

УДК 681.2

**Дзюбінська Наталія Олександрівна,**  
студент групи ЗТЛЛв-71кц, Львівський ННВЦ  
**Опотяк Юрій Володимирович,**  
канд. техн. наук, доц. каф. Інформаційних технологій  
науковий керівник - **Балашов Віталій Олександрович,**  
докт. техн. наук, зав. каф. Телекомунікаційних систем  
Одеської національної академії зв'язку ім. О.С. Попова

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПОБУДОВИ КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ ІР-ТЕЛЕФОНІЇ КОНЦЕРНУ РРТ**

**Анотація.** У статті досліджено шляхи і технології побудови мереж ІР-телефонії. Проаналізовано наявні сучасні інформаційні технології, що забезпечують передачу голосових повідомлень. розглянуто напрямки інтеграції сервісу ІР-телефонії у існуючу інфраструктуру мережі передачі даних Концерну радіомовлення радіозв'язку і телебачення України. Розглянуто напрямки реалізації завдання на прикладі інфраструктури мережі зв'язку Львівської філії Концерну РРТ. Проведено розрахунок можливого трафіку ІР-телефонії у межах філії з орієнтацією на сучасну організаційну структуру та перспективу розширення. Запропоновано підходи до впровадження засобів з реалізації сервісу ІР-телефонії у межах філії та мережі Концерну у цілому.

**Ключові слова:** система передачі даних, ІР-телефонія, протоколи транспортного рівня, сигнальний протокол

До недавнього часу для побудови корпоративної телефонії можливим був вибір з двох варіантів: прокладання ліній зв'язку і побудова відомчих АТС або оренда телефонних ліній і номерів у оператора телефонного зв'язку.

Перший варіант може бути прийнятним у організаціях, які можуть вкласти значні фінансові кошти для прокладання власних ліній зв'язку та комутаційного обладнання і формування служб експлуатації і його ремонту.

Другий варіант може влаштовувати невеликі організації, оскільки використання номерної ємності оператора-постачальника послуг немає необхідності покупки обладнання та створення додаткових служб експлуатації. Це забезпечує оператор-постачальник послуг. Однак, цей варіант хоча і не вимагає капітальних вкладень, часто призводить до ситуації, коли оплата міжміського, а особливо, міжнародного трафіку згодом перевищує вартість створення окремої корпоративної телефонної мережі.

Однак, у зв'язку із значних поширенням локальних та корпоративних комп'ютерних мереж передачі даних з'явилася третя можливість – сервіс ІР-телефонії. Це шлях організації корпоративної телефонної мережі, без необхідності вкладення значних коштів у створення ліній зв'язку та засіб скорочення витрат на оплату телефонних послуг.

ІР-телефонія, по суті, є способом організації телефонного зв'язку з використанням мережі передачі даних для передачі голосу. Переваги такої організації телефонного зв'язку очевидні, і головне з них – суттєве зниження витрат на дзвінки між територіально розосередженими офісами. Крім цього, такий підхід дозволяє ввести єдиний номерний план для всієї організації, коли не потрібно пам'ятати телефонні коди міст, в яких знаходяться філії організації.

Корпоративна ІР-телефонія дозволяє об'єднати вже існуюче в організації телефонне обладнання (звичайні телефони, підключені до АТС) і спеціалізовані ІР-телефони в єдину систему, що використовує для передачі голосового трафіку мережу передачі даних.

Як показав проведений аналіз, основні складові її реалізації наступні:

- перетворення аналогової голосової інформації у цифрові дані для забезпечення їх передачі комп'ютерними мережами;
- використання як бази для передачі пакетів голосової інформації існуючих локальних і глобальних мереж;
- комп'ютерне керування з'єднаннями між абонентами шляхом інтелектуальної комутації та передачі пакетів голосової інформації;
- інтеграція ІР-телефонії з телефонними мережами загального користування ТМЗК.

Відмінність від традиційної телефонії полягає у тому, що у традиційній телефонії встановлення з'єднання відбувається за допомогою телефонної станції з метою розмови. Голосові сигнали передаються по телефонних лініях, через виділене підключення. У випадку ІР-телефонії, пакети даних поступають в глобальну або локальну мережу з певною адресою. При цьому використовується ІР-адресація, з усіма притаманними їй особливостями, такими як маршрутизація. При цьому ІР-телефонія виявляється дешевшим рішенням як для оператора, так і для абонента.

Розглянемо детальніше основні складові функціонування ІР-телефонії.

**Перетворення аналогової голосової інформації у цифрові дані для забезпечення їх передачі комп'ютерними мережами** відбувається з використанням аудіокодеків. Для перетворення голосової інформації у цифровий сигнал використовується аналогово-цифровий перетворювач (АЦП), що реалізує імпульсно кодову модуляцію (PCM - Pulse Code Modulation), тобто, представлення неперервної функції у вигляді серії

послідовних відліків. бвлі за допомогою кодеків формуються власне пакети даних, які передаються у мережу.

В IP-телефонії сьогодні найбільш поширене перетворення за допомогою кодека G.729, а також стиснення G.711 по А-закону (alaw) і  $\mu$ -закону (ulaw).

