ідентифікує користувача, і доменної частини (після @), що визначає, наприклад, установу. Як доменну частину можливе використання DNS-імені.

Протокол SIP виділяє наступні типи об'єктів мережі: агенти, сервери реєстрації, сервери переадресації, проксі-сервери.

Найбільш популярним stateful проксі-сервером, що працює по протоколу SIP, є Asterisk.

2 ЯКІСТЬ ОБСЛУГОВУВАННЯ В МЕРЕЖАХ IP-ТЕЛЕФОНІЇ

2.1 Дослідження показники якості IP-телефонії

Традиційні телефонні мережі комутують електричні сигнали з гарантованою смугою пропускання, достатньою для передачі сигналів голосового спектру. При фіксованій пропускній спроможності передаваного сигналу ціна одиниці часу зв'язку залежить від віддаленості і розташування точок виклику і місця відповіді.

Мережі з комутацією пакетів не забезпечують гарантованої пропускної спроможності, оскільки не забезпечують гарантованого шляху між точками зв'язку. Але саме якість передавання мови по мережі передавання даних значною мірою залежить від маршруту, яким проходять пакети від відправника до отримувача інформації.

Для додатків, де не важливий порядок і інтервал надходження пакетів, наприклад, e-mail, час затримок між окремими пакетами не має вирішального значення. IP-телефонія є однією з областей передачі даних, де важлива динаміка передачі сигналу, яка забезпечується сучасними методами кодування і передачі інформації, а також збільшенням пропускної спроможності каналів, що наводить до можливості успішної конкуренції IP -телефонії з традиційними телефонними мережами [12].

Основними складовими якості IP -телефонії є рис. 2.1:

1. Якість мови, яка включає:

- діалог - можливість користувача зв'язуватися і розмовляти з іншим користувачем в реальному часі і повнодуплексному режимі;

- розбірливість - чистота і тональність мови;

- ехо - чутність власної мови;

- рівень - гучність мови.

2. Якість сигналізації, що включає:

- встановлення виклику - швидкість успішного доступу і час встановлення з’єднання;

- завершення виклику - час відбою і швидкість роз'єднання;

- DTMF - визначення і фіксація сигналів багаточастотного набору номера.

Рис. 2.1. Фактори, що впливають на якість IP-телефонії

Чинники, які впливають на якість IP-телефонії, можуть бути розділені на дві категорії:

3. Чинники якості IP-мережі:

- максимальна пропускна спроможність - максимальна кількість корисних і надлишкових даних, яку вона передає;

- затримка - проміжок часу, потрібний для передачі пакету через мережу;

- джиттер - затримка між двома послідовними пакетами;

- втрата пакету - пакети або дані, втрачені при передачі через мережу.

4. Чинники якості шлюзу:

- необхідна смуга пропускання - різні вокодери вимагають різну смугу. Наприклад, вокодер G.723 вимагає смуги 16,3 кбіт/с для кожного мовного каналу;

- затримка - час, необхідний цифровому сигнальному процесору DSP або іншим пристроям обробки для кодування і декодування мовного сигналу;

- буфер джиттера - збереження пакетів даних до тих пір, поки всі пакети не будуть отримані і можна буде передати в необхідній послідовності для мінімізації джиттера;

- втрата пакетів - втрата пакетів при стисненні і передачі в устаткуванні IP-телефонії;

- придушення ехо - механізм для придушення ехо, що виникає при передачі по мережі.

Для здійснення виклику із однієї точки мережі в іншу необхідно встановити таку конфігурацію голосових портів, яка б забезпечила надійне передавання сигналів між телефонним пристроєм та маршрутизатором. Потрібно також задати конфігурацію маршрутизатора, яка дозволила б встановити логічне голосове з'єднання з адресованою точкою виклику. Адресовані точки виклику забезпечують логічну відповідність між голосовими портами, а також дають можливість реалізувати таблицю викликів і визначити необхідні маршрути. Голосові порти і точки виклику є ключовими елементами конфігурації, оскільки вони задають точки входу в мережу і реалізують транспортну службу для голосових потоків.

Для кожної адресної точки виклику зазначається метод кодування, що використовується при обробленні мови у шлюзі. Для прикладу операційна система Cisco IOS дозволяє за допомогою команди *codec* використовувати в маршрутизаторі AS-5300 до десяти методів кодування, частину яких наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Параметри команди *codec*

Параметр	Опис	Швидкість, біт/с
G711alaw	Стандарт G.711*a*	64000
G711ulaw	Стандарт G.711,μ	64000
G723r53	Стандарт G.723	5300
G723r63	Стандарт G.723	6300
G728	Стандарт G.728	16000
G729r8	Стандарт G.729	8000

2.2 Вплив мережі на показники якості IP-телефонії

Затримка. Доведено, що чим більша швидкість кодування, тим менші затримки виникають при передаванні мовних пакетів по мережі. Однак при цьому

слід зауважити, що смуга пропускання використовується більш ефективно. Так при використанні кодека G.729 (16 кбіт/с) середній час затримки пакетів у мережі становить 74 мс, G.723r53 (5,3 кбіт/с) – 92 мс, G.729 r8 – 81 мс. Час затримки, отриманий внаслідок розрахунків перевищує час затримки при вимірюванні, оскільки розрахунок проводився для близького до максимального значення завантаження мережі (одночасно відбувається 100 телефонних розмов) [13].

Таблиця 2.2.

Час затримки при передаванні мови по мережі IP, мс

Компресія і кодування мови	30
Передача по ЛКМ (на виході)	5
Доступ до мережі	18
Затримка на передавання по мережі	3,2
Вихід з мережі	18
Передача по ЛКМ (на виході)	5
Компресуючий буфер	20
Декомпресія	20
Всього	119,2

Втрати пакетів менше залежать від обраного типу кодека. При цьому втрати значної кількості пакетів зустрічаються рідко, переважають втрати 1…4 пакетів, що відображено на рис. 2.2.

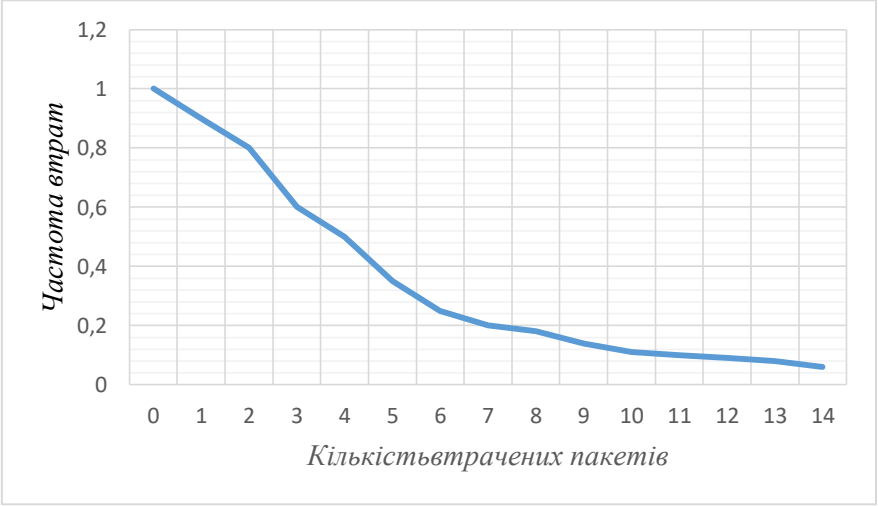

Рис.2.2. Гістограма втрат пакетів

Слід також відмітити вплив втрат пакетів на якість відтворюваної мови, що залежить від використаного кодека. Якщо втрачений пакет, що містить в собі N-мовних відліків кодека G.711, тоді на приймальному кінці буде відмічено пропуск звукового фрагменту тривалістю 125x N мкс. При використанні більш удосконаленого кодека, втрата одного пакета може відобразитися на відтворенні декількох наступних, оскільки кодеку потрібний час для того щоб досягти синхронізації – втрата кадру тривалістю 20 мс може призвести до відчутного ефекту тривалістю 150 мс і більше [11].

