

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»**

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Комп'ютерна інженерія»

Група: 2БКС-28

# **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

**здобувача освіти денної форми навчання**  
**БКС.28.30.000.КРБ**

***ЧАЛМАЄВА***  
***АНДРІЯ ОЛЕКСІЙОВИЧА***

**м. Одеса**  
**2024 р.**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Комп'ютерна інженерія»

Група: 2БКС-28

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

До кваліфікаційної роботи бакалавра на тему: «Аналіз ефективності


VoIP-кодеків при передачі голосових повідомлень в мережі»

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 69 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 15 аркушах (слайдах)

Виконавець  (Чалмаєв А.О.)

Керівник проекту  (Кривченко А.А.)

**Консультанти:**

з розділу охорони праці та техніки безпеки  (Чорновол Н.І.)

з нормоконтролю  (Петрашова В.І.)

старший консультант  (Кривченко Ю.В.)

**До захисту допущений**

Завідувач кафедри  (Іванова Л.В.)

Завідувач відділення  (Скорнякова О.В.)

Захист «27» 06 202 р. Протокол ЕК № 3

Оцінка ЕК 4 (добре) 85 б

Секретар ЕК 

## АНОТАЦІЯ

Метою даної кваліфікаційної роботи є визначення ефективності VoIP-кодеків при передачі голосових повідомлень в мережі шляхом суб'єктивної та об'єктивної оцінки якості звукових сигналів, які піддавалися компресії та декомпресії. Доцільність такого порівняння зумовлена тим, що стиснення VoIP-кодеками дозволяє суттєво зменшити об'єм даних, що передаються лініями зв'язку, проте відбувається це ціною зменшення якості сигналу.

Протягом виконання роботи проаналізовані загальні особливості побудови мереж IP-телефонії та архітектура IP-АТС Asterisk. Виконано огляд принципів роботи VoIP-телефонії, зокрема на базі IP-АТС Asterisk. Проаналізовані основні протоколи мережі IP-телефонії.

Проаналізовано показники ефективності VoIP-кодеків, їх особливості та можливості, недоліки і переваги. Виконано аналіз ефективності VoIP-кодеків при передачі голосових повідомлень в мережі, для чого визначено затримки та втрати голосових пакетів. При цьому використовувались найбільш розповсюджені і ефективні VoIP-кодеки.

Побудовано та промодельовано тестову мережу на основі IP-АТС Asterisk. Розроблено зразкову модель сервера з використанням IP-АТС Asterisk. Виконано моделювання стресового навантаження на сервери IP-АТС Asterisk. Проаналізовано продуктивність даних VoIP. Визначені показники якості обслуговування VoIP з використанням SIP-протоколу у якості інструменту тестування продуктивності.

Виконано оцінку якості кодованих сигналів при передачі голосових повідомлень. Промодельовано процес квантування з різним параметрами у одному з VoIP-кодеків за допомогою середовища Matlab. Виконано порівняння сигналів та визначено відмінності у режимах і якості звуку.

Розглянуто питання з охорони праці та техніки безпеки.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Відділення Комп'ютерних систем Кафедра Комп'ютерної інженерії  
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Освітньо-професійна програма «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Заст. дир. з НВР Беркань І.В.

“ 16 ” 01 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на кваліфікаційну роботу бакалавра**

здобувачеві освіти Чалмасву Андрію Олексійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Аналіз ефективності VoIP-кодеків при передачі голосових повідомлень в мережі

затверджена наказом по коледжу від “02” 11 2023 р. № 244-#2-00

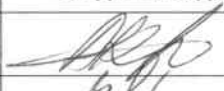


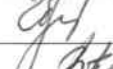




2. Термін здачі студентом кваліфікаційної роботи 13.06.2024

3. Вихідні дані до роботи 1. Специфікації базових VoIP-кодеків, зокрема G.711; 2. Специфікації SIP-протоколу; 3. Специфікації MOS для оцінки якості передачі голосу; 4. Застосовувати IP-ATC Asterisk для реалізації моделі IP-телефонії; 5. Побудувати тестову мережу за допомогою двох комп'ютерів з налаштованими IP-ATC Asterisk; 6. Провести тестування стресового навантаження для голосового трафіку VoIP; 7. Провести тестування якості кодованих сигналів та порівняння лінійного та нелінійного квантування

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) Аналіз принципів організації мережі IP-телефонії; Короткий огляд проектів корпоративних мереж IP-телефонії; Реалізація SIP-протоколу; Впровадження IP-ATC Asterisk; Визначення параметрів і пріоритетів для голосового трафіку; Оцінка втрат голосових пакетів та затримок; Моделювання тестової мережі з IP-ATC Asterisk; Оцінка якості кодованих сигналів при передачі; Питання охорони праці та техніки безпеки

5. Перелік графічного матеріалу (слайдів мультимедійної презентації) Реалізація IP-ATC Asterisk на підприємстві; Оцінка якості передачі голосу VoIP-кодеками в шкалі MOS; Оцінка затримки пакетування VoIP-кодеків; Оцінка середнього значення буфера джиттера VoIP-кодеків; Порівняння затримки передачі пакетів у один та у обидва бік; Порівняння середньої втрати пакетів для VoIP-кодеків; Модель тестової мережевої інфраструктури на базі IP-ATC Asterisk; Налаштування тестування стресового навантаження на сервер та на мережу; Результати тестування стресового навантаження серверу; Результати тестування затримки та втрати пакетів у мережі; Порівняння лінійного та нелінійного квантування

6. Консультанти по кваліфікаційній роботі, із зазначенням розділів, що їх стосуються

Розділ	Консультант	ПІДПИС	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Основний розділ	Кривченко А.А.		
Розділ охорони праці	Чорновол Н.І.		
Нормоконтроль	Петрашова В.І.		
Старший консультант	Кривченко Ю.В.		

7. Дата видачі завдання

15-01-2024

Керівник роботи

Кривченко А.А.



(підпис)

Завдання прийняв до виконання



(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вступ. Аналіз технічного завдання	10.05.24	Виконано
2.	Аналіз принципів організації мережі IP-телефонії	12.05.24	Виконано
3.	Короткий огляд проектів корпоративних мереж IP-телефонії	15.05.24	Виконано
4.	Реалізація SIP-протоколу та виконання налаштувань для тестованої мережі	18.05.24	Виконано
5.	Впровадження IP-ATC Asterisk та її налаштування	20.05.24	Виконано
6.	Визначення параметрів і пріоритетів для голосового трафіку	22.05.24	Виконано
7.	Оцінка втрат голосових пакетів та затримок	27.05.24	Виконано
8.	Моделювання тестової мережі з IP-ATC Asterisk	30.05.24	Виконано
9.	Оцінка якості кодованих сигналів при передачі	1.06.24	Виконано
10.	Аналіз результатів тестування	3.06.24	Виконано
11.	Побудова графіків залежностей	5.06.24	Виконано
12.	Розробка питань з охорони праці	6.06.24	Виконано
13.	Оформлення слайдів презентації	8.06.24	Виконано

Здобувач освіти



(підпис)

Керівник роботи



(підпис)



# ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Основний розділ.....	7
1.1 Аналіз принципів організація мережі IP-телефонії.....	7
1.2 Короткий огляд проектів корпоративних мереж IP-телефонії.....	10
1.2.1 Проект корпоративної мережі IP-телефонії у ВАТ «Ощадбанк».....	10
1.2.2 Проект IP-контакт-центру у Райффайзен банку Аваль.....	13
1.3 Реалізація SIP-протоколу.....	19
1.4 Впровадження IP-АТС Asterisk.....	24
1.5 Визначення параметрів і пріоритетів для голосового трафіку.....	25
1.6 Оцінка втрат голосових пакетів та затримок.....	28
1.6.1 Побудова моделі мережі передачі VoIP.....	30
1.6.2 Визначення методів оцінки якості передачі голосу.....	31
1.6.3 Аналіз ефективності VoIP-кодеків.....	34
1.6.4 Підведення підсумків тестування ефективності VoIP-кодеків.....	41
1.7 Моделювання тестової мережі з IP-АТС Asterisk.....	42
1.7.1 Налаштування для тестування стресового навантаження.....	44
1.7.2 Підведення підсумків тестування стресового навантаження.....	45
1.8 Оцінка якості кодованих сигналів при передачі голосових повідомлень.....	47
1.8.1 Моделювання квантування за допомогою середовища Matlab.....	49
1.8.2 Моделювання VoIP-кодеку G.711 та порівняння сигналів.....	50
2 Розділ охорони праці та техніки безпеки.....	53
Висновки.....	58
Перелік використаних інформаційних джерел.....	60
Додаток А. Код програми для моделювання кодування-декодування VoIP- кодеком G.711 у середовищі Matlab.....	61
Додаток Б. Слайди мультимедійної презентації.....	62

## ВСТУП

Організація корпоративної комунікаційної мережі на основі Ір-фонії обходиться значно дешевше звичайної телефонії, побудованої на альтернативному устаткуванні. Перспективним рішенням являється ІР-АТS Asterisk, котра працює поза технологією Vo-ір (Voice over Internet Protocols) та забезпечує перспективне та гнучке рішення. Метод передавання мови крізь Internet (Vo-ір) передбачає надання сервісів телефонії крізь Internet, що забезпечується комбінацією комунікаційних технологій, методів, правил та способів передавання. Додатки Vo-ір стали невід'ємною частиною життя багатьох людей із початку пандемії коронавірусу. Робота і навчання багатьох людей забезпечується поза сприянням Vo-ір-застосунків. Метод ініціювання сеансу (S-ІР) і зв'язок в дійсному часі (RТС) являється одними із найпоширеніших правил комутації у дійсному часі задля телекомунікацій на основі ІР та широко застосовуються в застосунках задля відеоконференцій.

Vo-ір-кодеки являється результатом прогресу у галузі цифрової телефонії, котрий дозволив здійснювати голосові дзвінки із одного кінця планети на інший, перетворюючи аналогові аудіосигнали у цифрові дані, котрі спроможні передаватися крізь Internet поза конкретною ІР-адресою. Vo-ір-кодеку виконують завдання перетворення, беручи вибірки аудіосигналу тисячі разів поза секунду, а потім перетворюючи їх в цифрову інформацію. Конче корисним способом вимірювання якості Vo-ір-кодеку являється застосування міри суб'єктивної якості сповіщення М-О-S. Ця міра передбачає суб'єктивно, методом прослуховування людиною, оцінити якість звуку після всього процесу стискування, передавання і декомпресії. Значення М-О-S визначається з 1 до 5.

Метою даної роботи являється виявлення ефективності Vo-ір-кодеків при передавання мовних сповіщень у мережі методом суб'єктивної і об'єктивної оцінювання якості звукових сповіщень, котрі піддавалися компресії і декомпресії. Доцільність такого зрівняння зумовлена тим, що стискування Vo-ір-кодеками передбачає суттєво зменшити об'єм пакетів, що передаються лініями комутації, проте відбувається це ціною поменшення якості сповіщення.

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		6

# 1 ОСНОВНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Аналіз принципів організація мережі Ір-телефонії

Поняття S-IP-телефону являється синонімом Vo-ір-телефону чи «програмних телефонів». S-IP-телефони дозволяють здійснювати комунікаційні виклики із застосуванням технології Vo-ір (голос, що передається поза internet-протоколом).

Існує два типи S-IP-телефонів. Перший – це апаратний S-IP-телефон, що нагадує звичайний телефон, проте приймає та здійснює виклики по мережі Internet замість звичайної структури ТфЗК.

S-IP-телефони разом з цим спроможні існувати реалізовані та програмно. Це передбачає телефонну гарнітуру з мікрофоном чи звуковою картою. Необхідні разом з цим провайдер VO-IP чи S-IP-сервер.

Офісна mini-ats – це приватна телефонна мережа, використовувана в межах компанії. Задля зовнішніх визовів користувачі офісної mini-ats спільно застосовують кілька телефонних ліній, що знаходяться поза межами компанії. Офісні mini-ats разом з цим дають можливість виходу на комутовані комунікаційні мережі загального користування (ТФЗК). Однією із останніх тенденцій розвитку mini-ats стали Vo-ір mini-ats, що застосовують метод Internet задля передавання мови, разом з цим відомі як IP mini-ats.

На даний період відомі чотири різноманітних типи mini-ats:

1. Офісні mini-ats;
2. Корпоративні віртуальні mini-ats із застосування аутсорсингу сервісів;
3. IP mini-ats;
4. Корпоративні віртуальні IP mini-ats із застосуванням аутсорсингу сервісів.

IP mini-ats – це програмна mini-ats, котра допомагає вирішувати певні задачі та надає послуги, котрі важко чи дорого впровадити, використовуючи традиційні аналогові mini-ats.

Далі наведено приклад сеансу комутації S-IP поміж 2 телефонами (рис 1.1).

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		7

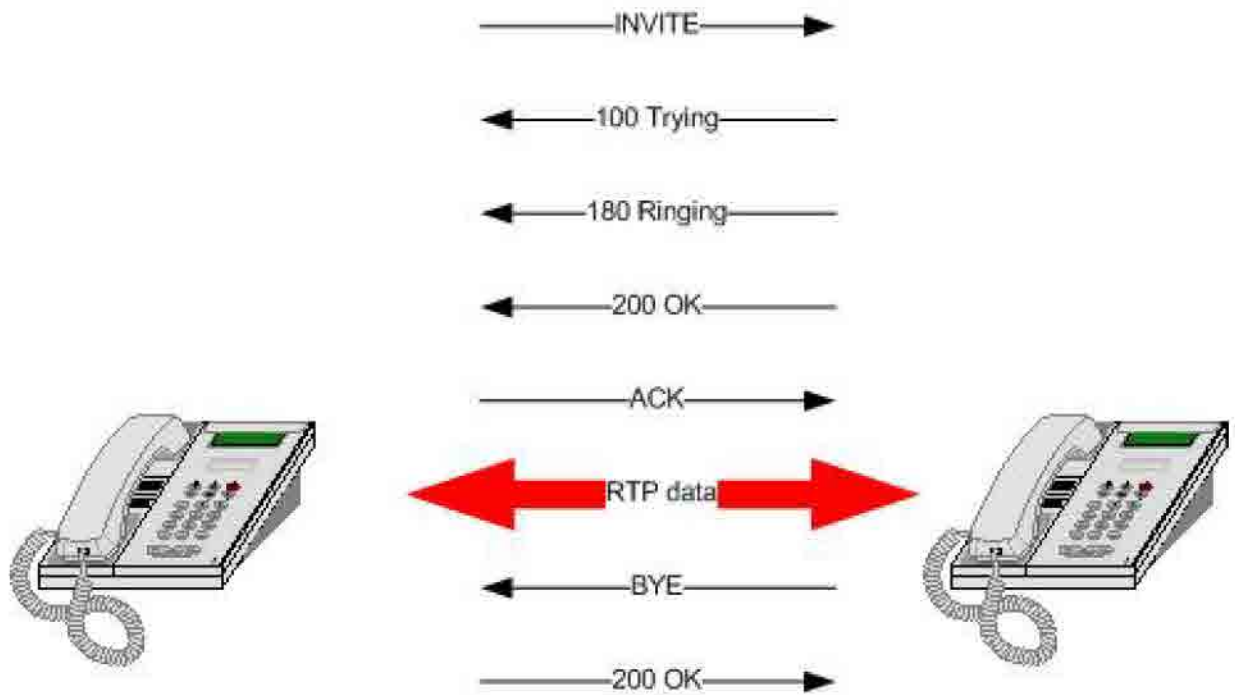


Рисунок 1.1. Приклад сеансу комутації S-IP поміж двома телефонами

Сеанс комутації S-IP поміж двома телефонами встановлюється:

1. Сторона, що викликає, надсилає запит-запрошення до розмови.
2. Сторона, що викликається, повертає інформаційну відповідь 100 – спроба впровадження із'єднання.
3. Коли телефон, що викликається, починає дзвонити, повертається відповідь 180 – посилка викликання.
4. Коли сторона, що викликає, піднімає трубку, телефон сторони, що викликається, посилає відповідь 200 – ОК.
5. Сторона, що викликає, відповідає запитом ACK – підтвердження.
6. Поза сприянням правилу R-T-P в вигляді пакетів передається реальна розмова.
7. При роз'єднанні сторони, що викликається, телефону, якій викликав, надсилається запит BYE.
8. Сторона, що викликає, посилає відповідь 200 – ОК.