G.729 – голосовий кодек, який забезпечує стиснення потоку даних до 8 кбіт/с з певними втратами якості.

G.711 – голосовий кодек, який не передбачає стиснення, крім компандування – методу зменшення ефектів каналів з обмеженим динамічним діапазоном, тобто принцип зменшення кількості рівнів квантування сигналу високих рівнів, зберігаючи при цьому якість звуку.

Дві використовувані у телефонії схеми компандування – alaw і ulaw. Сигнал в даному кодеку має потік 64 кбіт/с. Частота дискретизації – 8000 кадрів по 8 біт в секунду. Якість голосу суб'єктивно краще, ніж при застосуванні кодека G.729. А-закон (alaw) – алгоритм стиснення звукових даних з втратою інформації, використовується у Європі. ulaw або  $\mu$ -закон – алгоритм стиснення звукових даних з втратою інформації, використовується у Японії і Північній Америці.

Отримані у результаті пакети можна транспортувати вже існуючими мережами передачі даних.

**Передача отриманих пакетів голосової інформації по існуючих локальних і глобальних мережах**, побудованих на основі провідних, безпроводних чи оптоволоконних технологій забезпечується використанням стеку протоколів TCP/IP.

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 забезпечують надійність доставки даних. Однак, це є більш прийнятним варіантом, ніж здійснення контролю за доставкою (TCP), оскільки телефонний зв'язок надзвичайно залежний від затримок передачі, але менш чутливий до втрат пакетів.

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

RTP прийнято вважати протоколом транспортного рівня, однак, 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 у присвоєнні кожному вихідному пакету часової мітки та забезпеченні її обробки на прийомній стороні, що дозволяє приймати дані в належному порядку, знижує вплив нерівномірності часу проходження пакетів по мережі, відновлює синхронізацію між аудіо і відео даними.

Голосові повідомлення та мультимедійні програми ставлять жорсткі вимоги до транспортного середовища і саме для узгодження цих вимог з можливостями ір-мереж розроблено протокол RTP. Протокол RTP призначений для доставки даних в реальному масштабі часу (аудіо- або відео) та визначає тип поля даних, процедуру нумерації посилок, присвоєння часових міток і моніторування доставки.

Додатки зазвичай використовують RTP поверх протоколу UDP для того, щоб використовувати його можливості мультиплексування і контрольованого підсумовування. Але RTP може використовуватися і поверх будь-якого іншого мережевого транспортного середовища. RTP підтримує одночасну доставку за багатьма адресами, якщо мультикастинг підтримується нижчим мережевим рівнем.

**Комп'ютерне керування з'єднаннями між абонентами шляхом інтелектуальної комутації та передачі пакетів голосової інформації** забезпечується на основі використання принципів стеку протоколів H.323. Стандарт містить опис обладнання, мережевих служб і термінальних пристроїв, призначених для здійснення аудіо- та відеозв'язку в мережах з комутацією пакетів (Інтернет). Для будь-якого пристрою стандарту H.323 обов'язкова підтримка обміну голосовою інформацією. Рекомендації H.323 описують:

- платформну незалежність;
- стандарти кодування аналогових даних;
- управління смугою пропускання;
- гнучкість і сумісність.

У рекомендаціях не визначено фізичне середовище передачі, транспортний протокол і мережевий інтерфейс, тобто пристрої, що підтримують стандарт H.323 можуть працювати в будь-яких існуючих мережах з комутацією пакетів.

Відповідно до H.323 основними компонентами IP-з'єднання є: а) термінал; б) шлюз; в) контролер зони; г) контролер управління багатоточковою конференції (MCU - Multipoint Control Unit).

Відповідно до вимог стандарту термінал – кінцевий H.323-пристрій користувача мережі, що є або програмним додатком на комп'ютері, або апаратним телефонним пристроєм. Кожному терміналу призначається один або кілька номерів телефонів з адресами.

Шлюз – пристрій, призначений для сполучення H.323-пристроїв з мережевими засобами ISDN, АТМ і ТМЗК.

Контролер зони – основний керуючий елемент у мережі H.323, що координує і контролює роботу всіх пристроїв по їх аутентифікації та авторизації, визначенні імен по типу DNS та здійснення управління пропускнуою спроможністю мережі, використовуваної H.323-пристроями. Мережа H.323 розбивається на окремі "зони" з визначеним контролером зони, що керує її пристроями. Для забезпечення надійності одну "зону" можуть обслуговувати декілька контролерів зони. Крім того, вони можуть надавати додаткові сервіси – функції проксі-сервера для сигнальних та мультимедійних файлів.

Контролер управління багатоточкової конференції (MCU - Multipoint Control Unit) призначено для організації конференцзв'язку для трьох і більше учасників. Контролер координує передачу керуючої та, іноді, мультимедійної інформації між учасниками конференції.

Протокол SIP (Session Initiation Protocol), описаний в документі RFC 3261, призначений для запуску, модифікації і завершення сесій реального часу між партнерами IP-мережі. SIP може підтримувати мовні та мультимедійні додатки та відеоконференції.