Зміна параметра величини корисного навантаження впливає на наступні характеристики:

- визначає кількість вибірок, що припадають на один пакет;

- змінює ширину смуги пропускання, час затримки і кількість пакетів в секунду;

- практичність використання залежить від загальної затримки в мержі;

- збільшення параметра веде до зменшення смуги пропускання і збільшує затримку;

- зменшення параметра веде до збільшення смуги пропускання і зменшує затримку.

Характерно, що збільшення розміру пакета за рахунок корисного навантаження веде до зменшення кількості пакетів, що передаються по мережі. Така залежність не покращує якість переданої мови, а навпаки – погіршує її. Втрата якості внаслідок збільшення розміру пакета найбільш суттєва при використанні низько швидкісних каналів зв’язку, табл. 2.3., проте і для високошвидкісних каналів прослідковується зростання часу затримки і збільшення рівня втрат пакетів у мережі. При цьому слід врахувати, що пакет більшого разміру несе більше змістовної інформації і його втрата відповідає значному зниженню якості відтворюваної на приймачі мови, рис. 2.3.

Для ефективного використання наявної смуги пропускання користуються стисненням даних при передаванні мови по пакетних мережах, при цьому якість

переданої інформації змінюється в залежності від обраного способу кодування. Однак, якщо розглянути структуру телефонної розмови, то виявиться, що в розмові є паузи, які виникають при очікуванні відповіді.

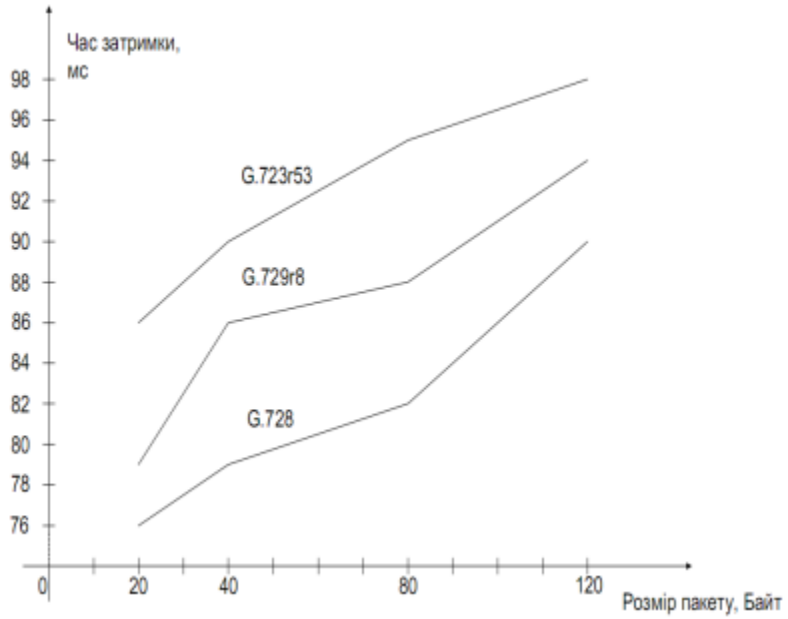

Рис. 2.3. Залежність часу затримки від розміру пакета

Найдоцільнішим і природним для системи IP-телефонії є вживання кодеків зі змінною швидкістю кодування мовного сигналу. В основі кодека мови зі змінною швидкістю лежить класифікатор вхідного сигналу, що визначає ступінь його інформативності і, таким чином, задаючий метод кодування і швидкість передавання мовних даних. Найпростішим класифікатором мовного сигналу є Voice Activity Detector (VAD), який виділяє у вихідному мовному сигналі активну мову і паузи. При цьому, фрагменти сигналу, що класифікуються як активна мова, кодуються будь-яким з відомих алгоритмів з типовою швидкістю 4…8 Кбіт/с. Фрагменти, класифіковані як паузи, кодуються і передаються з дуже низькою швидкістю (порядку 0,1…0,2 Кбіт/с), або не передаються взагалі. Схеми більш ефективних класифікаторів вхідного сигналу детальніше здійснюють класифікацію фрагментів, що відповідають активній мові [10]. Це дозволяє оптимізувати вибір стратегії кодування (швидкості передаваних даних), виділяючи для особливо відповідальних за якість мови ділянок мовного сигналу

більше число біт (відповідно велику швидкість), для менш відповідальних – менше біт (меншу швидкість). За такої побудови кодерів можуть бути досягнуті низькі середні швидкості (2…4 Кбіт/с) за високої якості мови, що синтезується.

З цією метою для голосового порту маршрутизатора Cisco AS-5300 використовується технологія VAD, що досліджує мову для визначення її потужності, зміни потужності, частоти і зміни частоти. В періоди мовчання механізм розсилки посилає повідомлення «початок періоду мовчання», протягом якого передавач передає слухачу лише комфортний шум. Протягом періоду мовчання передавач не посилає приймачу пусті пакети чи фрейми, внаслідок чого залишається більше місця для передавання заповнених пакетів.

Ефективність використання VAD має наглядний вигляд при завданні високого значення параметра періоду очікування в мс перед виявленням паузи і початком подавлення передачі голосових пакетів (діапазон можливих значень: 250…65536 байт). Середня кількість переданих пакетів, що припадають на кожні 100 секунд розмови показана на рис.2.4.

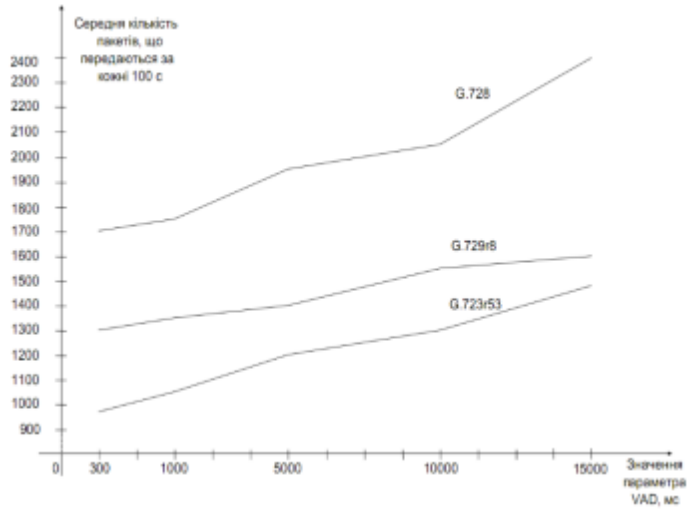

Рис.2.4. Ефективність використання технології виявлення і подавлення пауз

Затримка створює незручність при веденні діалогу, призводить до перекриття розмов і виникнення ехо. Ехо виникає у разі, коли відбитий мовний сигнал разом з сигналом від віддаленого кінця повертається знову у вухо того, що

говорить. Ехо стає важкою проблемою, коли затримка в петлі передачі більша, ніж 50 мс. Оскільки ехо є проблемою якості, системи з пакетною комутацією мови повинні мати можливість управляти ехо і використовувати ефективні методи эхоподавления.

Складність діалогу і перекриття розмов стають серйозним питанням якості, коли затримка в одному напрямі передачі перевищує 250 мс. Можна виділити наступні джерела затримки пакетної передачі мови з кінця в кінець:

Затримка накопичення (інколи називається алгоритмічною затримкою): ця затримка обумовлена необхідністю збору кадру мовних відліків, виконувана в мовному кодері. Величина затримки визначається типом мовного кодера і змінюється від невеликих величин (0,125 мкс) до декількох мілісекунд. Наприклад, стандартні мовні кодери мають наступну тривалість кадрів:

G.729 CS-ACELP (8 кбіт/с) - 10 мс

G.723.1 -Multi Rate Coder (5,3; 6,3 кбіт/с) - 30 мс.

Затримка обробки: процес кодування і збору закодованих відліків в пакети для передачі через пакетну мережу створює певні затримки. Затримка кодування або обробки залежить від часу роботи процесора і використовуваного типа алгоритму обробки. Для зменшення завантаження пакетної мережі звичайні декілька кадрів мовного кодера об'єднуються в один пакет. Наприклад, три кадра кодових слів G.729, відповідних 30 мс мови, можуть бути об'єднані для зменшення розміру одного пакету [14].