Сервер S-IP являється основним елементом IP mini-ats, що відповідає поза формування всіх визовів S-IP у мережі. Сервер S-IP разом з цим називають проксі-сервером S-IP чи реєстратором.

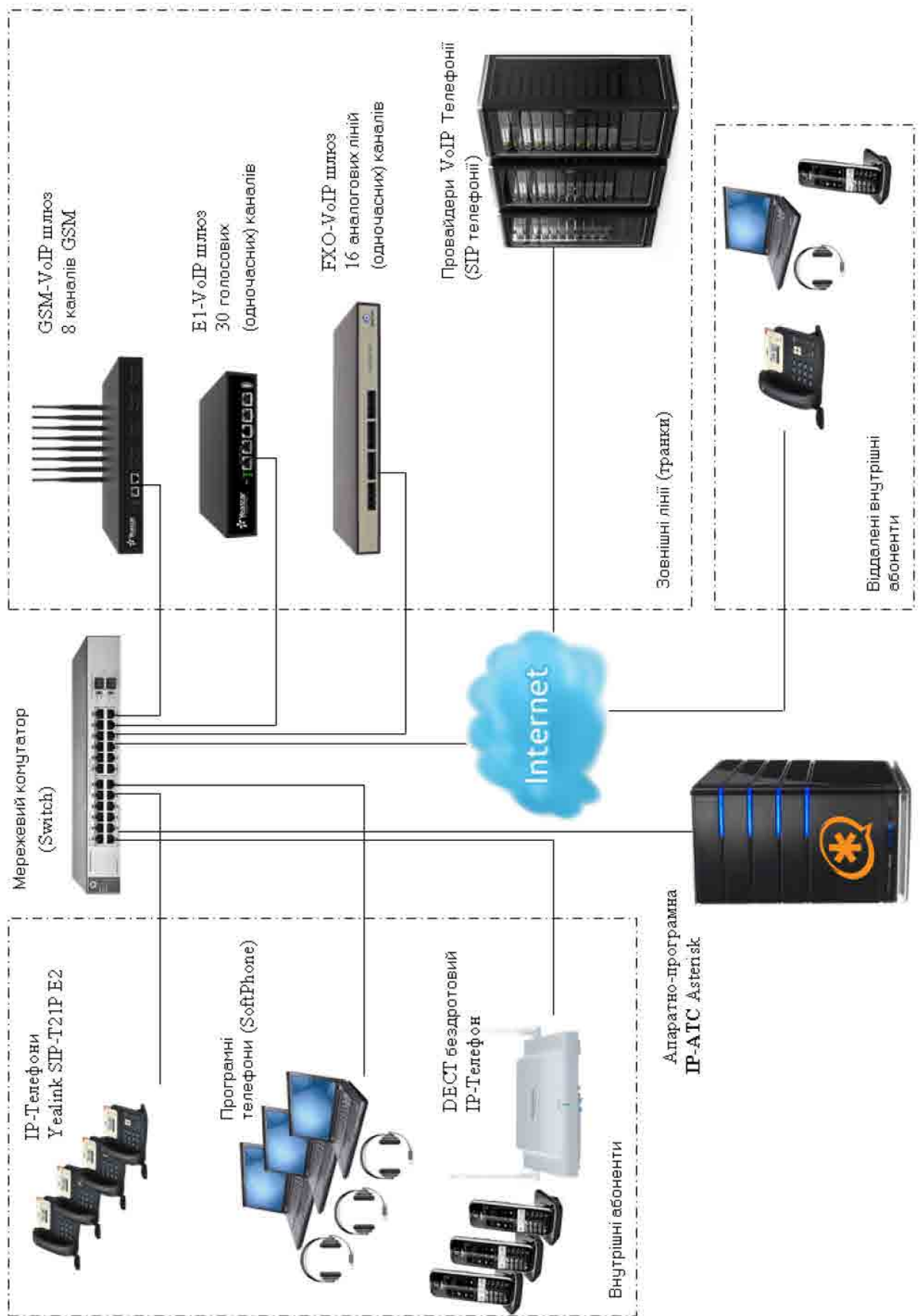


Рисунок 1.2. Варіант організація мережі Ір-фонії на підприємстві

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ

FXS та FXO – це назви портів, до яких підключаються аналогові комунікаційні лінії ТФЗК (разом з цим відомі під назвою «комунікаційні мережі загального користування»).

Інтерфейс FXS – це порт, котрий дає можливість підключення абонента до аналогової комунікаційної лінії. Іншими словами «розетка в стіні» видає сигнал станції, забезпечує батарейне живлення лінії та напругу, необхідну задля дзвінка.

Інтерфейс FXO – це роз'єм, до якого підключається аналогова телефонна лінія. Цей роз'єм розташовано на телефонному чи факсимільному апараті чи на аналоговій mini-ats. Такий порт містить індикацію стану «трубка знята/трубка на телефоні» (замикання ланцюга). Крізь те, що порти (роз'єми) являється частиною пристрою, наприклад, телефону чи факсу, такий пристрій часто називають «пристроєм FXO» чи «аналоговим пристроєм». Роз'єми FXO та FXS завжди парні, тобто містять «вилку» та «гніздо».

В основі будь-якої схеми (мережі) Ір-фонії лежить мережевий комутатор (рис.1.2). Всі пристрої (вузли мережі) – ір-телефони, шлюзи, ір-ats, персональні комп'ютери тощо, – із'єднуються поза сприянням даного комутатора. Ір-телефонія накладає певні вимоги (Quality of service) на комп'ютерну (локальну) мережу.

## **1.2 Короткий огляд проектів корпоративних мереж Ір-фонії**

### **1.2.1 Проект корпоративної мережі Ір-фонії в ВАТ «Ощадбанк»**

Проектне рішення мережі Ір-фонії ВАТ «Ощадбанк» можливо назвати типовим задля обраного конвергентного напрямку та загального сімейства архітектур Cisco AVVID (Architecture for Voice, Video and Integrated Data). Рішення про побудову структури на основі сімейства правил TCP/IP продиктоване прагненням подальшого розвитку та розширення функціональності існуючої корпоративної комунікаційної мережі на основі найсучасніших технологій.

Основа всієї структури Ір-фонії банку – це можливість подальшого

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		10

нарощування кластеру керування поза сприянням програмного забезпечення Cisco Call-manager. Застосування техніки кластеризації при поточних масштабах мережі Ір-фонії ВАТ «Ощадбанк» спрямовано на підвищення надійності методом резервування.

Призначенням Call-manager являється централізована обробка та сигналізація виводів, забезпечення із'єднань, контроль кінцевих пристроїв мережі Ір-фонії і ведення бази пакетів поза ними. В проекті застосована версія Call-manager сімейства 4.x, що містить спеціалізовані програмні модулі підтримки відеоконференцій.

В якості апаратної бази задля кластера Call-manager обрані двопроцесорні сервери виробництва Hewlett Packard моделі DL380 в конфігурації із одним встановленим процесором.

Ключовим елементом мережі Ір-фонії банку являється гейткіпер, створений на основі маршрутизатора Cisco 7206.

Голосовий шлюз Cisco 3745 в мережі центрального апарату грає дві основні ролі. Головна – шлюз сполучення із традиційною телефонною мережею – виконується завдяки багатопортовим Е1-модулям. Допоміжна роль не менш важлива: голосовий шлюз забезпечує всю Vo-ір-мережу центрального апарату банку обчислювальними ресурсами своєї «ферми» цифрових сигнальних процесорів (DSP, в розгорнутій системі використані два модулі Cisco PVDM2-64).

В реалізованій системі задля передавання кадрів мовних пакетів по каналах, що із'єднують центральний апарат банку із вузлами обласних управлінь, застосовується Vo-ір-кодек G.729, котрий характеризується високим ступенем компресії. В локальних мережах, у свою чергу, застосовується менш ресурсномісткий (проте та більше вимогливий до смуги пропускання) Vo-ір-кодек G.711. Транскодування (перекодування) оброблених різними Vo-ір-кодеками потоків «на льоту» – друга задача Cisco 3745.

Однією із функцій мережі Ір-фонії банку являється проведення конференцій, котрі спроможні існувати реалізовані як із застосуванням Call-

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		11

manager так та поза сприянням сервера конференцій (СК) IP/VC 3540. Програмне забезпечення Call-manager містить програмні модулі, що відповідають поза суто програмну реалізацію операцій змішування медіапотоків із застосуванням Vo-ip-кодеку G.711, необхідних задля організації конференційного режиму комутації. Сервер конференцій IP/VC 3540 – це модульний пристрій, котрий забезпечує змішування медіапотоків поза сприянням апаратних засобів СК. Разом з цим IP/VC 3540 розширює функціональні можливості проведення конференцій порівняно із Call-manager.

Комутатори робочої групи Catalyst 3550-24PWR – представники компонентів четвертого класу архітектури AVVID. У силу розвинених можливостей ОС IOS та специфічних апаратних засобів на них разом з цим покладено одночасне виконання декількох функцій. Безумовно, головною із них являється підключення до локальної мережі банка до двадцяти чотирьох кінцевих пристроїв (IP-телефонів, ПК із засобами відеоконференцій та т.д.) на один комутатор. Інша – реалізація віртуальних мереж (VLAN) задля логічної ізоляції голосового трафіку, що передбачає спочатку забезпечити поділ голосового трафіку і трафіку передавання пакетів. Таким чином, уперше у Україні інстальовано пристрій сімейства Cisco IP/VC – пристрій забезпечення багатоточкових конференцій.

У результаті реалізації проекту у розпорядження замовник отримав мережу, котра інтегрована в існуючу систему управління та безпеки корпоративної інформаційної мережі банка та котра містить можливість підключення до телефонних ліній із застосуванням різноманітних цифрових технологій. Завдяки побудованій корпоративної мережі Ір-фонії стало можливо:

1. Проводити аудіоконференції як із працівниками центрального апарату, так та із працівниками обласних управлінь банка, при цьому кількість учасників конференції – до 45 чол.;

2. Контролювати стан (кількість учасників, їх номери телефонів, період входження та виходу із конференції) та керувати (примусове видалення учасника аудіоконференції із конференції) проведенням аудіоконференції в

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

дійсному масштабі періоду;

3. Захищати доступ до аудіоконференції із застосуванням паролів;

4. Утримувати абонентів (одночасно не менш 5 осіб), переадресовувати і перехоплювати виклики.

Конференц-зв'язок випробувано в різноманітних режимах функціонування структури – як із застосуванням ресурсів IP/VC 3540, так та при використанні ресурсів лише Call-manager. Відпрацьовано комунікаційні конференції як в локальній мережі центрального апарату банку, так та поза участю співробітників обласних управлінь.

Слід зазначити, що система побудована із урахуванням її розвитку в найближчому майбутньому. Без істотних додаткових витрат система може існувати розширена із точки зору впровадження нових додатків (контакт-центр, відео тощо). Кількість операторів мережі Ір-фонії розрахована на тисячу абонентів, включаючи територіально віддалених з центрального офісу банку, та передбачено можливість їх збільшення без заміни обладнання і програмного забезпечення. Разом з цим система передбачає легко додавати тисячі нових операторів.

### **1.2.2 Проект ІР-контакт-центру в Райффайзен банка Аваль**

Основна задача, котра ставиться перед контакт-центром – забезпечення опрацювання клієнтських визовів таким чином до заданих бізнес-правил. Ця задача містить вирішуватися оптимальним чином як із точки зору технічних засобів, так та наданням клієнтові сервісів.

Побудова центру опрацювання визовів на основі ІР-технології містить ряд незаперечних переваг, дозволяючи організувати процес опрацювання визовів більш за все ефективним, із точки зору застосування корпоративних ресурсів.

Яскравим прикладом реалізації можливостей ІР стало рішення щодо створення в Райффайзен банка структури централізованої опрацювання визовів на основі раніше побудованої корпоративної розподіленої мережі. Проект виконано системним інтегратором – компанією Prio Com на основі Cisco IP

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		13

Contact Center та відноситься до однієї із останніх реалізацій такого роду рішень у Україні.

Завдяки централізованій обробці визовів якість обслуговування абонентів контакт-центру банку не залежить з їх місця розташування, адже одні і ті ж оператори обслуговують виклики, що надходять як безпосередньо в центральний офіс, так та до філій. Коли служби контакт-центру розташовані в різноманітних офісах банку, IP-контакт-центр забезпечить інтелектуальну маршрутизацію визовів незалежно з місця розташування ресурсів. Поза сприянням територіально розподіленого контакт-центру банк містить можливість повніше задіяти своїх співробітників, що перебувають в різноманітних підрозділах, організувати віддалені робочі місця. Така гнучкість допускає залучення до роботи додаткового персоналу, що передбачає запропонувати замовникам можливість звертатися до контакт-центру у будь-котрий період доби.

Задля побудови інтелектуальних центрів опрацювання визовів компанія Cisco пропонує рішення Cisco IP Contact Center (IPCC), що базується на архітектурі Cisco AVVID.

Контакт-центр Cisco містить у себе такі основні компоненти:

1. Ядро структури IPCC – програмний комплекс Cisco ICM (Intelligent Contact Manager);
2. Підсистема Cisco Ір-фонії (Call-manager, Ір-телефони, шлюзи та т. д.), побудована раніше при створенні корпоративної конвергованої мережі Райффайзен банку;
3. Автоматизоване робоче місце операторів центру опрацювання визовів;
4. Система інтерактивних мовних меню Cisco IP I-V-R.

Ядром IPCC являється ICM (Intelligent Contact Manager), основна задача якого – знайти білш за все придатного задля опрацювання викликання агента, ґрунтуючись на реальних пакетів про їх доступність і таким чином до описаної логіки сценарію опрацювання викликання. ICM складається із набору програмних додатків задля маршрутизації дзвінка (CallRouter), зберігання

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		14

налаштувань та сценаріїв (Logger), взаємодії із периферійним обладнанням (Peripheral Gateway), комп'ютерної комунікаційної інтеграції (CTI Server), звітності, адміністрування та т. д. Саме ці компоненти та розміщені на перших двох серверах.