SIP – сигнальний протокол, який дозволяє одному партнеру надіслати запит іншому і узгодити параметри голосової (мультимедіа) сесії, а власне, транспортування мультимедіа даних зазвичай здійснюється за допомогою протоколу RTP (Real-Time Transport Protocol).

SIP (Session Initiation Protocol) – протокол сигналізації, призначений для організації, зміни і завершення сеансів зв'язку. SIP незалежний від транспортних технологій, однак при встановленні з'єднання переважно використовує UDP. Для передачі голосової і відеоінформації рекомендовано застосовувати RTP, але можливість використання інших протоколів не виключена.

Протокол SIP використовується для створення, зміни та розірвання "сесій" між одним або декількома клієнтами, але регламентує тільки саме процедуру встановлення з'єднання між пристроями.

Розробкою протоколу SIP займався комітет MMUSIC організації IETF, тому цей протокол є більш інтернет-орієнтованим і призначений для надання додаткових, порівняно з H.323 послуг. Крім того, протокол SIP додатково підтримує засоби мультимедійності та персональної мобільності користувачів.

SIP – протокол, орієнтований на транзакції: взаємодія між елементами мережі здійснюється за допомогою періодичних обмінів повідомленнями. Завдяки йому користувачі можуть переміщуватися у межах доступності мережі. Для цього користувачу надається унікальний

ідентифікатор. Масштабованість мережі завдяки протоколу SIP має можливість збільшення кількості елементів мережі при її розширенні, оскільки серверна структура мережі, побудованої на базі протоколу SIP, в повній мірі відповідає цій вимозі. Протокол SIP забезпечує відкритість і простоту реалізації засобів зв'язку шляхом прозорого впровадження нових сервісів.

Протокол SIP описує чотири типи об'єктів у мережі: агенти, сервери реєстрації, сервери перенаправлення та проксі-сервери.

SCCP (Skinny Client Control Protocol) є допоміжним корпоративним протоколом, що розроблений компанією Cisco Systems для організації роботи IP-телефонів Cisco під управлінням програмного забезпечення Cisco Call Manager, що є і шлюзом в мережі H.323. Ідея розробки протоколу SCCP полягає у необхідності перенесенні логіки обробки H.323 з'єднань з кінцевих пристроїв у програмні засоби Cisco Call Manager для спрощення і, відповідно, здешевлення кінцевих пристроїв клієнта.

Пропрієтарний протокол організації Cisco Systems – SCCP призначено для побудови корпоративних телефонних мереж на основі продуктів Cisco, наприклад, IP-Телефони серії 7900, Програмні Cisco IP телефони, Cisco Unified Communications Manager та Cisco Unity. SCCP працює у стеці TCP/IP.

Інтеграція IP-телефонії з телефонними мережами загального користування ТМЗК забезпечується шляхом використання спеціалізованих засобів – голосових шлюзів IP-ТМЗК, SIP-GSM, SIP-PSTN тощо.

Зважаючи на викладені особливості слід дослідити альтернативні шляхи побудови мережі телефонії у Концерні РРТ, оскільки сьогодні у його межах успішно функціонує та продовжує розвиватися власна мережа передачі даних.

Концерн радіомовлення, радіозв'язку та телебачення (КРРТ) є державним оператором телерадіомовлення, радіорелейного та супутникового зв'язку. Споживачами його послуг є телерадіоорганізації України, регіональні обласні телерадіоорганізації, комерційні телерадіоорганізації та інші підприємства зв'язку.

Станом на 2016 р. у Концерні працює понад 3 тисячі висококваліфікованих спеціалістів. У повсякденній роботі вони забезпечують роботу і обслуговування обладнання для трансляції понад тридцяти загальнонаціональних телевізійних і понад п'ятнадцяти загальнонаціональних радіопрограм. Крім того, регіональні філії забезпечують передавання програм регіональних, обласних державних та практично усіх недержавних телерадіоорганізацій.

Обслуговуючий персонал здійснює регламентне технічне обслуговування і експлуатацію відповідних мереж зв'язку, обладнання для супутникового та ефірного телерадіомовлення.

Концерн РРТ внаслідок значної територіальної розосередженості телекомунікаційних споруд, мереж зв'язку і відповідного обладнання вимагає якісного і надійного телефонного зв'язку для забезпечення оперативної комунікації усіх підрозділів. Причому, така комунікація у режимі реального часу повинна здійснюватися як у межах окремих територіальних підрозділів Концерну, так і по всій території України, де розміщене телерадіопередавальне обладнання, що необхідно для оперативного вирішення питань експлуатації обладнання, ретрансляції, виникнення та швидкого усунення нештатних та аварійних ситуацій. Сьогодні для забезпечення вказаного телефонного зв'язку використовуються відомчі аналогові канали Концерну та канали ПАТ Укртелеком. На віддалених об'єктах застосовується радіозв'язок за допомогою радіопереговорних пристроїв та з використанням терміналів мобільного зв'язку.

Сьогодні у Концерні РРТ діє корпоративна мережа, яка дозволяє вирішувати питання забезпечення роботи та розвитку Системи комплексної автоматизації господарської діяльності Концерну з консолідованим обліком та звітністю, забезпечує впровадження системи диспетчеризації та моніторингу об'єктів Концерну РРТ та перехід на додаткові телекомунікаційні сервіси.