Мережева затримка: затримка, обумовлена фізичним середовищем і протоколами, використовуваними для передачі мовних даних, а також буферами, використовуваними для видалення джиттера пакетів на приймальному кінці. Мережева затримка залежить від ємкості мережі і процесів передачі пакетів в мережі.

Час затримки при передачі мовного сигналу можна віднести до одного з трьох рівнів:

- перший рівень до 200 мс - відмінна якість зв'язку. Для порівняння, в PSTN допустимі затримки до 150-200 мс;

- другий рівень до 400 мс - вважається хорошою якістю зв'язку. Але якщо порівнювати з якістю зв'язку по мережах ТМЗК, то різниця буде помітною. Якщо затримка постійно стримується на верхньому кордоні 2-го рівня (на 400 мс), то не рекомендується використовувати цей зв'язок для ділових переговорів;

- третій рівень до 700 мс - вважається прийнятною якістю зв'язку для ведення неділових переговорів. Така якість зв'язку можлива також при передачі пакетів по супутниковому зв'язку.

Якість інтернет-телефонії потрапляє під 2-3 рівні, причому неможливо впевнено сказати, що той або інший провайдер інтернет-телефонії працює по другому рівню, оскільки затримки в мережі Інтернет мінливі. Точніше можна сказати про провайдерів 1Р-телефонії, що працюють по виділених каналах. Вони потрапляють під 1-2 рівні. Також необхідно враховувати затримки при кодування/декодуванні голосового сигналу. Середні сумарні затримки при використанні IP-телефонії зазвичай знаходяться в межах 150-250 мс.

У мережі Інтернет затримки пакетів істотно залежать від часу. Крива цієї залежності має великий динамічний діапазон і швидкість зміни. Помітні зміни часу поширення можуть статися впродовж одного нетривалого сеансу зв'язку, а коливання часу передачі можуть бути в діапазоні від десятків до сотень мілісекунд і навіть перевищувати секунду.

Важливо відзначити той факт, що затримки в мережах з комутацією пакетів впливають не лише на якість передачі мовного трафіку в реальному часі. Не менше важливо і те, що дані затримки в певних ситуаціях можуть порушити правильність функціонування телефонної сигналізації в цифрових трактах E1/T1 на стику голосових шлюзів з устаткуванням комутованих телефонних мереж. Причиною цього можна назвати той факт, що набір рекомендацій H.323 у момент своєї появи в 1997 р. був орієнтований на мультимедійні застосування, що здійснюють аудіо- і відеоконференцзв'язок через мережі IP. Дане рішення дозволяло значно понизити вартість таких систем в порівнянні з їх аналогами, що працюють в мережах традиційної телефонії з комутацією каналів. В процесі виділення IP-телефонії в самостійний напрям і розвитку її до послуги

операторського рівня виникла необхідність з'єднання IP-шлюзів з телефонними станціями PSTN по цифрових трактах E1/T1. При цьому, шлюзи здійснюють взаємодію з цифровими АТС, використовуючи стандартні механізми телефонної сигналізації Q.931, інтерпретовані через команди H.225 і трансльовані в IP-мережі з використанням протоколу TCP. Згідно рекомендації Q.931, при встановленні телефонного з'єднання значення тимчасових затримок між фазами виконання команд сигналізації строго регламентовані. Проте, при інтерпретації в IP-шлюзах команд телефонної сигналізації Q.931 стеком H.225/TCP/IP, затримки, що виникли на шляху проходження сигналу, збільшують задані часові інтервали між командами Q.931, і в більшості випадків порушують цілісність функціонування даного протоколу. Хоча версія 2 набори рекомендацій H.323 у фазі 2 передбачає процедуру H.323v2 Fast Connect, прискорюючу обробку команд Q.931 стеком H.225/TCP, затримки IP-канала, особливо характерні для інфраструктури Інтернет, можуть свідомо перевищувати всі допустимі значення тимчасових інтервалів протоколу Q.931. Дану обставину можна розцінювати як ще один аргумент на користь використання виділених каналів при побудові мереж IP-телефонії [15].

Джиттер. Коли мова або дані розбиваються на пакети для передачі через IP-мережу, пакети часто прибувають в пункт призначення в різний час і в різній послідовності. Це створює розкид часу доставки пакетів (джиттер). Джиттер призодить до специфічних порушень передачі мови, чутних як тріски і клацання. Розрізняють три форми джиттера:

Джиттер, залежний від даних (Data Dependent Jitter - DDJ) - відбувається в разі обмеженої смуги пропускання або при порушеннях в мережевих компонентах.

Спотворення робочого циклу (Duty Cycle Distortion - DCD) - обумовлено затримкою поширення між передачею від низу до верху і зверху вниз.

Випадковий джиттер (Random Jitter - RJ) - є результатом теплового шуму.

На рис. 2.5 приведені гістограми джиттеру пакетів в локальній мережі і в мережі Інтернет з різними швидкостями роботи, що показують емпіричні

розподіли вірогідності затримок. На осі абсцис відкладена відносна затримка, що характеризує реальне положення пакету в послідовності на часовій осі по відношенню до ідеального в припущенні, що перший пакет прийшов без затримки.

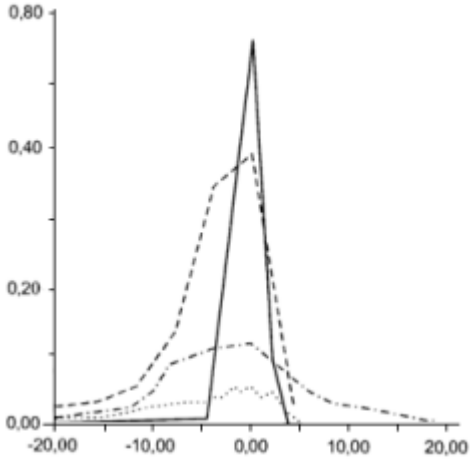

Рис. 2.5.Гістограма джиттеру пакетів

Величини виникаючих затримок і їх імовірності важливі для організації процедури обробки і вибору параметрів обробки. Зрозуміло, що часова структура мовного пакетного потоку змінюється. Виникає необхідність організації буферу для перетворення пакетної мови, обтяженої нестаціонарними затримками в каналі, можливими перестановками пакетів, в безперервний природний мовний сигнал реального часу. Параметри буферу визначаються компромісом між величиною запізнювання телефонного сигналу в режимі дуплексного зв'язку і відсотком втрачених пакетів. Втрата пакетів є іншим серйозним негативним явищем в IP-телефонії.

Втрата пакетів. Втрачені пакети в IP-телефонії порушують мову і створюють спотворення тембру. У існуючих IP-мережах всі голосові кадри обробляються як дані. При пікових навантаженнях і перевантаженнях голосові кадри відкидатимуться, як і кадри даних. Проте кадри даних не пов'язані з часом і відкинуті пакети можуть бути успішно передані шляхом повторення. Втрата голосових пакетів, у свою чергу, не може бути заповнена в такий спосіб і в

результаті станеться неповна передача інформації. Передбачається, що втрата до 5% пакетів непомітна, а понад 10-15% - неприпустима. Причому дані величини істотно залежать від алгоритмів компресії/декомпресії.

На рис. 2.6 представлені гістограми втрат пакетів. По осі абсцис відкладено число підряд втрачених пакетів [16]. Аналіз гістограми показує, що найбільш вірогідні втрати одного, два і трьох пакетів. Втрати великих пачок пакетів рідкі.

Істотно, що втрата великої групи пакетів наводить до безповоротних локальних спотворень мови, тоді як втрати одного, двох, трьох пакетів можна намагатися компенсувати.

Інтуїтивно ясно, що з підвищенням трафіку зростають затримки і втрати в телефонному каналі. В умовах обмежених пропускних спроможностей це виявляється не лише при інтегральному збільшенні завантаження каналів, наприклад, в години найбільшого навантаження, але і при збільшенні потоку локального джерела інформації.