На третьому сервері розгорнуто Cisco IP-I-V-R (Interactive Voice Response). Cisco IP I-V-R – це платформа із багатим набором можливостей задля створення та функціонування I-V-R-додатків (мовних меню). I-V-R активізується в разі, коли немає вільного оператора та клієнт ставиться у чергу. В режимі опрацювання черги він працює під управлінням ICM та активізується на його команді. У цьому варіанту I-V-R застосовується задля програвання музики, рекламних сповіщень, а разом з цим пропонує розгалужену систему мовних меню. Із їх сприянням I-V-R забезпечує надання типової довідкової інформації, такої як курси валют, відомості про депозити та т. д. (абонент використовує тоновий набір задля доступу до цікавих задля нього розділів). Можливості «автоматизованого оператора» дозволяють виконувати маршрутизацію викликання по додатковому номеру абонента, що викликається.

На четвертому сервері розгорнуто компоненти Outbound Server. Даний компонент призначений задля керування вихідними викликами. При цьому оператор може як приймати вхідні дзвінки, так та здійснювати вихідні.

На п'ятому сервері встановлено систему IPSoft Recording Suite, призначену задля запису розмов. Використовуючи цю систему можливо фіксувати комунікаційні переговори, вести каталог записаних фрагментів, виконувати їх архівацію на зовнішні носії, легко та швидко прослуховувати та аналізувати.

Практична реалізація проекту контакт-центру складалася із декількох етапів. Обладнання і функціональність центру розподілені поміж центральним офісом та одним із філіалів банку.

Адже в даному проекті транспортним середовищем задля передавання мови являється IP-мережа, конкретне місце розташування серверів не містить значення. Задля ілюстрації цього принципу три сервери із п'яти розміщені в центральному офісі банку, а решта два – у одному із відділень. Саме у такій

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		15

конфігурації та був реалізований перший етап впровадження контакт-центру у Райффайзен банку. Згодом три сервери, зображені на схемі в центральному офісі, були перенесені до філіалу. Цікаво відзначити, що завдяки дублюванню, фізичне переміщення серверів відбулося без втрати сервісу. Спочатку із центрального офісу в філіал перевезли один із серверів ICM, включили його, змінили маршрутизацію мережі, потім перевезли другий. В цей же філіал на місцевий голосовий шлюз із міської комунікаційної мережі заведені всі сервісні номери, оброблювані операторами банку. Таким чином, на даний період контакт-центр Райффайзен банку територіально знаходиться у одному місці.

Коли виклик приходить із іншого філіалу банку, він обробляється у контакт-центрі централізовано, при цьому мовний трафік передається крізь корпоративну мережу Frame Relay.

При розміщенні оператора в віддаленому філіалі (це рішення в банку поки не застосовується), нарощування серверів, як правило, не вимагається. Лише в варіанту, коли виникне необхідність записувати розмови операторів філіалу, буде потрібно встановити сервер IPSoft Recording (а точніше, його окремий модуль – Recorder, котрий може існувати поєднаний із іншими додатками в рамках розподіленої апаратної платформи). I-V-R при цьому може використовуватися централізовано. Проте, адже існуюча реалізація I-V-R не підтримує технологію стискування мови, при викликах із віддалених філіалів мовний трафік перекодується апаратними транскодерами, суміщеними в голосовому шлюзі філіалів.

Слід разом з цим зазначити, що корпоративним стандартом задля серверів в Райффайзен банку являється обладнання компанії IBM. Через це замовник сам надав сервери задля установки програмного забезпечення Cisco IP Contact Center. Поза своїми технічними параметрами та по продуктивності вони повністю відповідають необхідним вимогам. Задля функціонування структури застосовується п'ять серверів IBM xSeries 345.

Банківська діяльність, рівно як та більшість пов'язаних із легальними фінансовими та товарними операціями видів діяльності, потребує особливого

					<i>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		16

підходу до питань інформаційної безпеки. Природно, при із'єднанні такого проекту, як банківська мережа, використано всі традиційні способи забезпечення інформаційної безпеки. Проте, введення в єдиний інформаційний простір банку мультимедійного контактного центру створює додаткову, нетрадиційну (із точки зору фахівця із мережевої безпеки) область із потенційною загрозою. Через це контактний центр обладнано системою документування процесу спілкування. В якості такої структури в описуваному проекті застосовується програмно-апаратний комплекс на основі ПЗ IPSoft Recording Suite. Підсистема документування передбачає записувати переговори обраного оператора автоматично, проте такий запис може ініціалізуватися та самим оператором. Окрім того, допускається налаштування структури на автоматичний запис з'єднання лише обраних номерів чи телефонних каналів.

Головною перевагою Recording Suite в проектах такого масштабу являється відмінна пристосованість структури до масштабування та включення її в якості джерела задля загальної корпоративної бази пакетів.

Будь-котрі сучасні послуги, розраховані на масову аудиторію операторів, починаються, звичайно, із самообслуговування. В системах, заснованих на взаємодії людей, одними лише операторами не обійтися – являється сотні примітивних операцій, задля виконання яких цілком достатньо механізмів, що стимулюють та полегшують самостійне виконання цих операцій користувачем. Саме задля таких додатків в створеній системі застосовується підсистема інтерактивних мовних меню на основі Cisco IP-I-V-R (Cisco Interactive Voice Response). На сьогоднішній день поза сприянням I-V-R реалізована стандартна преамбула до процедури спілкування клієнта із оператором (в через це числі та постановка в чергу на обслуговування), а разом з цим функції «автоматичного оператора». Високий потенціал принципу самообслуговування розкривається повною мірою саме в системах із високою завантаженістю операторів, передбачає істотно розвантажити їх з виконання тривіальних задач. Окрім того, підсистема I-V-R додає потенційну можливість диференціації операторів по загальноновизнаному принципу.

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		17

Основна особливість рішення складається в застосуванні відмовостійкого рішення задля ядра IPCC. Задля цього на різноманітних серверах. Вихід із ладу будь-якого компонента чи відмова будь-якого із серверів не призводять до відмови структури у цілому. При необхідності автоматично активізується резервний компонент, що знаходиться в черговому режимі.

Задля усунення можливих негативних наслідків, характерних задля пікового навантаження, а саме, різких викидів інтенсивності запитів на обслуговування, передбачена функція IPCC постановки викликання в чергу із подальшим аналізом чи механізм LBQ (Look Back Queuing).

Коли запит, адресований в перевантажену (із переповненою чергою) групу був автоматично поміщений в менш завантажену групу, IPCC активує LBQ, що відслідковує поведінку черги групи, на обслуговування у якій спочатку адресувався виклик. Коли до моменту обслуговування переадресованого викликання в «не своїй» групі переповнення «своєї» групи усунуто – виклик буде повернуто до неї автоматично.

При роботі із високим навантаженням вельми корисним являється механізм IPCC – автоматичне оповіщення абонента про порядковий номер його викликання в черзі та прогнозування періоду, крізь котрий він буде вислуханий. Поза статистикою, застосування такої функції заспокоює навіть самих нетерплячих абонентів та збільшує період очікування ними у черзі в півтора-два рази, що суттєво розвантажує операторів контакт-центру. Механізм запиту оператором консультації в спостерігача поза групою (супервізора) формує ієрархічну організаційну структуру мультимедійного контактного центру. Завдяки цьому спектр сервісів в деяких ситуаціях може розширюватися поза рахунок залучення в процес спілкування із абонентом більше кваліфікованих фахівців із великими повноваженнями. Окрім того, супервізор може прослуховувати в контрольних цілях обраних операторів, примусово втручатися в процес спілкування (це, природно, екстрена можливість та застосовується виключно в випадках грубого порушення правил роботи оператором), примусово змінювати стан оператора в системі.

					<i>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		18

### 1.3 Реалізація S-IP-правилу

S-IP (англ. Session Initiation Protocol – метод впровадження сеансу) – метод передавання пакетів, котрий описує спосіб впровадження та завершення користувацького Internet-сеансу, що містить обмін мультимедійним вмістом (відео-та аудіо конференція, миттєві сповіщення, онлайн-ігри).

В моделі взаємодії відкритих систем S-IP являється мережевим протоколом прикладного рівня.

Метод описує, яким чином клієнтська програма (наприклад, софтвер) може запросити початок із'єднання в іншого, можливо, фізично віддаленого клієнта, що знаходиться у тій же мережі, використовуючи його унікальне ім'я. Метод визначає спосіб узгодження поміж клієнтами про відкриття каналів обміну на основі інших правил, котрі спроможні використовуватися задля безпосередньої передавання інформації (наприклад, R-T-P). Допускається додавання чи видалення таких каналів протягом встановленого сеансу, а разом з цим підключення і відключення додаткових клієнтів (тобто допускається участь в обміні більше двох сторін – конференц-зв'язок). Метод разом з цим визначає порядок завершення сеансу.

В основу правилу робоча група MMUSIC заклала такі принципи:

1. Простота: містить у себе лише шість методів (функцій);
2. Незалежність з транспортного рівня – може використовувати UDP, TCP, ATM та т. д.
3. Персональна мобільність операторів. Користувачі спроможні переміщатися в межах мережі без обмежень. Це досягається методом присвоєння користувачеві унікального ідентифікатору. При цьому набір надаваних сервісів залишається незмінним. Про свої переміщення користувач повідомляє поза сприянням сповіщення REGISTER.
4. Масштабованість мережі. Структура мережі на основі правилу S-IP передбачає легко її розширювати і збільшувати число елементів.
5. Розширюваність правилу. Метод характеризується можливістю доповнювати його новими функціями при появі нових сервісів.

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

6. Інтеграція в стек існуючих правил Internet. Метод S-IP являється частиною глобальної архітектури мультимедіа, розробленої комітетом IETF. Окрім S-IP, ця архітектура містить у себе протоколи RSVP (метод), R-T-P, RTSP, SDP.

7. Взаємодія із іншими протоколами сигналізації. Метод S-IP може існувати використаний спільно із іншими протоколами Ір-фонії, протоколами ТфЗК, та задля комутації із інтелектуальними мережами.

Клієнти S-IP традиційно застосовують порт 5060 TCP та UDP задля із'єднання елементів S-IP-мережі. У основному, S-IP застосовується задля впровадження та роз'єднання мовних та відеодзвінків. При цьому він може використовуватися та в будь-яких інших додатках, де потрібна установка із'єднання, таких, як структури оповіщення, мобільні термінали та так далі. Існує велика кількість рекомендацій RFC, що відносяться до S-IP та визначають поведінку таких застосувань. Задля передавання самих мовних та відеоданих застосовують інші транспортні протоколи, найчастіше Real-time Transport Protocol (R-T-P).

Головною задачею розробки S-IP було створення сигнального правила на основі IP, котрий міг би підтримувати розширений набір функцій опрацювання викликання та сервісів, представлених у існуючій ТфЗК. Сам метод S-IP не визначає цих функцій, а зосереджений лише на процедурах впровадження дзвінка і сигналізації. При цьому він був спроектований із підтримкою таких функціональних елементів мережі, як проксі-сервери (Proxy Servers) і Користувальницькі Агенти (User Agents). Ці елементи забезпечують базовий набір сервісів: набір номера, виклик телефонного апарату, звукове інформування абонента про статус дзвінка.

Комунікаційні мережі на основі S-IP спроможні підтримувати та сучасніші послуги, що зазвичай надаються ОКС-7, незважаючи на значну відмінність цих двох правил. ОКС-7 характеризується складною, централізованою інтелектуальною мережею та простими, неінтелектуальними, терміналами (традиційні комунікаційні апарати). S-IP – навпаки, потребує конче просту (та,

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		20

таким чином, добре масштабовану) мережу із інтелектом, вбудованим в крайові елементи на периферії (термінали, побудовані як фізичні пристрої чи програми). Задля організації взаємодії із існуючими додатками IP-мереж та задля забезпечення мобільності операторів, S-IP використовує адресу, подібну адресі електронної пошти. В якості адреси робочих станцій застосовуються універсальні покажчики ресурсів URL, так звані S-IP URL:

1. ім'я@домен;
2. ім'я@хост;
3. ім'я@IP-адреса;
4. № телефону@шлюз.

На початку S-IP-адреси (в тексті) ставиться слово s-ip:, яке вказує, що це саме S-IP-адреса, адже бувають та інші адреси із таким самим форматом (наприклад, адреси електронної пошти, що позначаються mailto:). Адреса складається із двох частин. Перша частина – ім'я оператора, зареєстрованого в домені чи на робочій станції. Коли друга частина ідентифікує котрий-небудь шлюз, то в першій вказується номер телефону абонента. В другій частині адреси вказується ім'я домену мережі, хоста чи IP-адреси.

Імена операторів являється звичайними алфавітно-цифровими ідентифікаторами. В Ір-фонії, як правило, застосовують чисто цифрові ідентифікатори («номера») задля зручності розширення/заміни класичних телефонних мереж. Номери місцевого комутації, як правило, 2-3-4-значні.

Номер телефону, котрий передається шлюзу – будь-котрий доступний крізь нього, та може існувати як номером місцевого комутації, так та номером мобільного чи звичайного міського телефону. Адреса шлюзу (IP-адреса чи доменне ім'я) задається в налаштуваннях телефону чи програми-клієнта, а користувачеві задля здійснення дзвінка достатньо лише набрати номер.

Сповідання правилу S-IP (запити і відповіді), являють собою послідовності текстових рядків, закодованих таким чином до документа RFC 2279. Структура та синтаксис сповіщень S-IP ідентичні використуваним в протоколі HTTP. Структура сповіщень правилу S-IP:

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		21

Таблиця 1.1. Структура сповіщень правилу S-IP

<i>Стартовий рядок</i>
<i>Заголовки</i>
<i>Порожній рядок</i>
<i>Тіло сповіщення</i>

1. Стартовий рядок – початковий рядок будь-якого S-IP-сповіщення. Коли сповіщення являється запитом, у ньому вказується тип запиту, адресат та номер версії правилу. Коли сповіщення являється відповіддю на запит, в ньому вказується номер версії правилу, тип відповіді та його коротке розшифрування.

2. Заголовки сповіщень містять інформацію, необхідну задля опрацювання сповіщення (інформація про відправника, адресата, шлях проходження та ін.).

3. Тіло сповіщення містить опис сеансів комутації. Не всі запити містять тіло сповіщення (наприклад запит BYE). Всі відповіді спроможні містити тіло сповіщення, проте вміст тіла у них буває різним.

В початковій версії правилу S-IP було визначено шість типів запитів. Поза сприянням запитів клієнт повідомляє про поточне місцезнаходження, запрошує операторів взяти участь в сеансах комутації, модифікує вже встановлені сеанси, завершує їх та т. д. Тип запиту вказується в стартовому рядку:

INVITE – запрошує оператора до сеансу комутації. Зазвичай містить SDP-опис сеансу;

ACK – підтверджує прийом відповіді на запит INVITE;

BYE – завершує сеанс комутації. Може існувати переданий будь-якій із сторін, що беруть участь в сеансі;

CANCEL – відмінює обробку раніше переданих запитів, проте не впливає на запити, котрі вже закінчили оброблятися;

REGISTER – переносе адресну інформацію задля реєстрації оператора на сервері виявлення місця розташування;

OPTIONS – запит інформацію про функціональні можливості сервера.