Затверджено Положення "Про корпоративну мережу передачі даних Концерну РРТ" у якому визначено порядок роботи корпоративної мережі передачі даних Концерну РРТ, напрямки розробки нормативних документів та встановлено порядок сервісного обслуговування. Зазначено, що мережа є частиною інфраструктури Концерну РРТ, яка поєднує всі віддалені філії Концерну РРТ та призначена для передачі даних.

Структура корпоративної мережі Концерну РРТ наведена на рис.1.

Філії підключені до виконавчої дирекції виділеними Ethernet каналами провайдера із пропускною спроможністю 10 Мбіт/с. З метою скорочення витрат Концерну РРТ на роботу корпоративної мережі, а також розширення її технічних можливостей йде поступовий перехід на використання технології VPN (англ. – Virtual Private Network – віртуальна приватна мережа).

Розвиток телекомунікаційної корпоративної мережі Концерну РРТ забезпечує виконання низки важливих телекомунікаційних заходів з впровадження системи моніторингу, управління та відеоспостереження об'єктів Концерну РРТ, створення автоматизованої системи електронного документообігу.

Розвиток корпоративної телекомунікаційної мережі передбачає проведення оптимізації роботи телефонного зв'язку Концерну РРТ.

Відповідно до розглянутих вище основних складових реалізації IP-телефонії визначимо напрямки її практичного впровадження для створення корпоративної мережі телефонії Концерну.

Як показав проведений аналіз, у Концерні РРТ вже існує власна корпоративна мережа передачі даних, яка інформаційно об'єднує усі філії на основі проводових та оптоволоконних каналів і, що важливо, функціонує на основі стеку протоколів TCP/IP. Відповідно до нормативних документів мережа керується централізовано, має топологію типу зірка, у центрі якої знаходиться комутаційне обладнання дирекції Концерну РРТ.

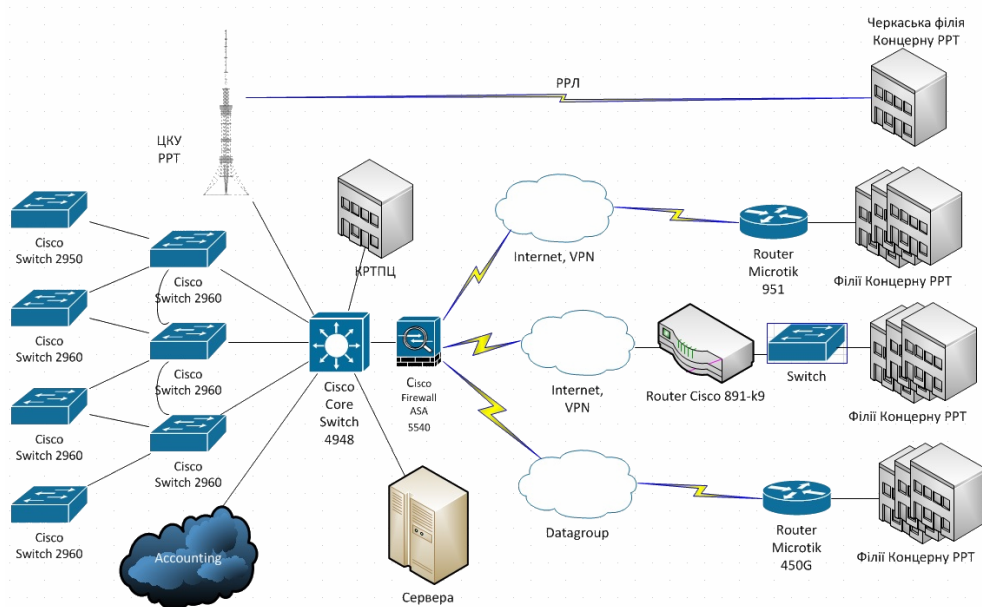


Рисунок 1 – Канали передавання даних по окремих філіях мережі Концерну РРТ та використовуване обладнання

Проведений аналіз показав, що для роботи мережі IP-телефонії необхідні дві основні складові, а саме, транспортна мережа для передачі голосового розмовного трафіку між абонентами з використанням стеку протоколів TCP/IP та засоби підтримки IP PBX протоколу сигналізації SIP для організації, зміни і завершення сеансів зв'язку.

У якості транспортної пропонується використовувати існуючу корпоративну мережу передачі даних Концерну, яка функціонує з використанням протоколів TCP/IP і має достатню пропускну спроможність. Для реалізації другої складової запропоновано використання протоколів SIP для забезпечення встановлення та



підтримки з'єднань та протоколів UDP/RTP як транспортних для безпосередньої передачі голосового трафіку.

Для реалізації другої складової визначено перелік та характеристики необхідного телекомунікаційного обладнання для розгортання корпоративної мережі IP-телефонії у межах Львівської філії Концерну РРТ.