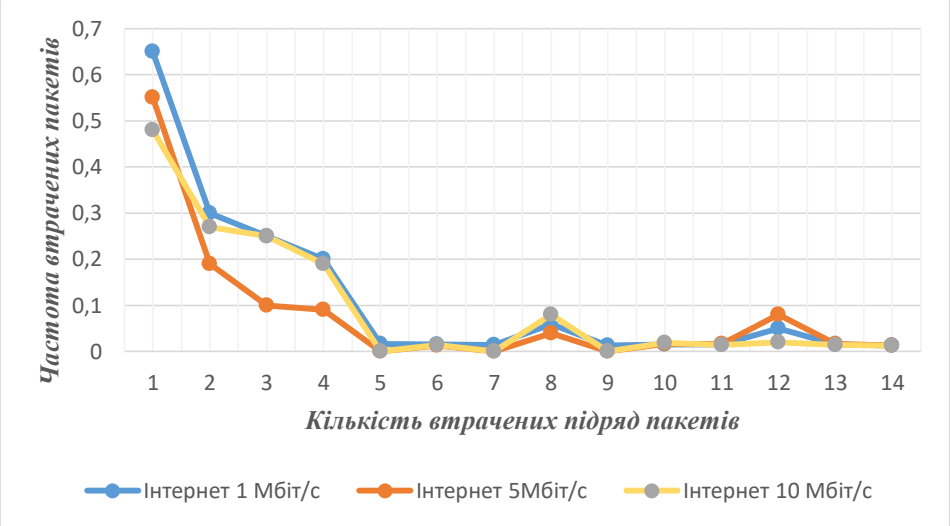

Рис.2.6. Гістограма втрат пакетів

Криві графіків рис. 2.6 побудовані для різних швидкостей передачі інформації, переконливо свідчать про необхідність використання як можна нижчих швидкостей передачі мовної інформації при природній вимозі забезпечення бажаної якості телефонного зв'язку.

2.3 Забезпечення якості IP-телефонії

Забезпечення якості IP-телефонії на базі протоколу RSVP. Одним із засобів забезпечення якості IP-телефонії і особливо інтернет-телефонії є використання протоколу резервування ресурсів (Resource Reservation Protocol, RSVP), рекомендованого комітетом IETF. За допомогою PSVP мультимедіа-програми можуть вимагати спеціальної якості обслуговування (specific quality of service, QOS) за допомогою будь-якого з існуючих мережевих протоколів - головним чином IP, хоча можливо використовувати і UDP - щоб забезпечити якісну передачу відео- і аудіосигналів. Протокол RSVP передбачає гарантоване QOS завдяки тому, що через кожен комп'ютер, або вузол, який зв'язує між собою учасників телефонної розмови, може передаватися певна кількість даних.

Протокол RSVP призначений лише для резервування частини пропускної спроможності. Використовуючи RSVP, відправник періодично інформує одержувача про вільну кількість ресурсів повідомленням RSVP Path. Транзитні маршрутизатори у міру проходження цього повідомлення також аналізують кількість вільних ресурсів, що є у них, і підтверджують його відповідним повідомленням RSVP Resv, передаваним у зворотному напрямі. Якщо ресурсів вистачає, то відправник починає передачу. Якщо ресурсів не вистачає, одержувач повинен понизити вимоги або припинити передачу інформації.

Одна з цікавих особливостей RSVP полягає в тому, що запити на резервування ресурсів прямують лише від одержувачів даних відправникам, а не навпаки. Такий підхід обумовлений тим, що лише пристрій-одержувач знає, з якою швидкістю він повинен отримувати дані, аби надійно декодувати аудіо- або відеосигнали. Інша унікальна особливість RSVP полягає в тому, що резервування виробляється лише для одного напряму. Крім того, RSVP не допускає змішування аудіо- і відеосигналів на зарезервованому каналі.

Коли RSVP-програми закінчать сеанс зв'язку, вони повинні викликати функцію відміни, передбачену цим протоколом. Відміна анулює всі запити на ресурси, зроблені програмою, і дозволяє іншим прикладним програмам

використовувати комунікаційні можливості Internet. Якщо програмі не вдається виконати відміну, то передбачені протоколом засоби після закінчення деякого проміжку часу виявлять це і автоматично відмінять запит на ресурси.

Недоліком протоколу RSVP є те, що смуга пропускання, що виділяється джерелу інформації, при зниженні активності джерела не може бути використана для передачі іншої інформації. Оскільки для реалізації QOS протокол RSVP вимагає резервування ресурсів або каналів зв'язку, недбалі або безвідповідальні користувачі можуть захопити ресурси мережі, ініціюючи декілька сеансів QOS підряд. Як тільки канал зарезервований, він стає недоступним для інших користувачів, навіть якщо той, хто його зажадав, нічого не передає. На жаль, в RSVP відсутній чіткий механізм запобігання подібним ситуаціям, і вирішення цієї проблеми покладається на мережевих адміністраторів. Вочевидь, що необхідно передбачити суворіший контроль, аби RSVP мав успіх.

Як альтернатива цьому способу може використовуватися алгоритм управління потоками на основі системи пріоритетів [4,8].

Зважаючи на залежність RSVP від сумісності проміжних вузлів - в більшості випадків маршрутизаторів - це спричиняє за собою неминучі проблеми, зокрема, в глобальних мережах. Якщо який-небудь маршрутизатор досяг межі своїх можливостей, коли він не може гарантувати запитаний рівень QOS, все подальші запити ігноруватимуться і віддалятимуться. При відмові лише одного вузла обслуговувати запит вся струнка система RSVP розпадається на частини.

RSVP має вельми хороші перспективи на корпоративному рівні, де адміністратор має можливість визначити, які параметри маршрутизатор використовуватиме для обслуговування запитів про надання QOS. У глобальних мережах маршрутизатори зовсім не обов'язково знаходяться під тією ж юрисдикцією, що і хости і додатки, які виробляють запити, що ускладнює гарантування QOS.

Забезпечення якості IP-телефонії на базі протоколів RTP і RTCP. Для зменшення значень джиттеру і затримок на мережевому рівні застосовуються ті механізми, що гарантують користувачеві заданий рівень якості - RSVP, MPLS,

Diff-Serv, ATM і ін. Вони покращують якість послуг, що надаються мережею, але не можуть повністю усунути утворення черг в мережевих пристроях, а, отже, і зовсім прибрати джиттер. Компенсувати його негативний вплив дозволяє розроблений IETF протокол прикладного рівня RTP (Real-time Transport Protocol), який використовується технологіями H.323 і SIP.

Протокол RTP (RFC 1889) призначений для доставки чутливій до затримок інформації з використанням мережевих служб одноадресної або групової розсилки. Він не має власних механізмів, що гарантують своєчасну доставку пакетів або інші параметри якості послуг, - це здійснюють протоколи, що пролягають нижче. Він навіть не забезпечує всі ті функції, які зазвичай надають транспортні протоколи, зокрема, функції по виправленню помилок або управлінню потоком. Зазвичай RTP працює поверх UDP і використовує його служби, але може функціонувати і поверх інших транспортних протоколів.

Служба RTP передбачає вказання типу корисного навантаження і послідовного номера пакету в потоці, а також вживання часових міток. Відправник позначає кожен RTP-пакет міткою, а одержувач видобуває її і обчислює сумарну затримку. Різниця в затримці пакетів дозволяє визначити джиттер і пом'якшити його вплив - всі пакети видаватимуться додатку з однаковою затримкою.

Таким чином, головна особливість RTP - це обчислення середньої затримки деякого набору прийнятих пакетів і видача їх призначеному для користувача застосуванню з постійною затримкою, рівною цьому середньому значенню. Проте слід мати на увазі, що тимчасова мітка RTP відповідає моменту кодування першого дискретного сигналу пакету. Тому, якщо RTP -пакет, наприклад, з відеоінформацією, розбивається на декілька пакетів рівня, що пролягає нижче, то тимчасова мітка вже не відповідатиме дійсному часу їх передачі, оскільки вони перед передачею можуть бути організовані в чергу.