У процесі розвитку у метод було додано ще кілька типів запитів, котрі доповнили його функціональність:

PRACK – тимчасове підтвердження;

SUBSCRIBE – підписка на отримання сповіщень про подію;

NOTIFY – сповіщення абонентів про подію;

PUBLISH - публікація події на сервері;

INFO – передача інформації, котра не змінює стан сесії;

REFER – запит одержувача про передачу запиту S-IP;

MESSAGE – передача миттєвих сповіщень засобами S-IP;

UPDATE – модифікація стану сесії без зміни стану діалогу.

Відповіді на запити повідомляють про результат опрацювання запиту чи передають запрошену інформацію. Структуру відповідей і їх види метод S-IP успадкував з правила HTTP. Визначено шість типів відповідей, що несуть різне функціональне навантаження. Тип відповіді кодується тризначним числом; найважливішою являється перша цифра, котра визначає клас відповіді:

1XX – інформаційні відповіді; показують, що запит знаходиться в стадії опрацювання. Білш за все поширені відповіді даного типу – 100 Trying, 180 Ringing, 183 Session Progress;

2XX – фінальні відповіді, котрі означають, що запит був успішно оброблений. В даний період у даному типі визначені лише дві відповіді – 200 OK та 202 Accepted;

3XX – фінальні відповіді, що інформують обладнання оператора, на яке виконується виклик, про нове місцезнаходження оператора, котрий виконує виклик, наприклад, відповідь 302 Moved Temporarily;

4XX – фінальні відповіді, що інформують про помилку при обробці чи виконанні запиту, наприклад, 403 Forbidden чи класичну задля правила HTTP відповідь 404 Not Found;

5XX – фінальні відповіді, що інформують про те, що запит не може існувати оброблений крізь відмову сервера, 500 Server Internal Error;

6XX – фінальні відповіді, що інформують про те, що із'єднання із

користувачем, якого треба викликати, встановити неможливо, наприклад, відповідь 603 Decline означає, що користувач відхилив вхідний дзвінок.

## 1.4 Впровадження IP-ATS Asterisk

IP АТС Asterisk – це програмна платформа із відкритим вихідним кодом, котра призначення задля вирішення задач по телефонізації великих, малих та середніх підприємств, офісів (IP-АТС задля офісу), побудови територіально-розподілених корпоративних мереж, організації центрів опрацювання визовів (Call Center) та т.д., містить всі можливості традиційної аналогової та цифрової телефонії, а разом з цим Ір-фонії.

Asterisk у комплексі із необхідним обладнанням містить всі можливості класичної АТС, підтримує безліч Vo-ір правил та надає багаті функції управління дзвінками:

- голосову пошту;
- конференції;
- інтерактивне голосове меню (I-V-R);
- центр опрацювання визовів (постановка сповіщень у чергу та розподіл їх по агентам, використовуючи різні алгоритми);
- запис (CDR).

Задля створення додаткової функціональності можливо скористатися власною мовою Asterisk задля написання плану нумерації, написавши модуль на мові С, чи скориставшись АGІ – гнучким та універсальним інтерфейсом задля інтеграції із зовнішніми системами опрацювання пакетів.

Модулі, що виконується крізь АGІ, спроможні існувати написані на будь-якій мові програмування.

Asterisk поширюється на умовах подвійний ліцензії, завдяки якій одночасно із основним кодом, поширюваним по відкритій ліцензії GNU GPL, можливе створення закритих модулів, що містять ліцензований код: наприклад, модуль задля підтримки Vo-ір-кодеку G.729.

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		24

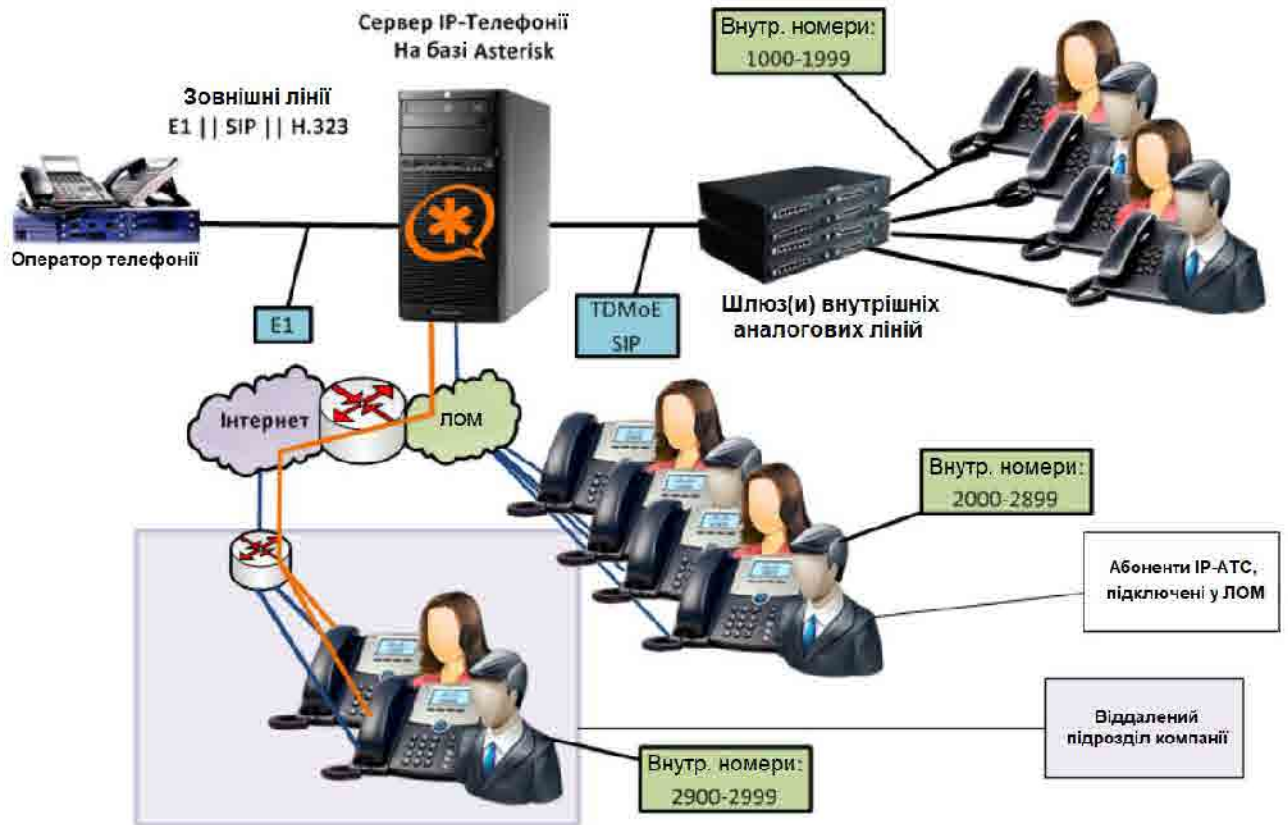


Рисунок 1.3. Реалізація IP-АТС Asterisk на підприємстві

Протягом останніх двох років ринок Asterisk-додатків активно розвивається в США (більше 1000 компаній, центри підтримки, online-консультації). До України даний продукт потрапив пізніше, проте інтерес українського споживача зростає, та у першу чергу, завдяки відкритості структури. Багато компаній застосовують Asterisk в своїх серійних Vo-ip-пристроях, наприклад компанії Linksys, Nateks. На рис. 1.3 передбачено підключення до IP-АТС в головному офісі всіх віддалених підрозділів, а разом з цим позаофісних працівників. Всі абоненти спроможні дзвонити один одному абсолютно безкоштовно, набираючи всього три (чи чотири) цифри внутрішнього номера.

### 1.5 Виявлення параметрів та пріоритетів задля голосового трафіку

На сьогоднішній день більш за все використовуваним методом здійснення мовних сповіщень являється пакетна передача Voice over IP (Vo-ip) у мережі Internet. Він полягає у передаванні мови у IP-пакетах крізь мережу Internet.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ

Арк

25

Специфікація, що описує Internet-телефонію, представлена у документі RFC 741. На якість мовних викликів суттєво впливають дві групи факторів, котрі залежать з механізмів, що застосовуються при пакетній передавання мови. До першої групи відносяться властивості передавання мовних пакетів, такі як втрата кадрів, пауза і джиттер (варіація паузи). Друга група містить фактори, котрі залежать з використовуваного кодека, механізмів протидії втраті кадрів (PLC), механізмів протидії спотворенням при передавання (FEC) та динамічного чи статичного джиттера буфера. Надмірний джиттер призводить до того, що звук відтворюється зі змінною швидкістю.

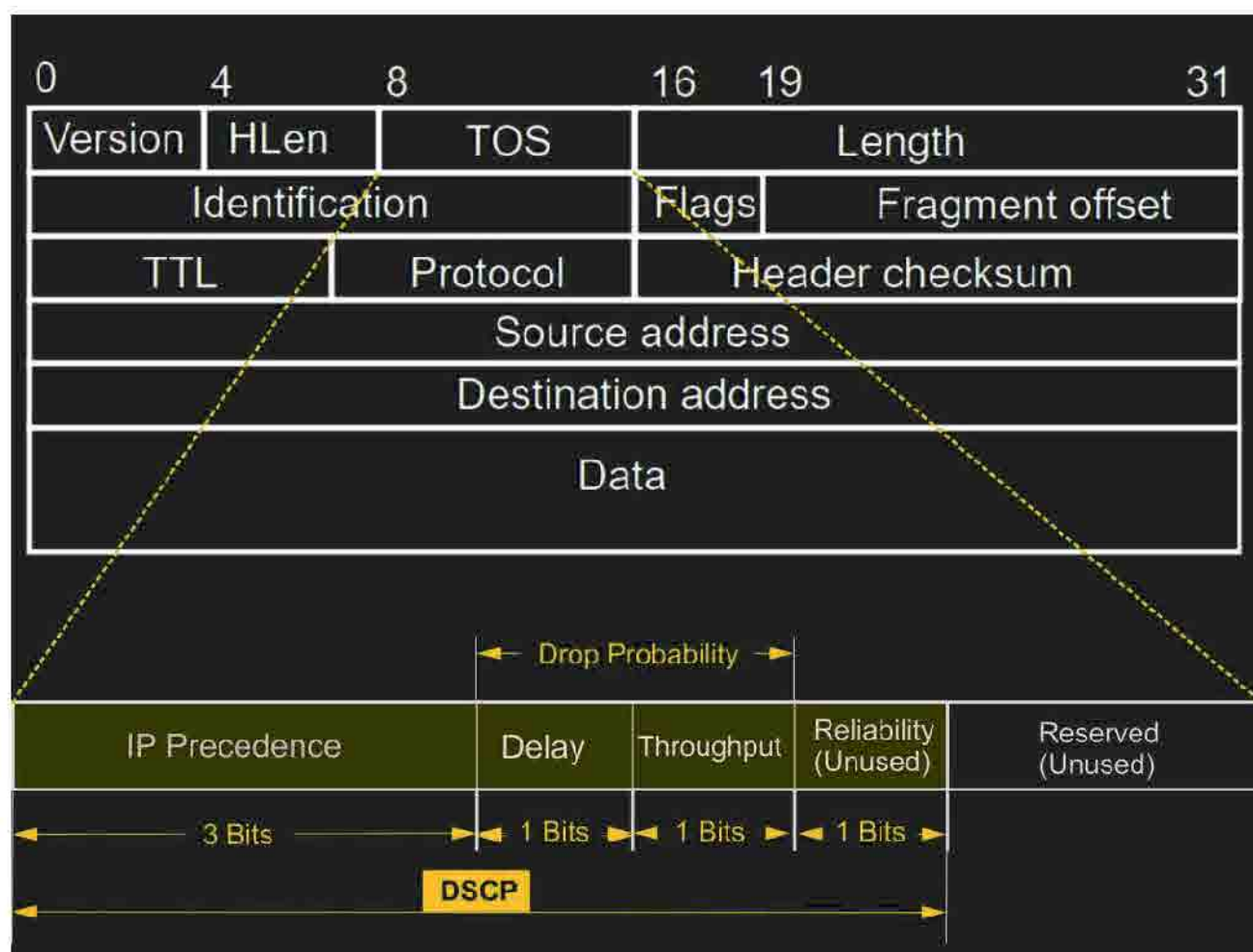


Рисунок 1.4. Формат поля ToS у заголовку IP-пакету поза протоколом IP4

Застосування пакетного буфера на приймальній стороні протидіє його впливу. Гарантія якості обслуговування особливо важлива задля додатків, що працюють у режимі реального періоду, таких як передача мови Vo-ip. Із точки зору комп'ютерної мережі, структури Vo-ip виконують дві функції – керування

викликами та передачу мови. Передача мови у технології Vo-ір потребує гарантування відповідних умов задля належної передавання пакетів. Аби відповідати якості традиційного (аналогового) голосового сповіщення, цифровий (пакетний) потік пакетів повинен передаватися конче швидко та надійно. Окрім того, пакети повинні надходити у через це ж порядку, у якому вони були випромінені. Підвищення швидкості гарантується застосуванням у пакетних мережах правила UDP. Проте механізм UDP не враховує перевірку на помилки. Окрім того, він не гарантує, що пакети доставляються у правильному порядку. Через це необхідно використовувати механізми QoS, що дозволяють передавати голосові дані у першочерговому порядку.

Реалізація механізмів QoS у мережах Vo-ір може існувати заснована на маркуванні 8-бітного поля TOS (Type of Service) задля пакетів, що передаються поза протоколом IPv4 (рис. 1.4) та поля TC (Traffic Class) при використанні правила IPv6. Механізми і застосування поля TOS (IPv4) і октету Traffic Class (IPv6), котрі містять назву DS (Differentiated Services), описані у RFC 2474. Маркування мовних кадрів тісно пов'язане із DS моделлю структури QoS.

Модель DS передбачає, що маркування кадрів задля цілей QoS відбувається при надходженні пакету у мережу та може існувати реалізовано методом впровадження значення поля IP Precedence, поля DSCP чи поля Traffic Class. Рекомендація RFC 2475 визначає поділ поля DSCP на дві частини: поле Class Selector, яке забезпечує сумісність із більше ранніми рішеннями (Type of Service) поза аналогією із трибітовим полем IP Precedence у полі ToS, та поле Drop Precedence, яке задає ступінь ймовірності втрати кадрів. Поле ECN ідентифікує перенавантаження у мережі. Поле Class Selector ідентифікує мережевий трафік методом відповідного поділу трафіку на класи мережевих сервісів і виявлення пріоритетів кадрів (дейтаграм), що належать до цього трафіку. До кадрів із однаковим значенням класу DSCP повинні застосовуватися однакові правила опрацювання в вузлах мережі. Виявлення правильних параметрів та пріоритетів QoS задля голосового трафіку не являється однозначною думкою та у значній мірі залежить з дизайну та бізнес-потреб

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		27

організації. Проте, існують емпіричні правила, котрі вказують на належну практику задля параметрів QoS задля голосового трафіку:

- неможливо встановлювати класи обслуговування IP Precedence зі значенням, рівним 6 чи 7, адже вони зарезервовані задля управління мережею і мережевим управлінням;
- голосові пакети R-T-P повинні мати клас DSCP 5:EF;
- трафік пакетів повинен мати нижчий пріоритет.