Перш за все, необхідний сервер IP PBX, який забезпечуватиме реєстрацію і з'єднання абонентів для проведення розмов. Можливе застосування гібридної IP-АТС «Yeastar MyPBX U500», що має широкий функціонал і можливості, підтримує підключення з стільниковими мережами (GSM, UMTS), IP-телефонією, аналоговими і цифровими (BRI) лініями на 300 користувачів і до 80 одночасних дзвінків. Шлюз Yeastar TA400 на 4 порти FXS додатково забезпечує підключення аналогових телефонів. У якості телефонних апаратів абонентів запропоновано використання IP-телефону Yealink SIP-T28P та Yealink SIP-T19 E2 – нової бюджетної моделі IP-телефону для малого і середнього бізнесу.

Для підтвердження можливості створення і належного функціонування корпоративної мережі IP-телефонії проведено моделювання роботи її фрагменту на обладнанні мереж Львівської філії Концерну РРТ.

Проведено оцінку необхідної пропускної спроможності мережі передачі даних для забезпечення послуг. Займана трафіком IP-телефонії смуга пропускання складається з корисного навантаження – голосових даних, стиснених аудіо кодеком і додаткових витрат даних, що визначаються стеком протоколів RTP, UDP, IP, канальним і фізичним рівнем мережі. Відповідно до розрахунків, потік даних для кодека G.711u становить 8 кБайт/с, і відповідно, розмір пакету даних 160 Байт при довжині датаграми 20мс.

Для визначення повного розміру пакету необхідно врахувати додаткові витрати для рівнів стеку протоколів, а саме, IP – 20 Байт; UDP – 8 Байт; RTP – 12 Байт. Загальний розмір пакету складе 200 Байт. Розраховані дані зведено у табл.1.

Таблиця 1 – Довжина та відсоток додаткового навантаження при передачі даних IP-телефонії

Дані	Довжина (байт)	Відсоток довжини пакету
IPv4	20	10.00
UDP	8	4.00
RTP	12	6.00
Голосові дані	160	80.00
Загалом	200	100.00

Тоді, відповідно, загальний потік даних складе 10 кБайт/с, а двосторонній зв'язок потребуватиме подвоєної смуги пропускання мережі, тобто 20 кБайт/с.

Розраховано орієнтовний потік даних від усіх абонентів корпоративної мережі IP-телефонії Львівської філії. Приймаючи загальну кількість абонентів корпоративної мережі IP-телефонії по Львівській філії з урахуванням її розвитку рівною 100 і за умови, що середня тривалість сесії  $t = 180$  секунд, середня кількість викликів  $f = 5$ , а трафік, генерований у секунду абонентами одної сесії IP-телефонії  $L_{\text{сп}} = 20$  кБайт/с, отримуємо загальний середній потік розміром 250 кБайт/с, та середню кількість запитів на з'єднання – 250.

Очевидно, що максимальне значення загального трафіку, генерованого усіма абонентами, якщо б вони говорили одночасно, складатиме 1000 кБайт/с.

Проаналізувавши отримані дані розрахунків можна прийти до висновку, що загальний додатковий трафік від розгортання корпоративної мережі IP-телефонії у межах окремої філії не є значним.

Враховуючи, що смуга пропускання комутаційного обладнання та каналів передачі даних у вузлі  $L_{\text{вуз}}$  сьогодні становить не менше 100 Мбіт/с, додаткове спричинене цим навантаження не перевищуватиме:

$$P_{\text{нав}} = L_{\text{заг}} / L_{\text{вуз}} = (250 \cdot 8) / 100000 = 0.02.$$

Тобто, додаткове навантаження  $P_{\text{нав}}$  складатиме у середньому 2% і у критичному випадку – не більше 8%.

Було проведено моделювання розгортання корпоративної мережі IP-телефонії на виробничих площах Львівської філії Концерну РРТ.

Як показав проведений аналіз для роботи такої мережі необхідні дві основні складові, а саме, власне транспортна мережа для передачі голосового розмовного трафіку між абонентами з використанням IP-протоколу та засоби підтримки протоколу сигналізації SIP для організації, зміни і завершення сеансів зв'язку. З метою моделювання фрагменту корпоративної мережі було вирішено використати програмну реалізацію IP PBX АТС на базі програмних засобів Asterisk на основі мікрокомп'ютера OrangePI Zero (рис.2). Він працює під керуванням спеціалізованої версії операційної системи Linux для процесорів AllWinner H3 під назвою Armbian.

Asterisk – програмна IP PBX АТС, здатна комутувати як VoIP виклики, так і виклики, які здійснюються між IP-телефонами і традиційною телефонною мережею загального користування при застосуванні

додаткових спеціалізованих модулів. Підтримувані протоколи: IAX, SIP, H.323, Skinny, UNISim. Підтримка кодеків: G.711 (ulaw і alaw), G.722, G.723, G.729, GSM, iLBC, LPC-10, Speex.



Рисунок 2 – Мікрокомп'ютер OrangePI Zero

Тестування роботи користувачів корпоративної мережі телефонії проводилося за допомогою спеціалізованого програмного засобу StarTrinity SIP Tester. StarTrinity SIP Tester – інструмент для тестування навантаження VoIP, що дозволяє тестувати і контролювати VoIP мережі, програмне забезпечення SIP або апаратне забезпечення.