Ще одна перевага RTP полягає в тому, що його можна використовувати з RSVP для передачі синхронізованої мультимедіа інформації з певним рівнем якості обслуговування. Крім того, розмови передаються по мережі Internet в

незашифрованому вигляді. Тому будь-який вузол, що знаходиться на шляху дотримання даних, може підключитися до цієї лінії і прослухати вашу розмову. Аби вирішити цю проблему, в RTP пропонується механізм, що до деякої міри забезпечує захист від несанкціонованого доступу і конфіденційність. Ці засоби досить ненадійні і можуть розглядатися лише як тимчасове вирішення проблеми - доки протоколи, поверх яких працює RTP, не матимуть в своєму розпорядженні розвинених механізмів безпеки даних [3].

Можливості RTP можна розширити, об'єднавши його з ще одним протоколом IETF, а саме з протоколом управління передачею в реальному часі (Real-time Transport Control Protocol, RTCP). За допомогою RTCP контролюється доставка RTP-пакетов і забезпечується зворотний зв'язку’язок з передаючою стороною та іншими учасниками сеансу. RTCP періодично розсилає свої управляючі пакети, використовуючи той самий механізм розподілення, котрий використовується і для RTP-пакетів з користувацькою інформацією.

Основною функцією RTCP є рганізація зворотного зв'язку з додатком для звіту в якості отримуваної інформації. RTCP передає дані (як від приймача, так і від відправника) про кількість переданих та загублених пакетів, значення джіттера, затримки і т.д. Ця інформація може бути використана відправником для зміни параметрів передачі, наприклад, для зменшення коефіцієнту стискання інформації з метою покращення якості її передачі. RTCP також передбачає ідентифікацію користувачів-учасників сеансу.

При всіх свої перевагах протокол RTP не досить досконалий. Наприклад, протокол ніяк не здатен вплинути на затримку в мережі, але він допомагає скоротити дрижання звуку при його озвучення при наявності затримок. Крім того, хоч пакети UDP отримують порядкові номери, при цьому приймальна станція може встановити факт втрати пакетів, RTP не приймає ніяких заходів для поновлення втрачених пакетів.

Один із способів розширення можливостей RTP є використання його разом з протоколом RSVP, який офіційно не входить в комплект протоколів H.323, але підтримується багатьма додатками реального часу.

Забезпечення якості IP-телефонії на базі диференційного обслуговування. Ще одна технологія забезпечення QOS розроблена робочою групою IETF по диференційованому обслуговуванню (Differentiated Services, DiffServ). Ця група виділилася з робочої групи по інтегрованому обслуговуванню (Integrated Services, IntServ), завдання якої полягає в розробці стандартів для підтримки трафіку Internet реального часу.

Робота, що проводиться в рамках IntServ відображає деякі з особливостей концепції RSVP. Інтегроване обслуговування передбачає сигналізацію з кінця в кінець і насправді використовує RSVP між відправниками і одержувачами.

IntServ визначає три класи обслуговування для IP-мереж:

- в міру можливості - те, що зараз пропонує Internet;

- з контрольованою завантаженістю - додаток отримує той рівень обслуговування, який він мав би у слабко завантаженій мережі;

- з гарантованим обслуговуванням - необхідна пропускна спроможність протягом всього сеансу надається з гарантією на параметри якості обслуговування.

Як і RSVP, інтегроване обслуговування має проблеми з масштабуванням, тому дана технологія навряд чи проб'ється за межі корпоративних мереж. І, як було відмічено, RSVP передбачає значні накладні витрати, оскільки кожен вузол впродовж шляху слідування пакетів повинен погодитися надати запрошену якість послуг [5].

Диференційоване обслуговування пропонує більш простий і масштабований метод QOS для додатків реального часу. Одним з ключових моментів в роботі над DiffServ є перевизначення 8-бітового поля «Тип сервісу» в заголовку IPv4. Назване «Диференційованим обслуговуванням» (DS), це поле може містити інформацію, на підставі якої вузли вздовж маршруту визначають, як їм слід обробляти пакети і передавати їх наступному маршрутизатору.

В даний час лише 6 з 8 біт в полі DS були визначені, і лише одне призначення було стандартизовано. Це призначення відоме як прийняте за замовчуванням - Default (DE) - і воно визначає клас обслуговування в міру

можливості. Інше передбачуване призначення, термінова відправка (Expedited Forwarding, EF), повинні забезпечити скорочення затримок і втрат пакетів.

Під час вступу трафіку в мережу краєвий маршрутизатор класифікує графік відповідно до інформації, що міститься в полі DS. Він передає наступним за ним маршрутизаторам цю інформацію, на підставі якої вони дізнаються, яким чином обробляти даний конкретний потік.

DiffServ, крім того, скорочує службовий трафік в порівнянні з RSVP і IntServ, що спираються на сигналізацію з кінця в кінець. DiffServ класифікує потоки відповідно до зумовлених правил і потім об'єднує однотипні потоки. Подібний механізм робить DiffServ набагато більш масштабованим, ніж його попередника IntServ. Весь трафік з однаковими мітками розглядається однаковим чином, тому реалізація DiffServ в мережі крупного підприємства або по каналах глобальної мережі виявляється реальнішим завданням.

Як можна здогадатися, переваги DiffServ не можна отримати автоматично. Маршрутизатори повинні розуміти «мічені потоки» і вміти відповідним чином реагувати на них. Це вимагатиме модернізації мікропрограмного забезпечення маршрутизаторів.

Забезпечення якості IP-телефонії на базі MPLS. Конкурентом DiffServ на роль протоколу для забезпечення QOS є інший проект IETF під назвою «Багатопротокольна комутація міток» (Multiprotocol Label Switching, MPLS).

При IP-комутації вузол аналізує перші декілька пакетів трафіку, що надходить, і, в разі короткої посилки, наприклад запиту DNS або SNMP, обробляє їх як звичайний маршрутизатор. Але якщо вузол ідентифікує тривалий потік - від трафіку telnet або ftp до завантаження файлів через Web і мультимедійні застосування, то IP-комутатор перемикається на структуру ATM, що пролягає нижче, і застосовує скрізну комутацію для швидкої доставки даних адресатові.

IP-комутація підтримує різні рівні QOS і може використовувати ATM, що має багаточисельні вбудовані засоби підтримки QOS, і RSVP.

Конкуренцію IP-комутації склала тег-комутація. Як видно з назви, дана технологія передбачає приєднання до пакетів міток для інформування

комутаторів і маршрутизаторів про природу трафіку. Не заглиблюючись в аналіз пакету, пристрої просто прочитують мітку в заголовку для визначення відповідного маршруту потоку трафіку. Якщо DiffServ задіює заголовок DS, вже наявний в пакетах IPv4, то MPLS використовує 32-розрядну інформаційну мітку, що додається до кожного IP-пакету. Ця мітка, що додається при вході в мережу з підтримкою MPLS, повідомляє кожен маршрутизатор уздовж шляху доставки, як треба обробляти пакет. Зокрема, вона містить інформацію про потрібний для даного пакету рівень QOS [14].

На відміну від поля DS, мітка MPLS спочатку не є частиною пакету IP. Вона додається під час вступу пакету в мережу і видаляється при виході пакету з мережі MPLS.

У звичайній ситуації маршрутизатори аналізують заголовок пакету для визначення його адресата. З огляду на те, що такий аналіз проводиться на кожному транзитному вузлі незалежно, передбачити, яким маршрутом слідуватиме пакет, практично неможливо, тому забезпечення гарантованого рівня QOS виявляється неймовірно складним завданням.

При використанні міток MPLS маршрутизатор або комутатор може привласнити мітки записам зі своїх таблиць маршрутизації і у вигляді міток передати інформацію про маршрутизацію конкретним маршрутизаторам і комутаторам. Прочитавши мітку, кожен комутатор або маршрутизатор дізнається інформацію про наступного адресата на шляху, не аналізуючи заголовок пакету. Це економить час і ресурси ЦПУ. Пакети з мітками MPLS можуть передаватися від відправника до одержувача без затримок на обробку, причому всі проміжні вузли знають, як потрібно обробляти кожен пакет.