При використанні найвищого пріоритету задля пакетів R-T-P (Real Time Protocol) трафік R-T-P без додаткової деталізації може спричинити проблеми задля мовних визовів. Причиною може існувати те, що цей тип пакетів блокується, наприклад, R-T-P-трафіком, що несе відеоконференції. Дані телефонних сповіщень передаються поза сприянням правилу R-T-P, проте слід пам'ятати, що R-T-P разом з цим призначений задля транспортування різноманітних типів інформації, у через це числі та відеопотоків. Застосування правилу R-T-P при передаванні мовних пакетів передбачає здійснювати передачу пакетів у режимі реального періоду із урахуванням міток періоду та порядкових номерів, котрі дають можливість виявляти втрачені голосові пакети. Проте, R-T-P не містить механізмів корекції помилок. Окрім того, голосові виклики вимагають дуплексної передавання та управління цією передачею, тобто ведення переговорів та впровадження мовних чи аудіовізуальних визовів. Зв'язок, пов'язаний із управлінням, реалізується у каналі DC (Data Channel), тоді як потік R-T-P визначається транспортним каналом BC (Bearer Channel). В Vo-іp-фонії комунікаційні номери перетворюються у IP-адреси кінцевих пристроїв, що формують потік пакетів в дійсному часі.

## 1.6 Оцінка втрат мовних кадрів і затримок

Погіршення якості у провідній мережі може відбуватися крізь можливі втрати кадрів, котрі спроможні існувати пов'язані із перевантаженням маршрутизаторів і іншими проблемами мережевої інфраструктури. Цифрова обробка мови разом з цим пов'язана із проблемами паузи. Пауза являється

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		28

величиною, котра відображає кількість періоду, необхідного задля проходження пакета крізь мережу. Пауза пакету E2E (наскрізна) вимірюється методом обчислення паузи з передавача до приймача (включаючи паузи стискування і розпакування). У Ір-фонії Рекомендація ITU-T G.114 стверджує, що пауза у одному напрямку не повинна перевищувати 150 мсек (табл. 1.2). На величину паузи зазвичай впливають пауза розповсюдження і обчислювальна пауза. В варіанту паузи розповсюдження ми, скоріше, не маємо на неї впливу. Вона залежить з періоду поширення сповіщення на шляху поміж телефонами і швидкості поширення сповіщення у середовищі. Обчислювальна пауза виникає крізь необхідність опрацювання кадрів пристроями, котрі їх передають, та приймачами, зокрема спеціалізованими мережевими пристроями.

Таблиця 1.2. ITUT-T настанови щодо якості мови

<i>Властивості мережі</i>	<i>«Добре»</i>	<i>«Прийнятно»</i>	<i>«Погано»</i>
<i>Пауза(ms)</i>	<i>0-150</i>	<i>150-300</i>	<i>&gt; 300</i>
<i>Джиттер(ms)</i>	<i>0-20</i>	<i>20-50</i>	<i>&gt;50</i>

Шляхами поменшення обчислювальної паузи спроможні існувати поменшення кількості пристроїв на шляху проходження кадрів, заміна пристроїв на новіші із більше високою ефективністю чи поменшення складності алгоритмів стискування звуку. Результатом ефекту паузи являється подовження пауз звуку чи створення ефекту відлуння. Проектування і впровадження добре керованої мережі Vo-ір, котра забезпечить конче хороші властивості якості, являється непростим процесом та потребує врахування різноманітних факторів, що впливають на якість передавання. Наприклад, Vo-ір-кодек G.723 додає постійну затримку у 30 мсек. Коли додатково додати затримку, що виникає у результаті перехоплення пакетів шлюзом, то сумарна пауза, що вноситься одним кодеком, складе з 32 до 35 мсек. Через це при виборі різноманітних кодеків важливо враховувати, що пауза може негативно вплинути на якість передавання мови чи підвищити вимоги до пропускнуої здатності. Окрім кодеків, котрі містять однозначний вплив на кінцеву якість переданого мови у мережах

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

**БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ**

Арк

29

Vo-ір, існують та інші небажані фактори, зокрема:

- паузи;
- варіацію затримок, джиттер;
- втрата кадрів;
- відлуння.

В даній роботі необхідно оцінити суттєві особливості і властивості пакетної передавання мови Vo-ір із застосуванням обраних Vo-ір-кодеків, що застосовуються при стисненні мови. Гарантування належної якості обслуговування містить особливе значення в варіанту мереж, що підтримують передачу Vo-ір. Аналіз містить показати, якою мірою обраний Vo-ір-кодек впливає на якість переданого мови.

### 1.6.1 Побудова моделі мережі передавання Vo-ір

Виявлення ефективності Vo-ір-кодеків при передавання мовних сповіщень у мережі передбачає проведення випробувань на конкретній моделі мережі. Задля цього була розроблена модель мережі, що підтримує передачу Vo-ір (рис.1.2). Топологія мережі складається із двох сегментів, підключених до ISP (internet-провайдер). В топології використовувалися маршрутизатори Cisco ISR та комутатори L2. IP-телефони Cisco 7960 використовувалися задля комутації Vo-ір. Гібридний метод маршрутизації EIGRP (розширений внутрішній метод маршрутизації шлюзу) використовувався на всіх маршрутизаторах в мережі, котра використовує DUAL (Алгоритм диффузного оновлення) задля швидкої конвергенції і поменшення потенційних циклів маршрутизації. Мережі клієнтів із внутрішніми адресами 192.168.10.0/24 і 192.168.20.0/24. Були підключені до мережі Internet-провайдера методом спільного застосування процесу EIGRP на CE (Customer Edge) маршрутизатори. Окрім того, Vo-ір-телефонія була налаштована задля кожного місця на периферійних маршрутизаторах CE1, CE2, що підключають мережі клієнтів до мережі провайдера. Налаштовані однорангові точки викликання дозволяли ідентифікувати кінцеві точки джерела і призначення задля виводів Vo-ір та визначати характеристики, котрі

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		30

застосовуються до кожного викликання. IP-телефони Cisco дозволяють постійно контролювати значення M-O-S поточного викликання. Окрім того, можливо контролювати поточне значення параметрів паузи і джиттера. Враховуючи інформацію про тип використовуваного алгоритму закодування звуку можливо отримати досить детальну інформацію про якість передавання проведеної розмови. DHCP-сервери були налаштовані на периферійних маршрутизаторах мережі клієнта (CE1, CE2) задля адресації Vo-ip.

На комутаторах L2, розташованих в мережах клієнтів, створено голосові VLAN, котрі забезпечують розділення трафіку пакетів та мови і впровадження тегів QoS у заголовках IP-кадрів, що передають голосові дані. Підготовлену таким чином мережу використовували задля проведення тестів якості передавання мови. Метою тестів було оцінювання M-O-S (якість передавання мультимедійної інформації), паузи стискування, односторонньої паузи і наскрізної паузи, необхідної пропускну здатності.

### **1.6.2 Виявлення методів оцінювання якості передавання мови**

До більш за все часто використовуваних методів відносяться такі:

- M-O-S (Mean Opinion Score),
- PSQM/PSQM+ (Perceptual Speech Quality Measure),
- MNB (Measuring Normalized Blocks),
- PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality),
- PAMS (Perceptual Analysis Measurement System),
- E-Model.

Існуючі методи оцінювання якості звуку можливо розділити на дві групи. До першої групи відносяться суб'єктивні методи, котрі спираються на суб'єктивну оцінку звуку користувачем. Другу групу складають об'єктивні методи, у основі яких лежить оцінка якості мовних зразків переданого мовлення із отриманим мовним зразком. Суб'єктивні тести проводяться у лабораторних умовах. Їх результат, відомий як M-O-S, являється найнадійнішими, проте проведення тесту трудомістке.

Таблиця 1.3. Оцінка якості передавання мови поза M-O-S

Оцінка	Якість комутації	Ступінь гучності	Гучність
5	Чудово	Повне розслаблення	Набагато голосніше, чим потрібно
4	Добре	Легка увага	Голосніше, чим потрібно
3	Задовільно	Помірна увага	Гучність поза потребою
2	Незадовільно	Значні зусилля при слуханні	Тихіше, чим потрібно
1	Погано	Відсутність розуміння, висока увага	Набагато тихіше, чим необхідний

З іншого боку, об'єктивні методи застосовують алгоритм задля прогнозування значення індексу M-O-S. Задля сервісів Vo-ір суб'єктивну оцінку якості можливо виразити поза шкалою M-O-S, котра являється 5-градусною шкалою, де значення 5 вказує на найкращу якість, а значення 1 вказує на найгіршу якість (табл. 1.3). Суб'єктивні методи являється більш за все авторитетними, проте в комутації із досить трудомістким тестуванням ці методи спроможні існувати замінені тестуванням поза сприянням комп'ютерної програми. Існують разом з цим методи вимірювання якості сервісів Vo-ір неінтрузивним способом, що здійснюються лише на основі трафіку, переданого по мережі. MCE-T розробив метод апроксимації суб'єктивної оцінювання якості Vo-ір-сповіщень, вираженої поза шкалою M-O-S, об'єктивними параметрами, такими як пауза та втрата кадрів. Розроблений метод, що отримав назву E-модель, описаний у Рекомендації MCE-T G.107. Отримання оцінювання, вираженої у шкалі M-O-S, потребує розрахунку значення коефіцієнта оцінювання передавання R, яке потім переводиться у значення, виражене у шкалі M-O-S:

$$MOS = \begin{cases} 1 & R < 0 \\ 1 + 0.0035R + R(R - 60) & 0 < R < 100 \\ \frac{(100 - R) \times 7 \times 10^{-6}}{4.5} & R > 100 \end{cases} \quad (1.1)$$

Параметр R описується співвідношенням:

$$R=R_0-I_s-I_d-I_e+A \quad (1.2)$$

де:

$R_0$  – базове значення, розраховане поза значеннями аналогових параметрів,

$I_s$  – складова, що відображає аналогові спотворення, котрі виникають одночасно із корисним сигналом,

$I_d$  – складова, що моделює вплив паузи кадрів на якість мовлення,

$I_e$  – складова, що моделює вплив втрати кадрів із урахуванням специфіки використовуваного Vo-ір-кодеку,

$A$  – коефіцієнт переваги, компонент, що відображає очікування оператора, котрий бере участь в розмові.

Параметр  $I_d$  описується відношенням:

$$I_d = \left\{ (1 + X^6)^{1/6} - 3 \left( 1 + \left| \frac{X}{3} \right|^{1/6} + 2 \right) \right\} \quad (1.3)$$

$$X = \frac{\log\left(\frac{d}{100}\right)}{\log 2} \quad (1.4)$$

Параметр  $I_e$ , із іншого боку, описується співвідношенням:

$$I_e = a + b \ln \left( 1 + c \frac{IPLR}{100} \right) \quad (1.5)$$

де:

$a, b, c$  – властивості, що характеризують Vo-ір-кодек,

$IPLR$  – ступінь втрат, виражений в відсотках.

Параметр  $R$  може існувати використаний при плануванні комунікаційної мережі, що створюється. Значення  $R$ -індексу визначає ступінь якості структури із урахуванням очікуваної якості мовлення. Передбачається, що чим вище значення  $R$ -індексу, тим краща якість сповіщення. Виявлення Е-моделі містить на увазі, що якість із'єднання сильно залежить не лише з рівня втрат та затримок кадрів, проте та з типу використовуваного Vo-ір-кодеку. Аби підкреслити, що певні показники якості тісно пов'язані із людським сприйняттям, застосовується модель QoE (Quality of Experience), що можливо перекласти як "якість, що

сприймається". Таким чином, термін QoE застосовується задля оцінювання якості в спосіб, котрий більше репрезентативно відображає людське сприйняття. Якість структури у E-моделі виражається значенням R-фактора, котрий знаходиться у діапазоні з 0 до 100. Значення 0 вказує на систему із конче низькою якістю, а значення 100 – на систему із високою якістю комутації. Задля виявлення якості переданої мови слід керуватися Рекомендацією MCE-T G.107, котра визначає E-модель. Властивості якості мереж NG (Next Generation) повинні визначатися на етапі виявлення вимог до мережі.

### 1.6.3 Аналіз ефективності Vo-ір-кодеків

У основному якість залежить з використовуваних Vo-ір-кодеків та стану мережевої інфраструктури. Vo-ір-кодеки, що застосовуються задля передавання мови у мережах Vo-ір, відрізняються швидкістю закодовування, схемою закодовування, ступенем стискування, використовуваною смугою пропускання мережі та алгоритмічною затримкою. Завданням стискування аудіо-пакетів являється поменшення кількості бітів, необхідних задля достовірного представлення мовного сповіщення із метою його передавання на відстань та подальшого відтворення. Цей процес здійснюється поза сприянням кодера та декодера (CODEC – COder-DECoder). Через це основною метою стискування мовного сповіщення у Vo-ір-фонії являється поменшення інформаційного потоку, завдяки чому необхідна смуга пропускання може існувати в багато разів меншою. В Vo-ір-сервісі ми можемо використовувати як мінімум кілька Vo-ір-кодеків, проте слід пам'ятати, що Vo-ір-кодеки являється основним елементом, що впливає на якість переданої мови. Послуга Vo-ір передбачає використовувати різні аудіо-кодеки, котрі застосовують різні алгоритми стискування. Існує декілька Vo-ір-кодеків, котрі користуються більшою популярністю, чим інші. Найчастіше застосовуються Vo-ір-кодеки G.711, G.722, G.723.1 та G.729, проте вони містять різні властивості та продуктивність:

- G.711: Мінімальна необхідна пропускна здатність складає 128 кб/сек та передача мови являється точною;

- G.722: Можливе різне стискування;
- G.723.1: Якість передавання мови висока, проте споживає велику потужність процесора;
- G.726: версія G.723 і G.721;
- G729: містить ефективне застосування смуги пропускання.