Використовувана для аналізу трафіку програма StarTrinity SIP Tester забезпечує багатоканальний VoIP автонабір номерів по списку адресатів і по суті моделює поведінку визначеної кількості абонентів корпоративної мережі.

Використання 20 створених на IP PBX АТС Asterisk профілів користувачів забезпечило можливість моделювання до 10 одночасних розмов між абонентами та подальшого аналізу створюваного ними голосового трафіку.

На рис.3 показане вікно програми моделювання при тестування з'єднання 20 абонентів. При цьому забезпечується можливість визначення тривалості розмови, частоти з'єднань, використовуваного кодеку та цілої низки інших параметрів.

Для проведення моделювання у локальній мережі Львівської філії було запущено сервер Asterisk на мікрокомп'ютері OrangePI Zero з фіксованою IP адресою.

У якості клієнтів IP-телефонії використано програмні засоби StarTrinity SIP Tester, які були запущені на комп'ютерах під керуванням операційної системи Windows також з фіксованою IP адресою.

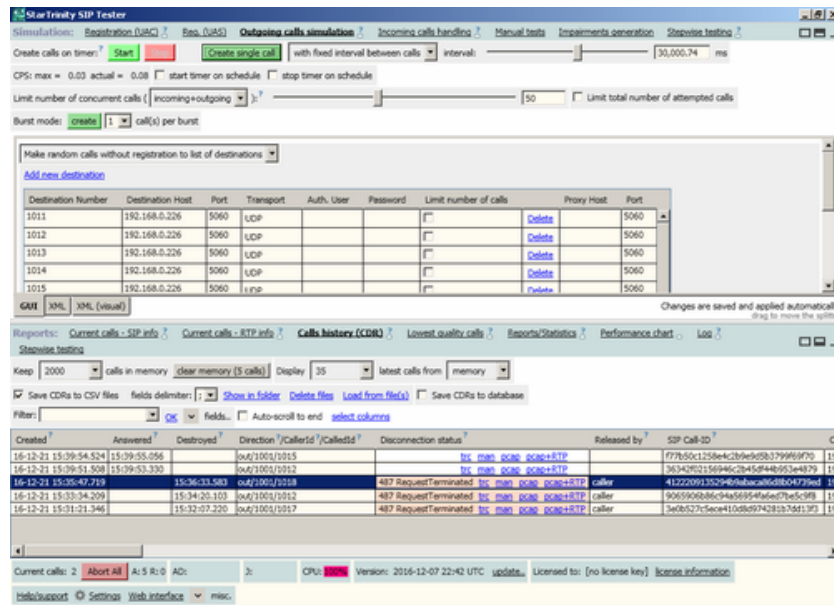


Рисунок 3 – Вікно програми моделювання абонентів корпоративної мережі StarTrinity SIP Tester

На початку, проводилося моделювання розмов абонентів, коли періоди їх розмови не перекривався. Результати моделювання наведено на рис.4.



Рисунок 4 – Вікно з результатами SIP сесії програми StarTrinity SIP Tester

Видно, що під керуванням IP PBX серверу абоненти успішно провели сеанс зв'язку з використанням SIP протоколу.

При цьому для передачі голосового трафіку використовувався кодек G.711a, а потік даних протягом сесії становив близько 11 кБайт/с (на

прийом та на передачу), що практично відповідає проведеним розрахункам.

Далі було перевірено отримуваний потік даних при використанні послідовно кодеків G.711a і G.711u (рис.5). Як свідчать отримані дані, різниця потоку при їх застосуванні практично відсутня.

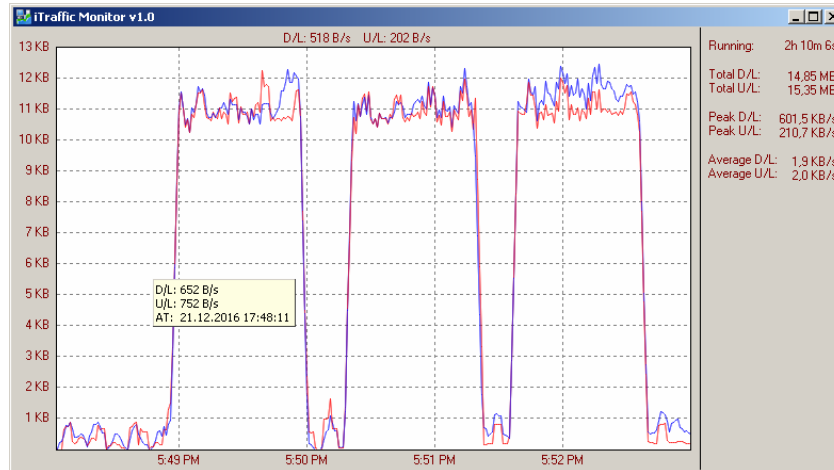


Рисунок 5 – Аналіз трафіку однієї SIP сесії при використанні кодеків G.711a і G.711u

Далі було проведено моделювання для зростаючої кількості одночасних розмов між абонентами (рис.6).