По суті, MPLS привносить комутацію каналів, яку ми маємо в ATM, в світ пакетних мереж, пов'язаних з IP. На практиці MPLS можна використовувати для доставки IP-трафіку по мережах IP.

Слід зазначити, що DiffServ функціонує на третьому рівні, а MPLS - на другому, тому з технічної точки зору обидві технології можуть мирно існувати одна з одною. Як уже згадувалося, DiffServ класифікує пакети при їх вступі на

кінцевий маршрутизатор, тому даний стандарт, швидше за все, використовуватиметься на кордоні мережі, наприклад, між компанією і її сервіс-провайдером.

А з огляду на те, що MPLS передбачає включення додаткових міток і використання маршрутизаторів/комутаторів, здатних інтерпретувати дану інформацію, він, ймовірно, знайде вживання винятково усередині корпоративних мереж або базової мережі оператора, де потрібний високий рівень QOS для IP-трафіку.

Якщо DiffServ вимагає деякого налаштування мережевих маршрутизаторів, то MPLS передбачає серйознішу модернізацію, аби маршрутизатори могли читати мітки і направляти пакети по конкретних маршрутах.

В даний час DiffServ користується ширшою увагою, і він ближче до остаточної стандартизації, ніж MPLS. Кожна з технологій має свої переваги в конкретних областях мережі, тому постачальники, підтримуватимуть їх обидві.

3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕЛЕФОННОЇ МЕРЕЖІ IP-ТЕЛЕФОНІЇ

3.1 Аналіз мережі підприємства ТОВ "UARCOM"

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, які вимагають обґрунтованого і найбільш раціонального рішення.

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

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

ТОВ "UARCOM" складається з двох адміністративних будівель, які з'єднані мережею стандарту Ethernet з метою автоматизації збору даних і удалѐнного управління експериментальними комплексами. Слід зазначити, що, незважаючи на герметизацію раз'ѐмов високочастотного кабелю, через великий перепад температур всередині і поза приміщенням в кабелі всѐ ж відбувається конденсація вологи з боку приміщення, через що кожні два-три роки його доводиться міняти.

Телефонна мережа ТОВ "UARCOM" 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 (CO) лініях міні-АТС. Ці ж пристрої використовувалися і для підключення телефонних апаратів на полігоні, і в точці розташування ретранслятора. У точці ретрансляції до адаптера IP-телефонії 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

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

Кілька років тому оператор телефонної мережі та Інтернет-провайдер ПАТ "Укртелеком" 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 корпусами. У зв'язку з цим було прийнято рішення про модернізацію мережі IP-телефонії філії.

Проведемо опис остаточного варіанту, який відпрацьовувався в лабораторних умовах і буде реалізований найближчим часом.

Модернізація мережі включає чотири елементи:

- сумісне використання H.323 на SIP;

- заміна обладнання.

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

Організація зв'язку з корпоративною мережею ТОВ "UARCOM" і ПАТ "Укртелеком".

Сумісне використання протоколів H.323 і SIP обумовлений, в основному, прагненням до уніфікації використовуваних протоколів, програмних і апаратних засобів всередині корпоративної мережі ТОВ "UARCOM".

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

Мережа ТОВ "UARCOM" має три маршрутизованих сегмента: ЛВС технічного корпусу, радіомережа і ЛВС полігону. 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 рівнозначно наборі функціональних можливостей і порівнянних цінах перевага була віддана шлюзів 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 у використанні H.323 (AquaGatekeeper) не викликала нарікань, всѐ ж надійність цього елемента пов'язана з апаратної 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 полігоном 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 "UARCOM" використовується трьохзначний 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 ... - ТОВ "UARCOM"**)** 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 "UARCOM" з маршрутизацією за найменшою вартістю.

Організація зв'язку з корпоративною телефонною мережею ТОВ "UARCOM" і, в першу чергу, з мережею інституту, приносить 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 звільнилися СО-лініях міні-АТС. При цьому з'єднання при дзвінку з мережі інституту на будь-який номер мережі буде виконуватися в одну стадію - по внутрішньому номером ТОВ "UARCOM". Це досягається перетворенням номера перед його відправкою в міні-АТС. Набір номера мережі ТОВ "UARCOM" з міні-АТС проводиться з префіксом «8» і маршрутизируется механізмом ARS.

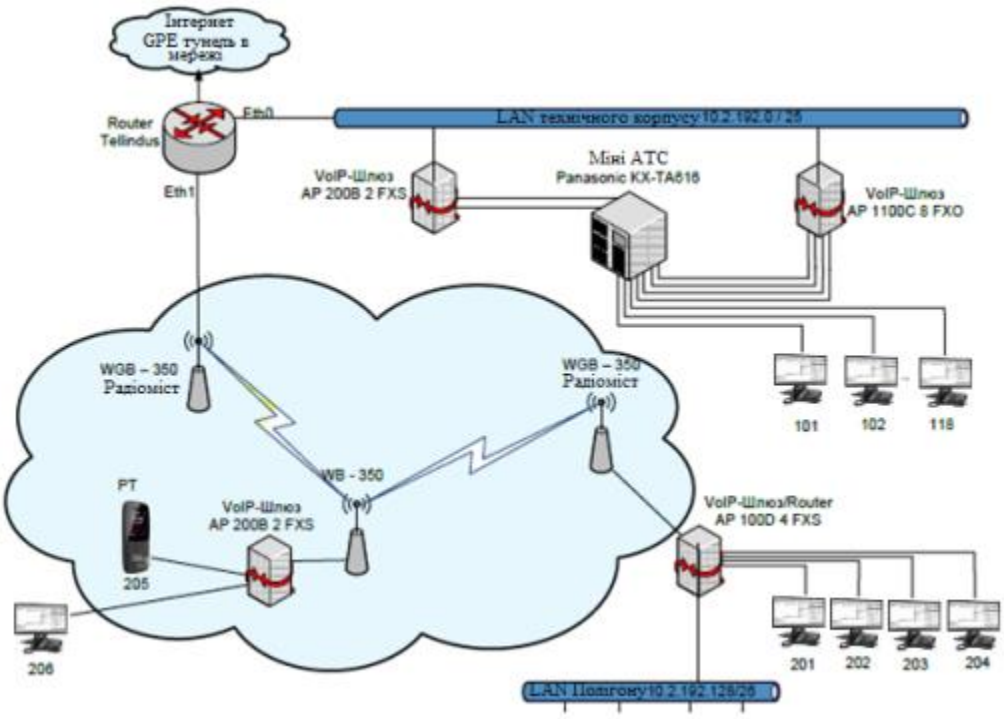

Рис. 3.2. Схема організації телефонної мережі

3.2 Особливості комутація VoIP 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 медіашлюзи 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. Окрім цього, медіашлюзи 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 теки 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 і т.д.

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, що працює в мережі TDM (ТМЗК), і мережею VoIP реалізований транспортний шлюз (Media GateWay - MGW).

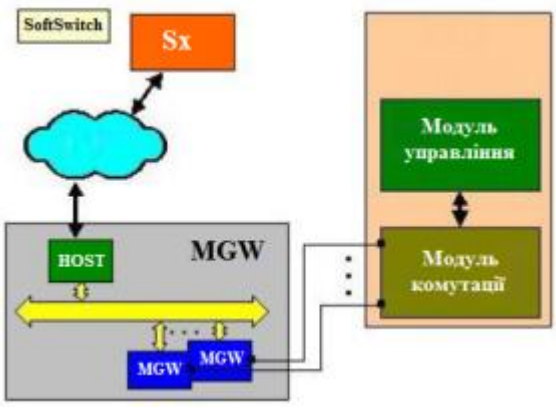

Рис. 3.3. Структурна схема системи Магелан

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 будь-АТС, яка має в своєму складі модуль управління. Шлюз є нарощувати, крок збільшення - 60 ліній (1 плата).

Очевидним рішенням для випадку корпоративної телефонної мережі ТОВ "UARCOM" і ПАТ "Укртелеком", є реалізація медіашлюзи на стороні оператора, так як 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.