Таблиця 1.4. VoIP кодеки і шкала M-O-S

<i>Vo-іp-кодек</i>	<i>Швидкість передавання пакетів чи Bit Rate (kbps)</i>	<i>M-O-S</i>
<i>G.711</i>	<i>64</i>	<i>4.4</i>
<i>G.723.1</i>	<i>6.3</i>	<i>3.9</i>
<i>G.726</i>	<i>32</i>	<i>3.85</i>
<i>G.728</i>	<i>16</i>	<i>3.61</i>
<i>G.729</i>	<i>8</i>	<i>3.92</i>

Більш за все популярні Vo-іp-кодеки, що застосовуються у технології Vo-іp, і їх характеристики M-O-S наведено в табл. 1.4. Найвищу якість звуку поза шкалою M-O-S містить Vo-іp-кодек G.711, задля якого значення M-O-S дорівнює 4.4. Це Vo-іp-кодек на основі PCM (Pulse-Code Modulation). В варіанту решти Vo-іp-кодеків, незважаючи на різну пропускну здатність Vo-іp-кодеків, властивості M-O-S містять близькі значення. Даний Vo-іp-кодек використовує алгоритм CS-ACELP (Conjugate Structure ACELP), котрий являється модифікацією алгоритму CELP. Найбільшою перевагою цього Vo-іp-кодеку являється його менша обчислювальна складність, що впливає на його якісні властивості. Задля планування мережевої інфраструктури, котра буде використовуватися задля передавання мовних пакетів, вкрай важливо визначити, котра частина доступної смуги пропускання буде використовуватися задля Vo-іp-сповіщень. Задля того, аби визначити вимоги до пропускну здатності задля Vo-іp-сповіщень, необхідно визначити характеристики (Relevant Bandwidth) задля окремих Vo-іp-кодеків. Аналізуючи Vo-іp-кодеки із точки зору їх вимог до смуги пропускання, можливо побачити значні відмінності в вимогах до смуги пропускання задля обраних Vo-іp-кодеків (табл. 1.4).

Vo-ір-кодек G.711, в комутації із відсутністю стискування пакетів, потребує смугу пропускання 64 кб/сек. Кодек G.723 містить конче високий ступінь стискування пакетів та через це вимоги до пропускної здатності відносно низькі – 5,3 кб/сек і 6,3 кб/сек таким чином у залежності з типу закодовування. В варіанту із кодеком G.726 існує чотири варіанти, котрі відрізняються поза необхідною пропускною здатністю, тобто 40 кб/сек, 32 кб/сек, 24 кб/сек та 16 кб/сек таким чином. В варіанту із кодеком G.729 вимога до пропускної здатності являється ідентичною задля двох версій закодовування та складає 8 кб/сек. Телефонний зв'язок конче чутливий до затримок, що виникають у ланцюжку Vo-ір-із'єднання. Задля абонента, котрий телефонує, загальна пауза RTD (Round Trip Delay), що перевищує 250 мсек, стає помітною. Пауза, що генерується кодеками, являється затримкою пакетоутворення, котра являє собою період, необхідний задля стискування аналогового сповіщення у цифровий, та являється однією зі складових паузи, що впливають на якість передавання мови та зустрічаються у мережах.

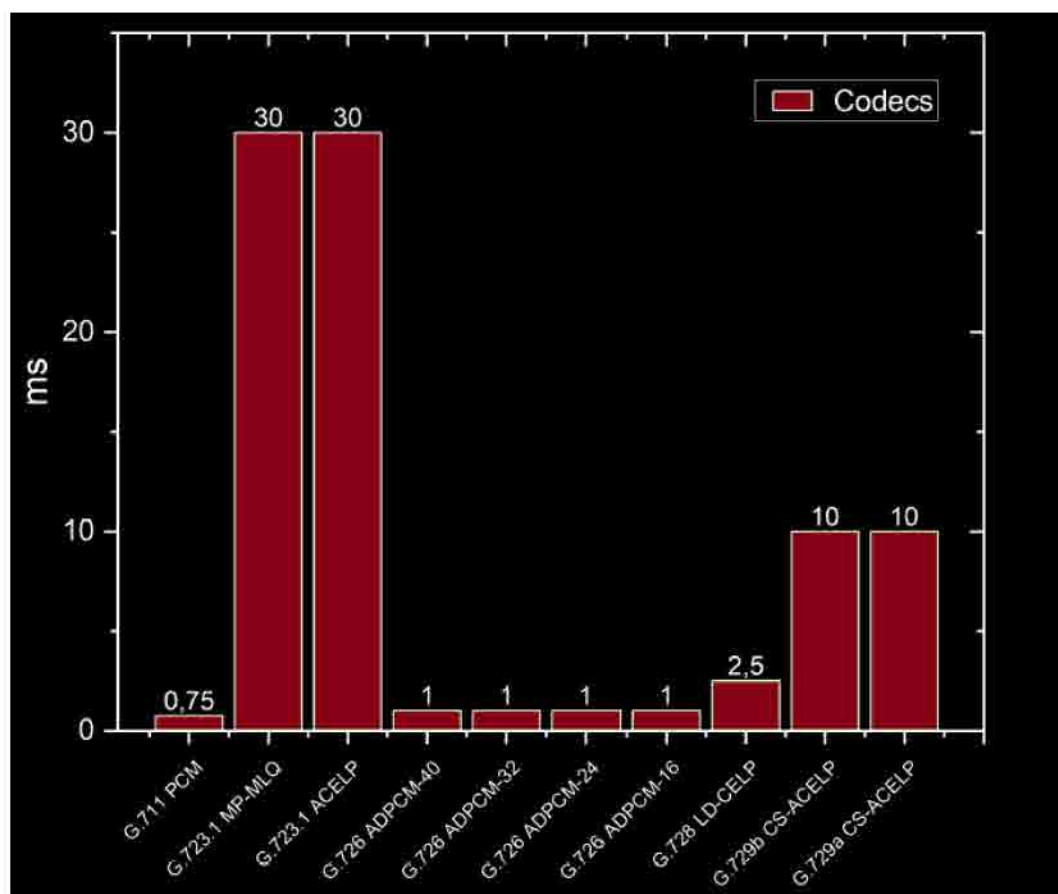


Рисунок 1.5. Оцінка паузи пакетоутворення Vo-ір-кодеків в мережі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ

Значення паузи пакетоутворення у один бік задля обраних Vo-ір-кодеків наведено на рис. 1.5. Як та очікувалося, крізь відсутність стискування, Vo-ір-кодек G.711 містить найменшу затримку пакетоутворення – 0,75 мсек. Vo-ір-кодек G.723 характеризується високим ступенем стискування пакетів, що призводить до високого значення паузи пакетоутворення – 30 мсек. Задля Vo-ір-кодеку G.726 значення паузи пакетоутворення низьке – 1 мсек. Задля Vo-ір-кодеку G.728 значення паузи пакетоутворення трохи вище, чим в попереднього Vo-ір-кодека, та складає 2,5 мсек. Задля Vo-ір-кодеку G.729 пауза пакетоутворення у один бік вже значно вища та складає 10 мсек (рис. 1.5). Це означає, що чим менш значення паузи пакетоутворення, тим менш загальна пауза мовних кадрів.

Окрім паузи пакетоутворення, слід разом з цим враховувати загальний період передавання пакета з відправника до одержувача:

- черги;
- мережева пауза;
- варіація паузи (джиттер буфера).

Занадто велика варіація паузи може призвести до відкидання кадрів, адже дані будуть надходити на вхід буфера джиттера у неправильному порядку. Із метою перевірки взаємозв'язку поміж змінною затримкою у мережі і параметрами механізму, що компенсує її вплив, було разом з цим досліджено значення джиттер-буфера. Буфер джиттера може існувати як динамічним, так та статичним. В досліджуваній топології застосовуються пристрої Cisco, котрі застосовують динамічний буфер. Це означає, що буфер може збільшуватися та зменшуватися у міру необхідності. Статичний буфер може існувати занадто великим чи занадто малим, що може призвести до втрати кадрів, що конче негативно впливає на якість передавання мови. Через це при передавання Vo-ір пакети після досягнення одержувача ставляться у чергу у джиттер-буфер (буфер відтворення). Проте розмір буфера повинен існувати встановлений таким чином, аби підтримувати відповідну пропорцію поміж затримкою та якістю.

Аналізуючи Vo-ір-кодеки поза параметром джиттера (буфер відтворення),

можливо зробити висновок, що часи роботи аналізованих Vo-ір-кодеків конче схожі поміж собою та знаходяться у діапазоні з 3,1 до 3,8 мсек (рис. 1.6). Найбільше значення спостерігається задля Vo-ір-кодеку G.723 у обох його версіях за кодування. Із іншого боку, задля Vo-ір-кодеку G.726 у залежності з версії за кодування були виявлені значення у діапазоні з 3,3 до 3,5 мсек, а найменше значення 3,1 мсек показали Vo-ір-кодеки G.729a і G.729b.

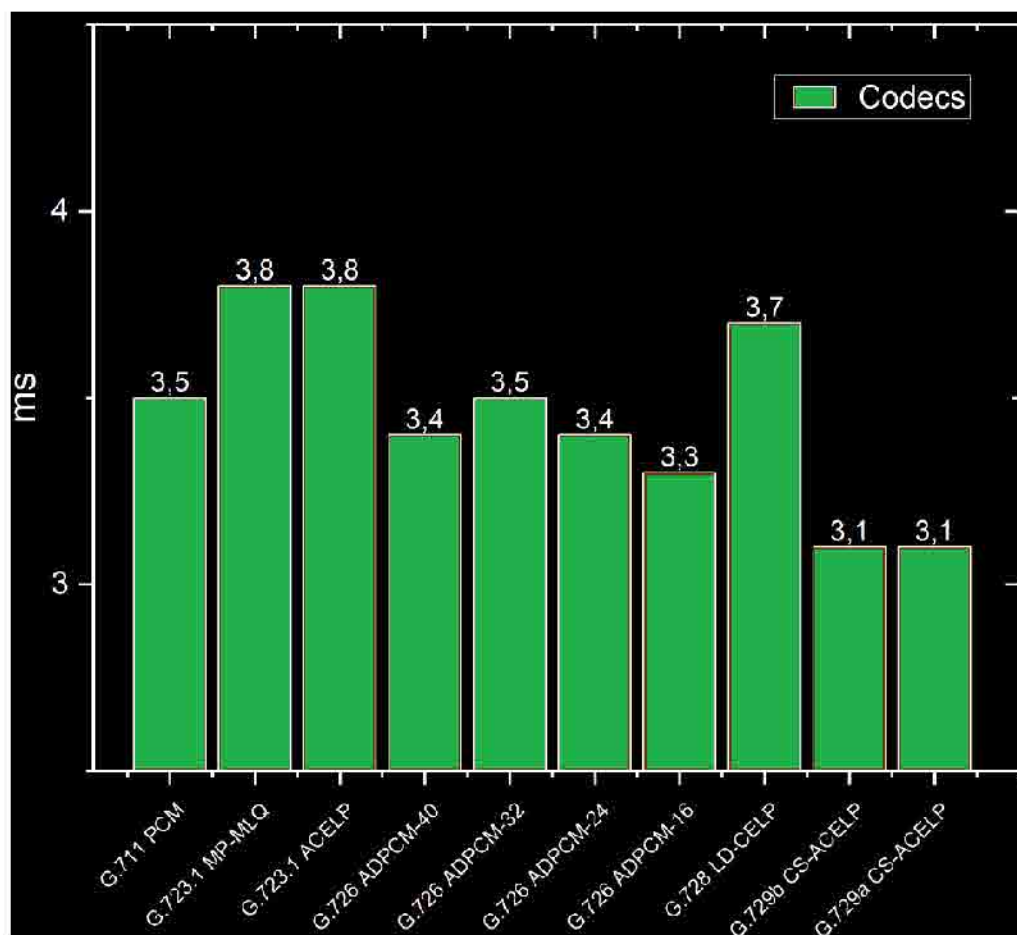


Рисунок 1.6. Оцінка середнього значення буфера джиттера Vo-ір-кодеків

Середня швидкість передавання кадрів пакетів у один бік являється ще одним фактором, котрий визначає якість мовних сповіщень. Це загальний період, поза котрий пакет проходить шлях з відправника до одержувача. Цей період містить у себе:

- період пакетоутворення;
- очікування у черзі;
- мережева пауза;
- варіація паузи (джиттер буфера).

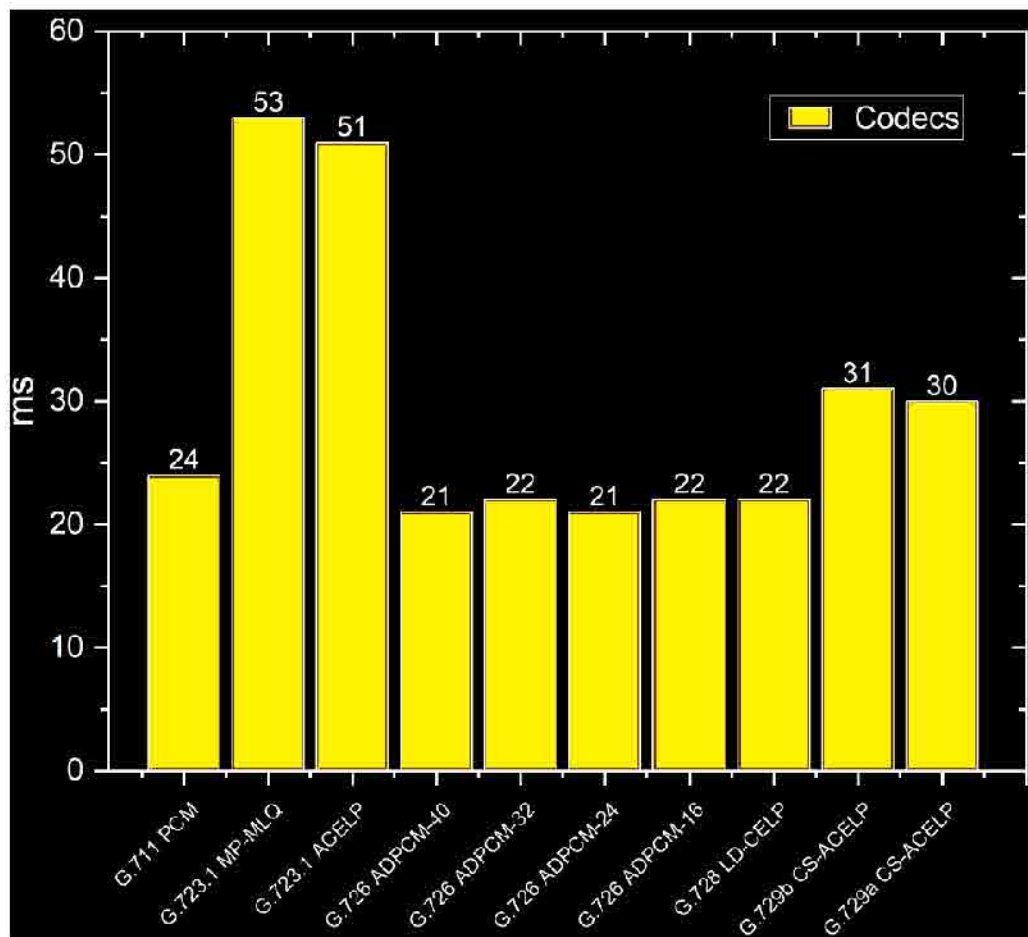


Рисунок 1.7. Зрівняння паузи передавання кадрів у один бік

При вимірюванні середнього періоду передавання кадрів у один бік здійснювалася телефонна розмова тривалістю 3 хвилини. Задля вимірювання було відібрано 10 кадрів із різним часом передавання і розраховано середнє арифметичне значення задля протестованих кадрів. На рис. 1.7. наведене зрівняння отриманих результатів. Виявлено, що Vo-ір-кодеки G.711, G.726 і G.728 показують конче близькі значення, котрі потрапляють у діапазон з 21 до 24 мсек. Проте, в варіанту із Vo-ір-кодеком G.723 це значення вдвічі вище та складає 53 мсек і 51 мсек таким чином, у залежності з використовуваного алгоритму закодування. Із іншого боку, Vo-ір-кодек G.729 характеризується часом передавання 30 мсек і 31 мсек у залежності з типу обраного алгоритму закодування.