Рисунок 6 – Аналіз трафіку десяти SIP сесій при використанні кодеку G.711a

Аналіз отриманого потоку даних при використанні кодеку G.711a (рис.6) у цьому випадку свідчить лінійне зростання загального потоку, який для розмови десяти абонентів становив біля 108 кБайт/с, що відповідає розрахункам.

Далі було проведено декілька сесій моделювання для динамічної кількості розмов між абонентами (рис.7) для умови тривалості сесії 2 хв. та частоти дзвінків 2 дзвінки на хвилину для 20 абонентів.

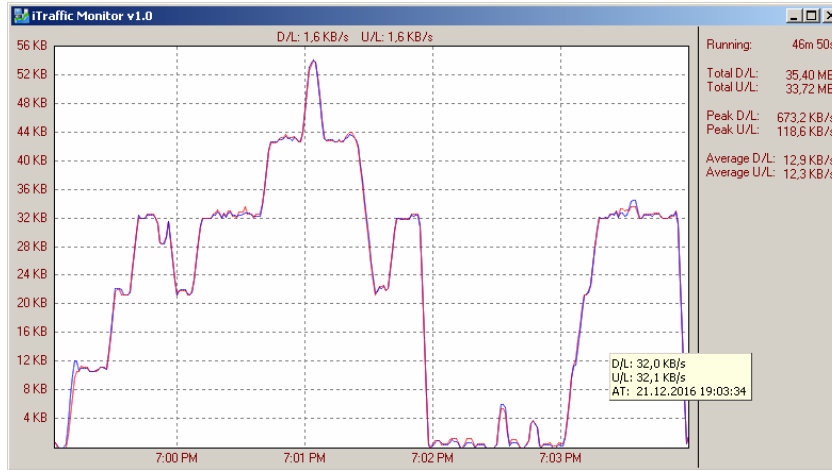


Рисунок 7 – Аналіз трафіку динамічної кількості SIP сесій при використанні кодексу G.711a (перше моделювання)

Аналіз показує, що для динамічної кількості розмов між абонентами сумарний потік даних не перевищив 110 кБайт/с і складав у середньому 25 кБайт/с і максимально не перевищував 58 кБайт/с. Ці дані у екстраполяції збігають з даними проведених раніше розрахунків.

Для кількісної оцінки якості VoIP-переговорів використовується шкала MOS – усереднена оцінка розбірливості мови (Mean Opinion Score). MOS описує показник сприйманої якості звуку за бальною шкалою від 1 до 5.

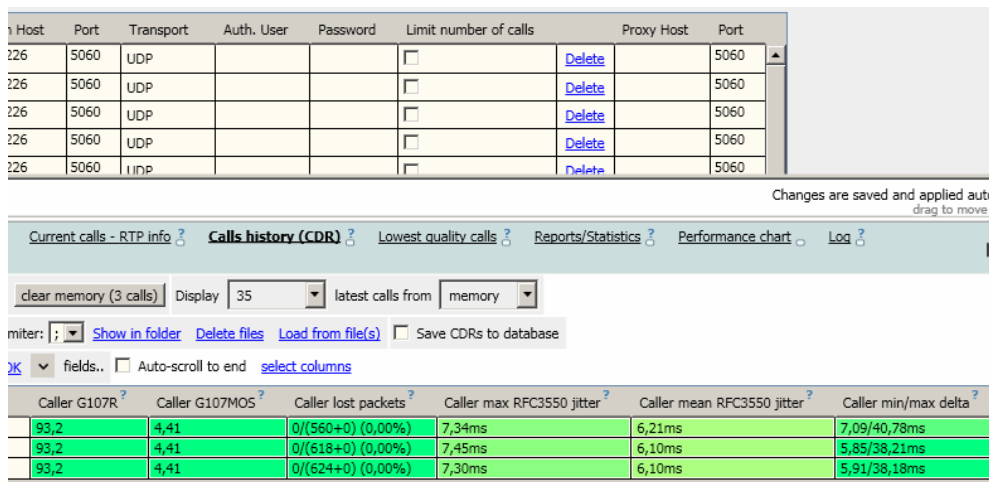


Рисунок 8 – Аналіз показників MOS і R-Factor при низькому завантаженні мережі передачі даних

В якості альтернативи MOS запропоновано менш суб'єктивний критерій – R-Factor, який є альтернативним способом оцінки якості звуку. Бальна шкала від 0 до 120 на відміну від скороченої шкали MOS (1-5) дозволяє робити більш точну оцінку показника якості.

Було проведено моделювання та аналіз якості розмов у умовах низької завантаженості каналів передачі даних мережі Львівської філії та при зростанні загального рівня завантаженості.

При цьому проводилася оцінка якості розмов за показниками MOS і R-Factor.

При низькій завантаженості каналів передачі даних (рис.8) показник MOS становив 4,41 одиниці та R-Factor – 93,2 - 93,3 одиниць.

При зростанні рівня завантаженості мережі пакетами UDP, яке моделювалося спеціалізованою програмою StarTrinity NetworkTester на рівні 70% від максимальної пропускної спроможності мережі (рис.9) показник MOS становив 4,2-4,3 одиниці та R-Factor – 85,0 - 88,5 одиниць, тобто якість звуку погіршувалася, але розмову можна було здійснювати і проводити.