3.3 Комутація з корпоративної телефонною мережею

На ділянці сполучення телефонної мережі ТОВ "UARCOM" і ПАТ "Укртелеком" 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 ПО, 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;
- терминирование і ре-ініціювання сигналізації і мовного тракту.

Шлюзом підтримуються наступні типи з'єднань:

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

У корпоративної мережі ТОВ "UARCOM" шлюз IP-IP працює на прикордонному маршрутизаторі Cisco 2851. У процесі налагодження були отримані різні результати при роботі з трьома іншими науковими центрами ПАТ "Укртелеком":

- 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 підприємства

Аналіз обладнання проводився на базі існуючої мережі передачі даних ТОВ "UARCOM" і ПАТ "Укртелеком", побудованої на базі технології Ethernet, і корпоративної телефонної мережі ТОВ "UARCOM", побудованої за технологією TDM, що дозволило перевірити сумісність всього бере участь в тестуванні устаткування, включаючи різні VoIP-шлюзи.

Для аналізу було відібрано обладнання, надане компанією «Вимк-Оптик», м.Москва. В результаті аналізу пропозиції на ринку IP-телефонії та наявного у постачальника, було відібрано сім моделей телефонів, три VoIP / FXO-шлюзу і два FXS-шлюзу, різних виробників.

З асортименту постачальника були відібрані наступні моделі найбільш задовольняють вище перерахованим критеріям: Astra 480i, Grandstream BT-200, Grandstream GXP-2000, Snom 320, Snom 360, Thomson ST2030 і Planet VIP-153T.

Для використання в корпоративній мережі з централізованою службою технічної підтримки 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 не тієї або іншої лінійці обладнання, дуже бажано ознайомитися з обладнанням на практиці.

Проводилося тестування було обмеженим і переслідувало такі цілі:

- перевірка сумісності IP-телефонів з SIP-сервером SER (Open SER), програмної АТС Asterisk, і між собою;

- оцінка якості звуку при розмові через трубку, гучномовець і при конференц-дзвінки;

- 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.

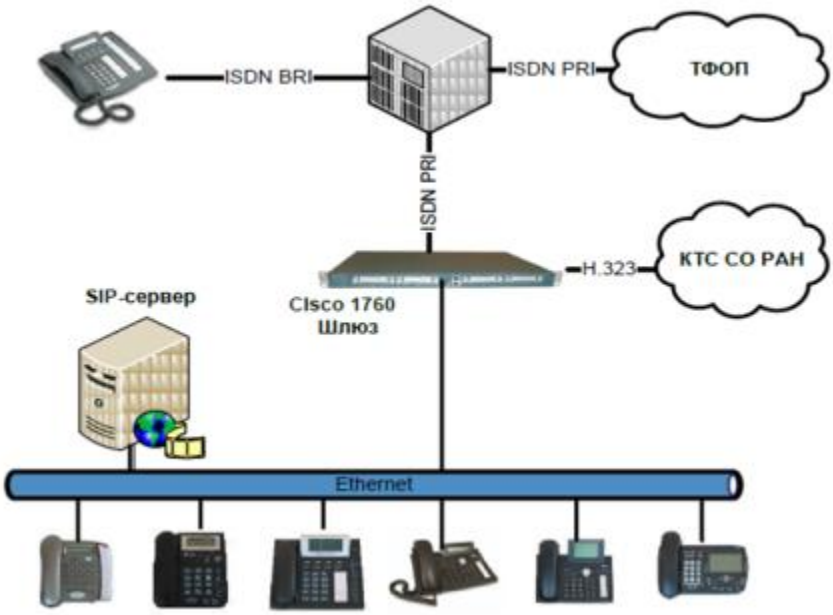

Рис. 3.4. Схема тестування IP-телефонів

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 оцінювалося при використанні кодеків G.711 / A-law і G.729.

Напрямок викликів:

- телефон -> сервер -> телефон;

- телефон -> сервер -> Cisco GW -> УПАТС Definity -> -> Цифровий телефон і назад;

- телефон -> сервер -> Cisco GW -> УПАТС Definity -> -> ТМЗК і назад;

- SIP-телефон -> SIP-сервер -> Cisco GW -> Канал передачі даних СПД ПАТ "Укртелеком" -> УПАТС Definity -> Цифровий телефон і назад.

За результатами тестування можна виділити наступні моменти: найбільш успішні, з точки зору тестування, виявилися телефони виробників Astra і Snom. У цих моделях найбільш повно і зручно реалізовані всі функцій, заявлені в супровідній документації. Необхідно відзначити, що ці продукти є найдорожчими з усіх тестованих. Область застосування цих телефонів може бути найрізноманітнішою, від ділових переговорів, коли якість зв'язку має бути на високому рівні, до операторів зв'язку, коли навантаження для телефону велика. Для секретаря найбільш ергономічними є телефони фірми Snom.

Обгрунтування вибору моделей IP шлюзів вироблялося за кількома критеріями:

- наявність у постачальника;

- мінімальна кількість портів FXO;

- підтримка протоколу H.323 та SIP;

- підтримка передачі факсів.

Цілі тестування складалися в перевірці:

- сумісності з сервером OpenSER і IP-АТС Asterisk;

- 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 GXW-4108v, AudioCodes MP-108 / FXO і Addpac VoiceFinder AP-200D / FXO. Схема тестування показана на рис. 5.

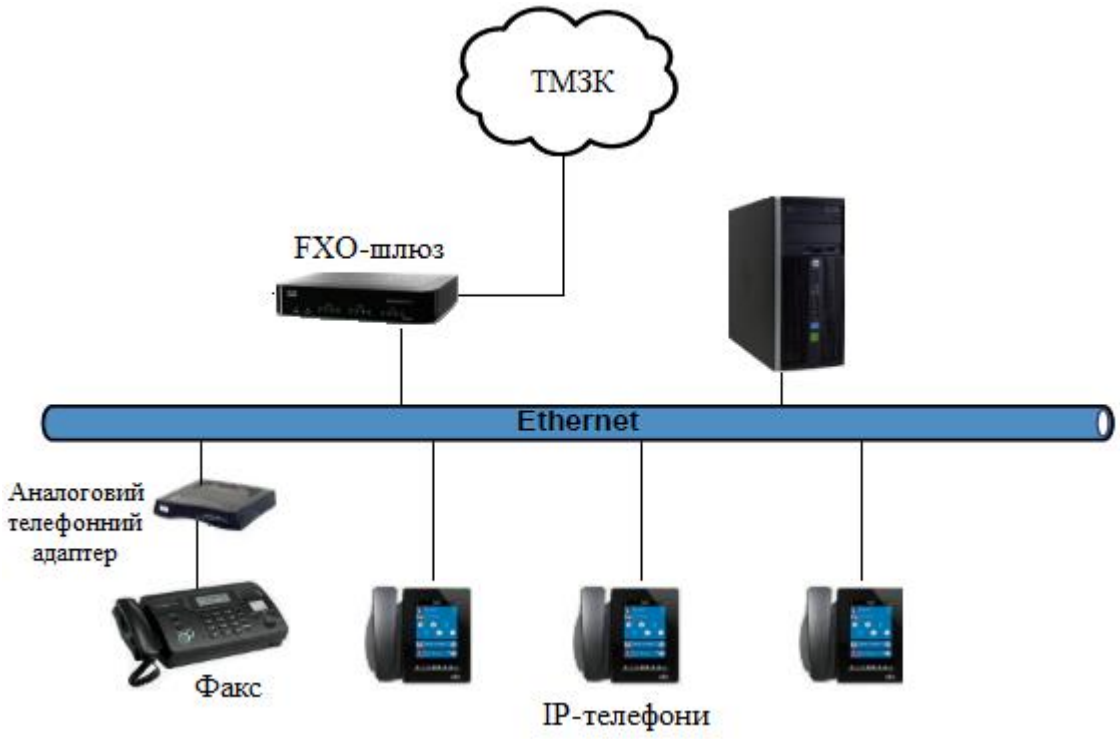

Рис. 3.5. Схема тестування VoIP-шлюзів

Технічні характеристики для всіх FXO-шлюзів майже однакові, відмінність становить кількість портів і деяка апаратна модифікація параметри, тому наведені в таблиці 3 характеристики, одного з них - AudioCodes MP-108 / FXO, зовнішній вигляд пристрою показано на рис.3.6. Більш детальну інформацію можна знайти в джерелах [15, 16, 17].