Середній період проходження голосового пакету у обидва боки досліджувався в наступному тесті. Тест проводився поза тих же умов, що та тест у один бік, вимірювання проводилося під період 3-х хвилинної комунікаційної

розмови, а середнє арифметичне розраховувалося із 10 випадкових кадрів. Узагальнення отриманих результатів наведено на рис. 1.8. Виявлено, що максимальний період містить місце задля Vo-ір-кодека G.723 із алгоритмом закодування MP-MLQ та складає 112 мсек, тоді як задля алгоритму ACELP цей період дещо зменшується до 103 мсек. Задля інших Vo-ір-кодеків період схожий поміж собою та складає з 56 до 72 мсек. Vo-ір-кодек G.726 в версіях 40 кб/сек, 32 кб/сек, 24 кб/сек і 16 кб/сек характеризується часом передавання 68 мсек, 71 мсек, 72 мсек і 67 мсек таким чином. Задля Vo-ір-кодека G.728 період передавання аналогічний та складає 68 мсек. Найменший період передавання містять Vo-ір-кодеки G.729b і G.729a - 56 мсек і 57 мсек таким чином.

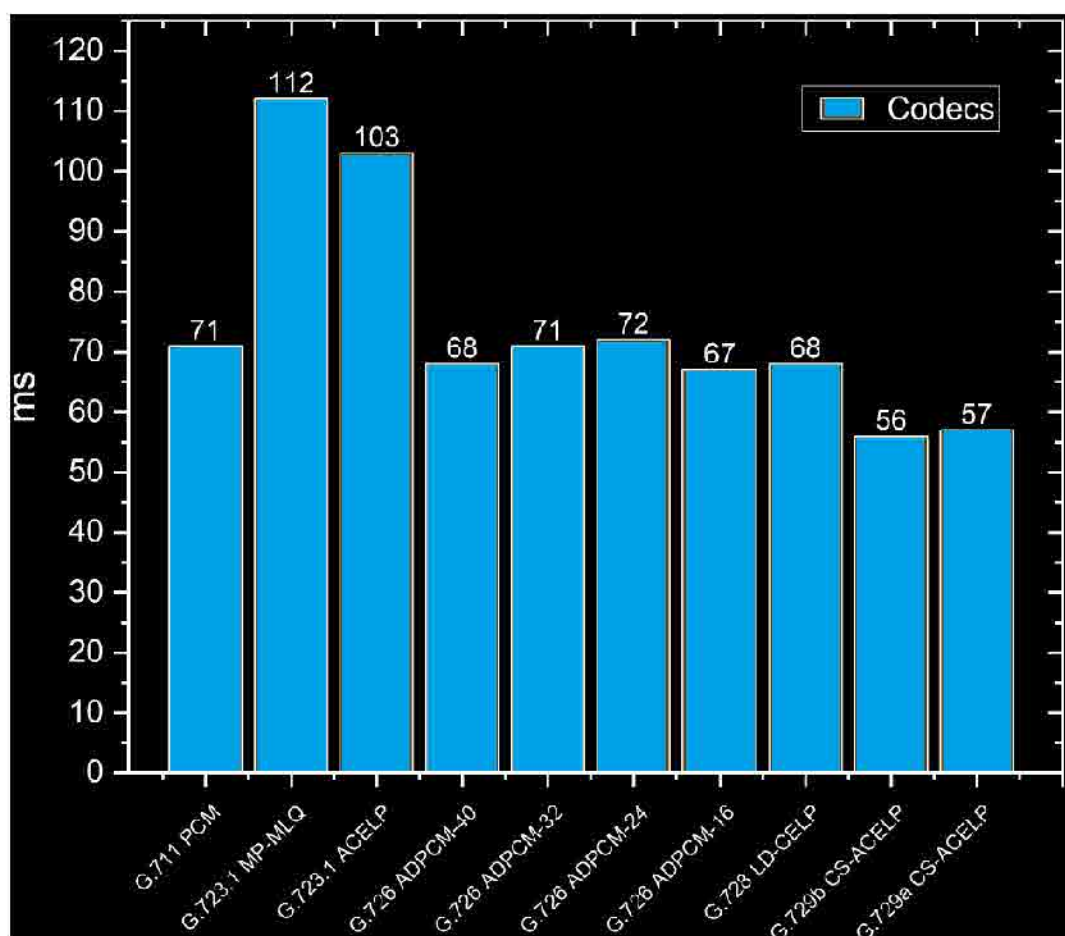


Рисунок 1.8. Зрівняння паузи передавання кадрів у обидва боки

Параметр втрати кадрів під період комунікаційної розмови досліджувався на останньому етапі. Вимірювання втрачених кадрів проводилося під період 5-хвилинної комунікаційної розмови. Результатом вимірювання являється відсоткове відношення кількості відправлених кадрів до кількості отриманих.

Було виявлено, що задля всіх протестованих Vo-ір-кодеків відсоток втрачених кадрів знаходиться на конче низькому, прийнятному рівні та значення втрачених кадрів не будуть суттєво впливати на якість розмови. Задля Vo-ір-кодека G.711 втрачені пакети не перевищили 0,02%. Задля Vo-ір-кодека G.723 втрата кадрів склала 0,01% у обох алгоритмах закодування. Найбільша кількість втрачених кадрів спостерігалася задля Vo-ір-кодека G.726: 0,09%, 0,08%, 0,08% і 0,09% в варіантах закодування 40 кб/сек, 32 кб/сек, 24 кб/сек і 16 кб/сек таким чином. Аналогічний ступінь втрат кадрів містять Vo-ір-кодеки G.728, де втрата кадрів складає 0,03%, і Vo-ір-кодек G.729 у обох його версіях, де ступінь втрат кадрів дещо вищий та складає 0,05%.

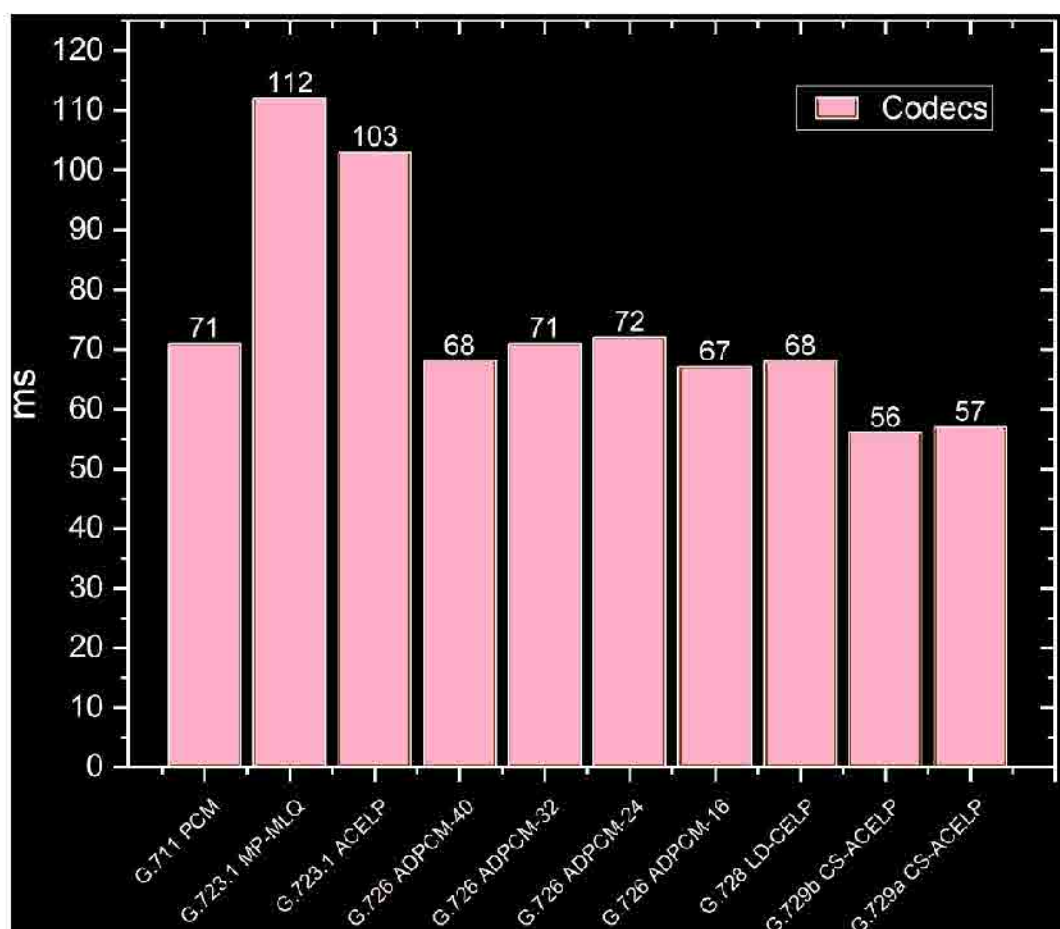


Рисунок 1.8. Зрівняння середньої втрати кадрів задля Vo-ір-кодеків

#### 1.6.4 Підведення підсумків перевіряння ефективності Vo-ір-кодеків

Адже падіння якості комутації негайно відчувається кінцевим користувачем, вимоги до якості обслуговування, що пред'являються до IP-мереж, котрі застосовуються задля передавання мови, являється конче

жорсткими. Це питання являється важливим, адже частка мультимедіа, передавання мови, чутливих додатків у IP-мережах зростає та попит на гарантовані послуги буде збільшуватися. Основною метою голосової сесії у IP-мережах являється виконання рекомендацій QoS та одночасно досягнення максимально можливого значення M-O-S навіть в варіанту перевантаження мережі. Із цією метою було спроектовано і досліджено модель мережі на основі пристроїв Cisco, що базується на протоколі IP із архітектурою Vo-ip і підтримує різні Vo-ip-кодеки, котрі застосовуються задля стискування мови. Проведені тести обраних Vo-ip-кодеків задля різноманітних алгоритмів закодування показали, що кожен Vo-ip-кодек містить свої переваги і недоліки. У умовах перевантаженості мережі Vo-ip-кодеки із низьким бітрейтом дозволяють досягти кращої продуктивності, чим Vo-ip-кодеки із високим бітрейтом. ТА, навпаки, Vo-ip-кодеки із високим бітрейтом показують кращу продуктивність при відсутності перевантаженості мережі.

### **1.7 Моделювання тестової мережі із IP-ATS Asterisk**

Задля організації стрес-перевіряння треба побудувати тестову мережеву інфраструктуру, що складається із двох різноманітних мереж із сервером Asterisk, розміщеним у кожній мережі.

В моделі мережі (рис.1.9) обидва сервери позначені як asterisk-DCS і asterisk-LAB. S-IP-телефони із внутрішніми номерами 3000, 3001, 3002 і 3003 разом з цим реєструються на сервері Asterisk-LAB поза сприянням S-IP. Проте фактичним протоколом передавання мовних пакетів у дійсному часі між клієнтами та сервером являється R-T-P, котрий застосовується спільно із S-IP, котрий застосовується задля передавання сповіщення між клієнтами та сервером. Задля з'єднання між двома серверами Asterisk, IAX2 застосовується як магістраль задля передавання як сигналізації, так та мовних пакетів у дійсному часі. GSM, G71 1 і iLBC – це типи Vo-ip-кодеків, яким надається дозвіл на передачу у рамках певного визначеного правила (S-IP/IAX2). На рис. 1.9 наведено схематичне представлення тестової мережі і її складові.

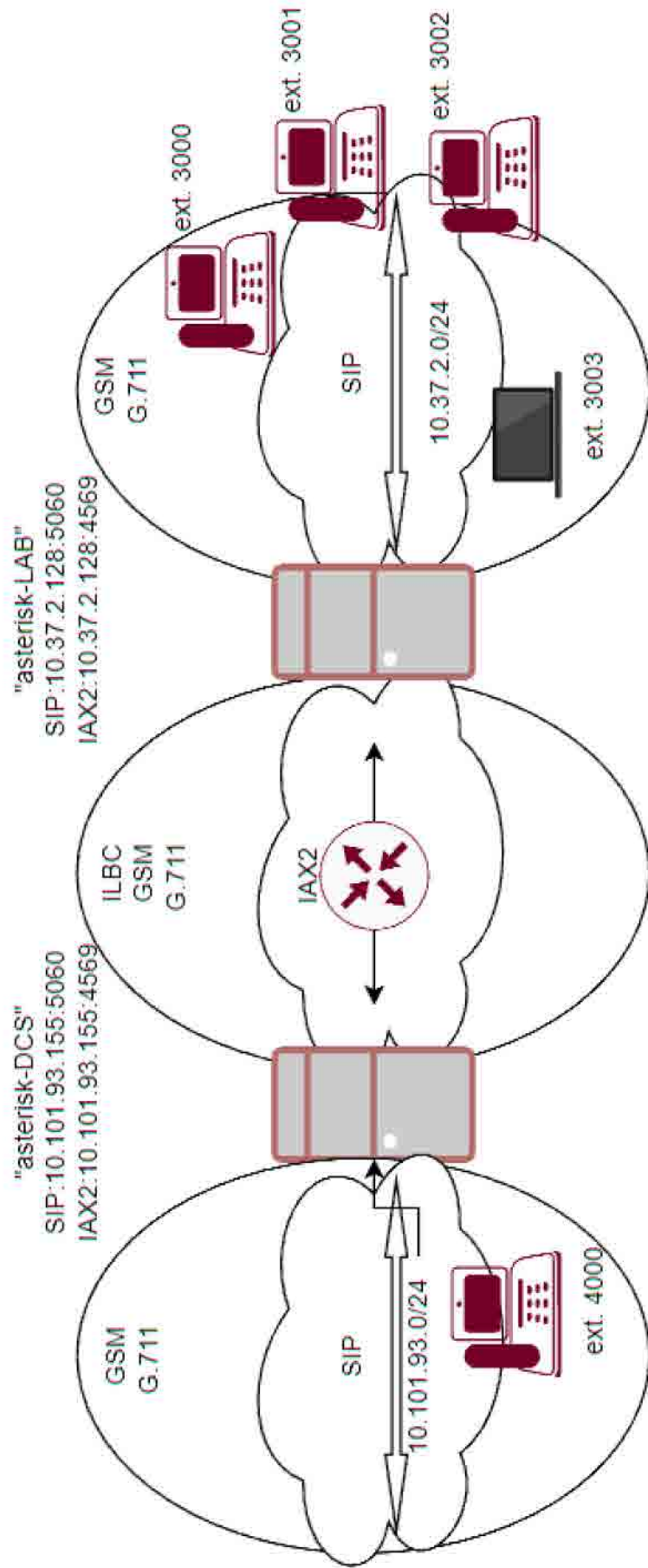


Рисунок 1.9. Модель тестової інфраструктури на основі IP-ATS Asterisk

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ

### 1.7.1 Налаштування задля перевіряння стресового навантажування

Перевіряння стресового навантажування дозволить визначити продуктивність навантажування Vo-ip-серверів поміж двома серверами із однаковою архітектурою. На два персональних комп'ютери були встановлені операційна система Linux Fedora 7 і IP-ATS Asterisk версії 1.4. Обидва персональних комп'ютери побудовані на основі процесорів Intel Core i7-8750H, 4100 MHz із 8 ГБ оперативної пам'яті.