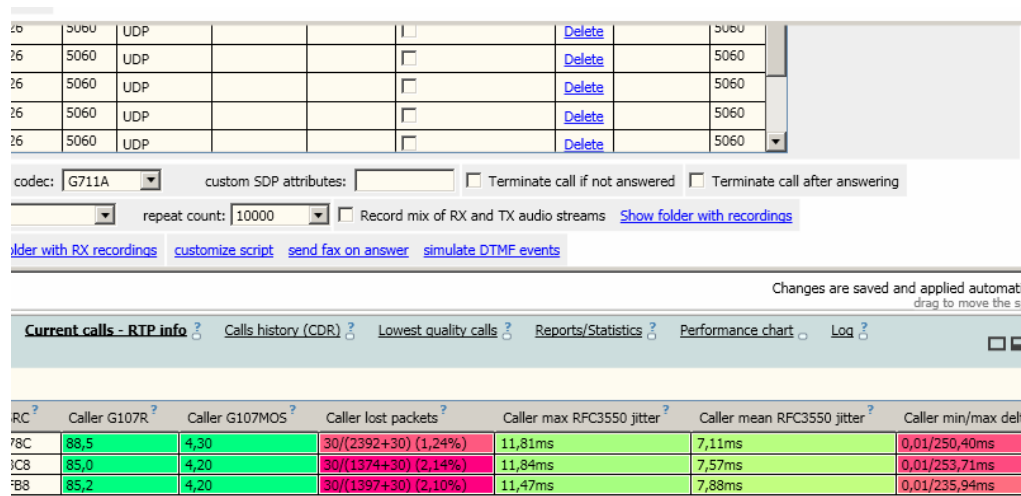


Рисунок 9 – Аналіз показників MOS і R-Factor при високому завантаженні мережі передачі даних

З метою практичної перевірки можливості використання корпоративної телефонії для здійснення голосового зв'язку між абонентами було використано програму MicroSIP, що забезпечує можливість встановлення з'єднань та проведення сеансів IP-телефонії за протоколом SIP.

Проведений аналіз показав, що для роботи мережі IP-телефонії необхідні дві основні складові, а саме, транспортна мережа для передачі голосового розмовного трафіку між абонентами з використанням стеку протоколів TCP/IP та засоби підтримки IP PBX протоколу сигналізації SIP

для організації, зміни і завершення сеансів зв'язку. У якості транспортної пропонується використовувати існуючу корпоративну мережу передачі даних Концерну, яка функціонує з використанням протоколів TCP/IP і має достатню пропускну спроможність. Для реалізації другої складової визначено перелік та характеристики необхідного обладнання.

Програму було встановлено на двох комп'ютерах локальної мережі Львівської філії Концерну РРТ. Після проведення реєстрації тестових аккаунтів у вказаній програмі, що попередньо були зареєстровані на сервері Asterisk, було успішно проведено сеанси зв'язку. В умовах діючого завантаження мережі вдалося без проблем виконувати з'єднання двох абонентів та проводити розмову.

Крім того, для здійснення тестових дзвінків IP-телефонії було застосовано мобільний телефон під керуванням операційної системи Android версії 4.0.4. Для цього на телефоні було зареєстровано SIP аккаунт з параметрами користувача на сервері Asterisk. Після реєстрації телефону на Wi-Fi точці доступу локальної мережі Львівської філії вдалося без будь-яких утруднень виконати вхідні та вихідні дзвінки абонентам на попередньо встановлений програмний IP-телефон MicroSIP.

Проведені розрахунки навантаження та практичні спроби використання засобів IP-телефонії, як програмних, так і апаратних, показали можливість і доцільність розгортання корпоративної IP-телефонії у межах Львівської філії Концерну РРТ і після дослідної експлуатації її впровадження у підрозділах Концерну РРТ у цілому.

Вказаний підхід дозволяє проводити розгортання системи поетапно, по мірі необхідності включаючи додаткові підрозділи. Затрати на розгортання такої мережі IP-телефонії не є великим, оскільки основна складова – транспортна, уже успішно експлуатується та розширюється протягом декількох останніх років.

### **Висновки**

– досліджено та проаналізовано стан і засоби мереж передачі даних, які сьогодні використовуються у Концерні радіомовлення радіозв'язку і телебачення України;

– проаналізовано наявні сучасні інформаційні технології, що забезпечують передачу голосових повідомлень, розглянуто напрямки інтеграції сервісу IP-телефонії у існуючу інфраструктуру мережі передачі даних Концерну РРТ на прикладі інфраструктури мережі зв'язку Львівської філії Концерну РРТ;

– проведено розрахунок можливого трафіку IP-телефонії у межах філії з орієнтацією на сучасну організаційну структуру та перспективу розширення;



– виконано моделювання трафіку абонентів ІР-телефонії при різних рівнях завантаженості мереж передачі даних, проведено оцінку якості передачі;

– проведено моделювання роботи ІР-телефонії на базі мережі зв'язку Львівської філії Концерну РРТ та запропоновано підходи до впровадження засобів з реалізації сервісу ІР-телефонії у межах філії та мережі Концерну у цілому.

*Одержано 25.12.2016*