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.

Рис. 3.6.AudioCodes MP-108/FXO

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

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.

Таблиця 3.1.

Технічні характеристики AudioCodes MP-108/FXO

Інтерфейси	
Колосовий інтерфейс	8 x RJ11
Мережевий інтерфейс	10/100 BaseT RJ45 (здвоєний з резервуванням для MP-124 FXS)
Індикатори	Індикатори стану і активності каналу
Протоколи VoIP	
можливості VoP	Придушення exo (G.168-2000), VAD, CNG, динамічний програмований буфер (jitter buffer), визначення підключення модему
Кодеки	G.711, G.723.1, G.726, G.727, G.729a, NetCoder 6,4-9,6 kbps
Факс поверх IP	T.38, 14.4 Кб / с с автоматичним поверненням в ТМЗК при неможливості передачі по IP
Сишгалізація	
Сишгалізація	FXS, FXO loop-start
Внутріканальная сигналізація	DTMF (TIA 464B), MFR1, MFR2, AC15, SS4, SS5

Продовження таблиці 3.1.

Технічні характеристики AudioCodes MP-108/FXO

Підтримка протоколів	MGCP (RFC 2705), H.323v4, MEGACO (H.248), SIP (RFC 3261), AudioCodesVoIP Library API
Обслуговування та управління	- BootP, DHCP і TFTP - Віддалене управління за допомогою WEB інтерфейсу - Система управління елементами EMS - Підтримка SysLOG
Фізичні характеристики	
Електроживлення	90-260V AC 47-63 Hz 36-72V DC
Розмір	44x445x269 mm
Монтаж	Настінний, настільний

Audiocodes MP-114/FXS - 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. 8. Схема установки моделі MP-114/FXS гранично проста - через вбудовані чотири порти RJ11, до VoIP-шлюзу підключаються аналогові пристрою, які необхідно зареєструвати на IP-АТС, а сам шлюз підключається до локальної обчислювальної мережі компанії за допомогою Ethernet-порти 10/100 Мбіт/с.

Рис.

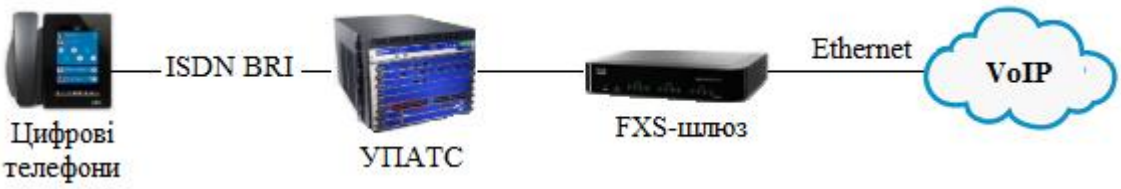

Рис.3.7. Схема тестування шлюзів FXS

Потім, для кожного телефонного апарату необхідно завести обліковий запис на IP-АТС і в зручному Web-інтерфейсі налаштувати сам шлюз MP-114 / FXS.

Порт FXS (Foreign Exchange Subscriber) знаходиться на АТС, создаѐт 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.

Рис. 3.8. VoIP-шлюз Audiocodes MP-114 / 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 складає тип інтерфейсу і деякі апаратні модифікації. Технічні характеристик і мережеві можливості Addpac 200B/FXS [8].

Для сумісності VoIP-шлюзів з існуючої SIP-мережею проведено 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:

- VoIP-мережу -> аналоговий телефон;

- аналоговий телефон -> IP-телефон.

Тестування адаптерів для VoIP-телефонії дало наступні результати:

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

Було протестовано наступне обладнання: Cisco ATA 186, Mediatrix 1102.Схема тестування наведена на рис. 3.9

Рис. 3.9. Схема тестування адаптерів VoIP-телефонії

Факс та аналогові телефони підключаються до FXS- портам адаптера.

Який після обробки надійшли сигналів перенаправляє їх на вбудований порт Ethernet. Ті, що прийшли з боку VoIP-мережі виклики проходять по зворотного ланцюжку інтерфейс-FXS.

Cisco ATA 186-аналоговий телефонний адаптер. Дозволяє підключити два звичайних аналогових телефону або факсу до корпоративної мережі IP-телефонії.

Цей адаптер має два телефонних порту, кожен зі своїм власним незалежним номером телефону.

Підтримує автоматичне привласнення IP адрес за протоколом DHCP.

Конфігурація пристрою може бути проведена через вбудований Web інтерфейс, також є голосове меню (IVR, Interactive Voice Response) для налаштування пристрою через підключений аналоговий телефон до першого порту адаптера.

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

У Mediatrix є вбудований комутатор мережевого рівня, який дозволяє додатково підключати будь LAN пристрій (наприклад, персональний комп'ютер) до мережі IP.

Рис. 3.10. Зовнішній вигляд Mediatrix

Шлюз підтримує всі необхідні види телефонної сигналізації, встановлення з'єднання можливо за протоколами MCE-T (ITU-T) H.323, MGCP, SIP. Використовується набір голосових кодеків G.711 (a-law, u-law), G.723.1, G.729a і відлуння G.168. Підтримує передачу факсу поверх IP (Fax over IP, FoIP), включаючи протокол T.38. Управління шлюзом здійснюється по протоколу SNMP.

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

Тестовані телефонні адаптери сумісні з існуючою КТС.

Перевірка базових функцій адаптерів таких як передача ідентифікатора користувача (Caller ID) і переклад дзвінка (Transfer) були проведені з успішним результатом за двома напрямками:

- VoIP-мережу -> аналоговий телефон;

- аналоговий телефон -> IP-телефон.

Передача факсимільних повідомлень проводилася в двох режимах: з використанням протоколу передачі факсів T.38 і в «прозорому», з використанням кодека G.711/A-law. В обох випадках передача факсів працювала надійно.

Cisco ATA 186 і Mediatrix 1102 рекомендовані для впровадження в телефонну мережу ТОВ "UARCOM" і ПАТ "Укртелеком".

ВИСНОВКИ

На сьогодні практично неможливо уявити здійснення успішної роботи будь-якої компанії при відсутності локальної мережі. Великі компанії організовують свої мережі, які знаходяться в декількох корпусах або навіть в місцевостях. Кількість IP-користувачів швидко зростає, і цілком природним є бажання розширити можливості IP-мереж, використовуючи їх поряд з передачею даних також для інтерактивних відеоконференцій, передачі потоків голосової інформації та для інших додатків реального часу. IP-телефонія пропонує спосіб розширення сфер телекомунікаційних послуг, що дозволяє здійснювати взаємодію всіх посадових осіб, незалежно від того, чи працюють вони в межах одного комутаційного поля чи знаходяться на відстані сотень кілометрів. IP-телефонія дозволяє здійснювати голосові телекомунікації по мережі передачі даних з використанням IP мереж.

У бакалаврській роботі для виконання першого задання проаналізовано модель побудови мереж з IP-телефонією, можливі види з'єднання та виконано аналіз основних протоколів управління викликами а саме: SIP, H.323, MGCP, H.248, для здійснення питань глобальної доступності, економії, практичності, надійності, зручності. Розглянуто структуру, архітектуру та реалізацію мереж з IP-телефонією. Вона може бути реалізована тільки за допомогою механізмів пакетної передачі та технології програмної комутації – основних елементів нової мультисервісної мережі.

У другому розділі виконано дослідження показники якості IP-телефонії та фактори, що впливають на якість IP-телефонії. Досліджено шляхи та методи забезпечення якості IP-телефонії. В результаті проведеного аналізу в першому та другому розділах, у практичній частині проаналізовано використання обладнання для організації IP-телефонії та було розглянуто особливості побудови корпоративної телефонної мережі на базі підприємства. Проведений аналіз щодо забезпечення якості обслуговування в мережі. Так само були протестовані різні моделі абонентських терміналів.