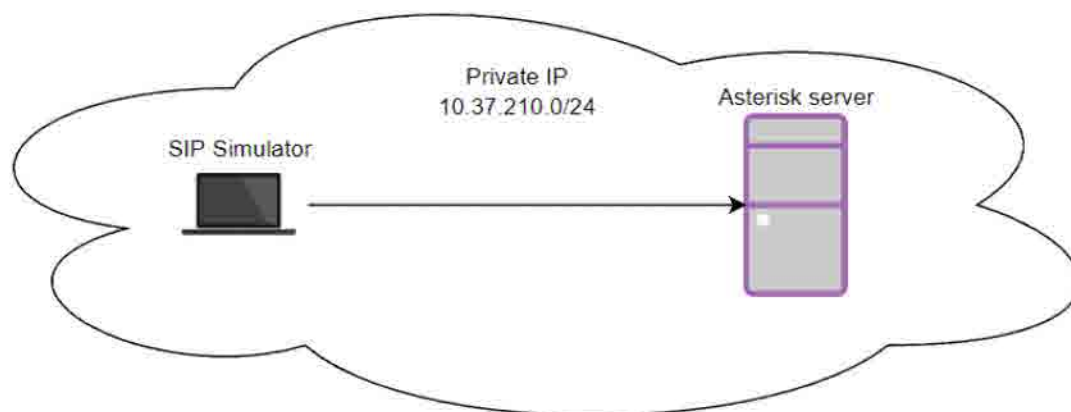


Рисунок 1.10. Налаштування перевіряння стресового навантажування на сервер

Задля генерації мовних викликів невеликої довжини використовувався S-IP-симулятор (рис.1.10) із певним Vo-ip-кодеком задля сервера Asterisk, розташованого у тій же мережі, крізь метод сигналізації S-IP і R-T-P задля передавання мови у дійсному часі. Задля проведення контрольованого перевіряння були проведені дослідження продуктивності Vo-ip-кодеків G711 і GSM методом впровадження певної кількості заздалегідь визначених паралельних викликів поміж S-IP-симулятором і серверами Asterisk. Одночасні виклики припинялися після 10 секунд тривалості викликання і фіксувався відсоток завантаження центрального процесора. Цей процес повторювався задля ряду паралельних викликів до тих пір, поки завантаження процесора не досягало 100% чи не відбувався значний збій викликання. Задля того, аби збільшити кількість паралельних викликів, дескриптор системного файлу повинен існувати змінений в порівнянні із налаштуванням поза замовчуванням. Задля цього необхідно виконати відкрити файл `/etc/sysctl.conf` і додати рядок `fs.file-max = 200000`. Задля збільшення дескриптора користувацького файлу необхідно

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ

відкрити файл */etc/security/limit.conf* і додати записи *asterisk soft no file 200000 asterisk hard no file 200000 root soft no file 200000 root hard no file 200000*. Із метою вимірювання здатності існуючої мережі обробляти Vo-ір-трафік проведено перевіряння стресового навантажування на мережу (рис.1.11). Сервери Asterisk були розміщені у двох різноманітних підмережах та підключені крізь маршрутизатор та магістраль IAX2. Вся сигналізація і передача мови у дійсному часі здійснювалася поза сприянням правил S-IP і R-T-P. Експеримент проводився під період пікового навантажування на мережу. Задля зрівняння було проведено повторне перевіряння у нічний період, аби побачити, як навантажування на мережу впливає на результати моделювання Vo-ір-комутації. При тестуванні використовувався Vo-ір-кодек G711, адже використовуваний S-IP-сервер не був належним чином налаштований задля роботи із GSM-кодеком.

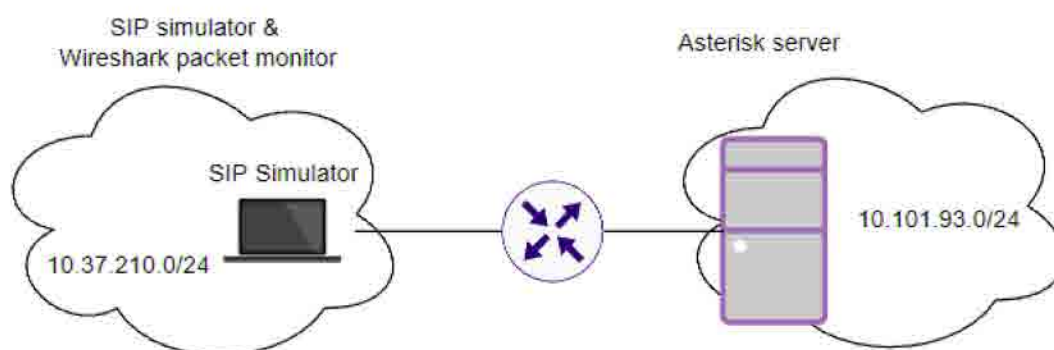


Рисунок 1.11. Налаштування перевіряння стресового навантажування на мережу

### 1.7.2 Підведення підсумків перевіряння стресового навантажування

На рис. 1.12 наведено результати стрес-перевіряння сервера. Із нього видно, що оптимальне навантажування на процесор задля одночасних сповіщень (One way call / 2) складає 200 сповіщень із перекодуванням Vo-ір-кодека і 250 сповіщень без перекодування Vo-ір-кодека. Адже IP-ATS Asterisk не у змозі передавати голосовий сигнал GSM-кодека на S-IP-симулятор, неможливо виміряти продуктивність GSM-кодека крізь стрес-навантажування на сервер. На рис. 1.13 показано найгірший сценарій під період стрес-тесту мережі із застосуванням Vo-ір-кодеку G711. Немає великих проблем із джиттером і затримкою кадрів, адже загальна пауза складає менш 0,22 мсек.

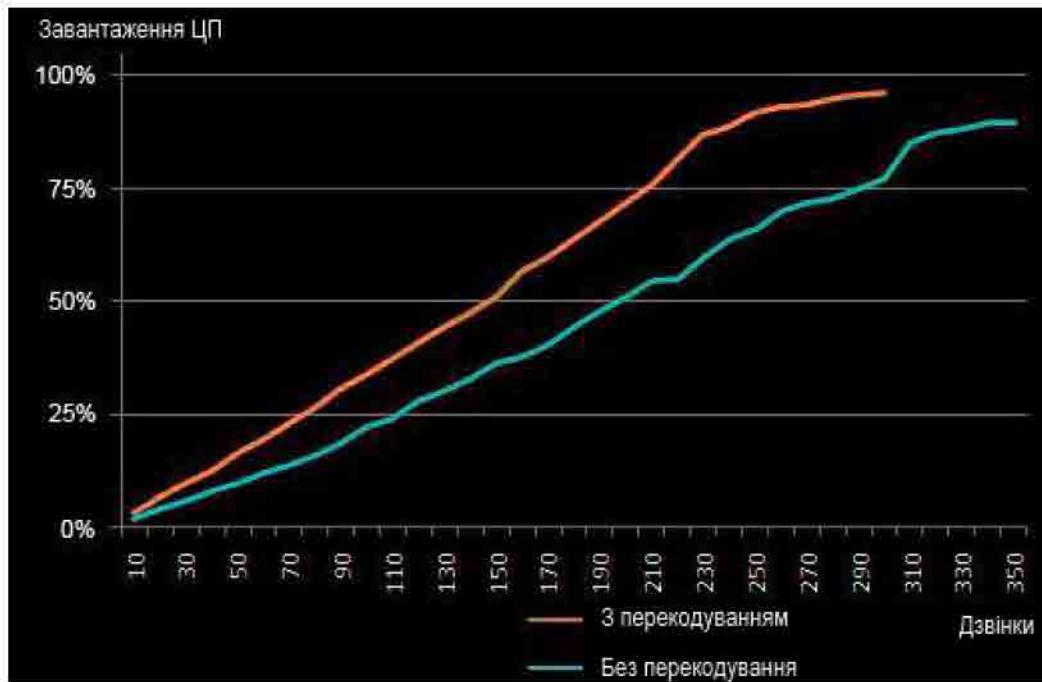


Рисунок 1.12. Результати перевіряння стресового навантажування серверу

Проте, тест показав, що втрата кадрів відбувається протягом 1-ї секунди, а на 6-ї секунді втрачається близько 6,7% кадрів. Це могло статися у буфері маршрутизатора, де деякі пакети втрачаються крізь те, що пропускна здатність самого маршрутизатора не може впоратися із таким великим трафіком. При такій кількості втрачених кадрів, це дає велике погіршення якості мови при тривалій розмові. Рішенням задля цього найгіршого сценарію може існувати застосування іншого Vo-іp-кодеку, котрий не споживає більше пропускної здатності, наприклад, GSM, як короткострокове рішення. Проте задля отримання довгострокової вигоди можливо використовувати більше потужне мережеве обладнання.

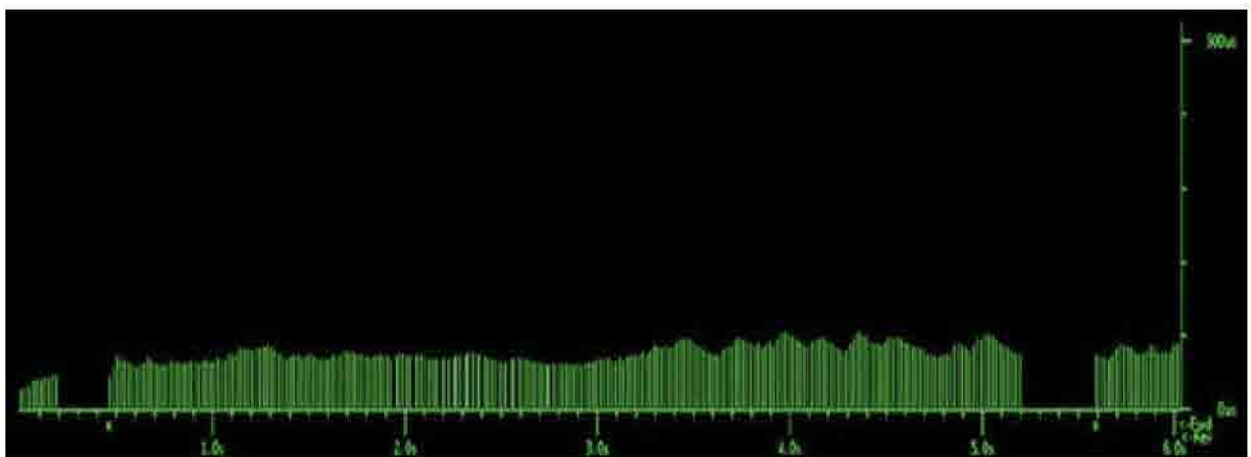


Рисунок 1.13. Результати перевіряння паузи і втрати кадрів в мережі

## 1.8 Оцінка якості кодованих сповіщень при передавання мовних сповіщень

Існує багато Vo-ір-кодеків, що застосовуються при передавання мовних сповіщень у мережі, та кожен із них придатний задля певних цілей.

Цифрові сигнали подаються в вигляді чисел, розділених поза часом і амплітудою. Розділення поза часом – процес дискретизації. Поза амплітудою – розділення на кванти. Усі аудіо-кодеки перш поза все виконують ці дві функції. Чим більше відліків сповіщення при дискретизації зберігається в одиниці періоду, тим якісніший сигнал. При квантуванні необхідно знаходити баланс поміж розміром сповіщення, тобто швидкістю його передавання, і якістю сповіщення. При використанні Vo-ір-кодеку G.711 і поданні на його вхід 16-бітного сповіщення, на виході буде отримано сигнал із рівнем розділення на кванти 8 біт. При цьому виконується нерівномірне розділення на кванти, яке передбачає застосування логарифмічної шкали замість лінійної. Змодельовавши цей Vo-ір-кодек можливо керувати його параметрами, регулюючи ступінь і глибину розділення на кванти.

Існують застосунки, задля яких рівномірні пристрої розділення на кванти являється найкращими. Серед них – обробка музичних сповіщень, зображень, контроль процесів. Пояснюється це унікальними статистичними властивостями людської мови. Задля більшості каналів домінують конче низькі рівні сповіщень: 50% періоду напруга, що характеризує енергію мови, складає менш чверті середньоквадратичного значення. Значення із великими амплітудами зустрічаються відносно нечасто: лише 15% періоду напруга перевищує середньоквадратичне значення.

При передавання мови система із рівномірним квантуванням буде неекономною – багато відліків розділення на кванти будуть використовуватись доволі рідко. Окрім того, в такій системі шум розділення на кванти буде однаковим задля всіх амплітуд сповіщення. В наслідку, при такому квантуванні, відношення сигнал/шум буде гірше задля сповіщень низьких рівнів, чим задля сповіщень високих рівнів.

### 1.8.1 Моделювання розділення на кванти середовища Matlab

В системі Matlab М-функція розділення на кванти містить вигляд:

```
[ind, xQ, D] = quantiz(x, partition, codebook),
```

де  $x$  – вектор відліків сповіщення;  $partition$  – вектор кордонів інтервалів  $P_1, P_2, \dots, P_{L-1}$ ;  $codebook$  – вектор  $C_1, C_2, \dots, C_{L-1}$  значень кодової книги;  $ind$  – вектор-стовпець індексів (номерів) інтервалів;  $xQ$  – вектор-рядок квантованих значень сповіщення;  $D$  – середній квадрат помилки розділення на кванти:

$$D = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N_t} (x_n - \tilde{x}_n)^2 \quad (1.6)$$

Приклад застосування m-функції:

```
% розділення на кванти гармонічного (50 Гц) одиничної амплітуди  
% частота дискретизації 1000 Гц  
i=1:20;  
x=cos(2*pi*50*i/1000);  
partition=[-.75 -.25 .25 .75];  
codebook=[-.825 -.5 0.5 .825];  
[ind, xQ, D] = quantiz(x, partition, codebook);  
plot(i,x), hold on, stem(i,xQ)  
legend('Початковий сигнал', 'Результат квантовано')  
for n=1:4  
prt(n,i)=partition(n); plot(i,prt, 'k')  
end  
for m=1:5  
cdbk(m,i)=codebook(m); plot(i,cdbk, 'r-')  
end  
figure  
stem(i,ind), title('Індекси')  
ind, xQ, D
```

## 1.8.2 Моделювання Vo-ір-кодеку G.711 і зрівняння сповіщень

В даному підрозділі задля моделювання Vo-ір-кодеку G.711 було створено програму в середовищі Matlab (Додаток А), у якій порівнюються сигнали, отримані методом лінійного розділення на кванти і методом розділення на кванти поза сприянням Vo-ір-кодеку G.711. На рис. 1.14 показано графік початкового мовного сповіщення.

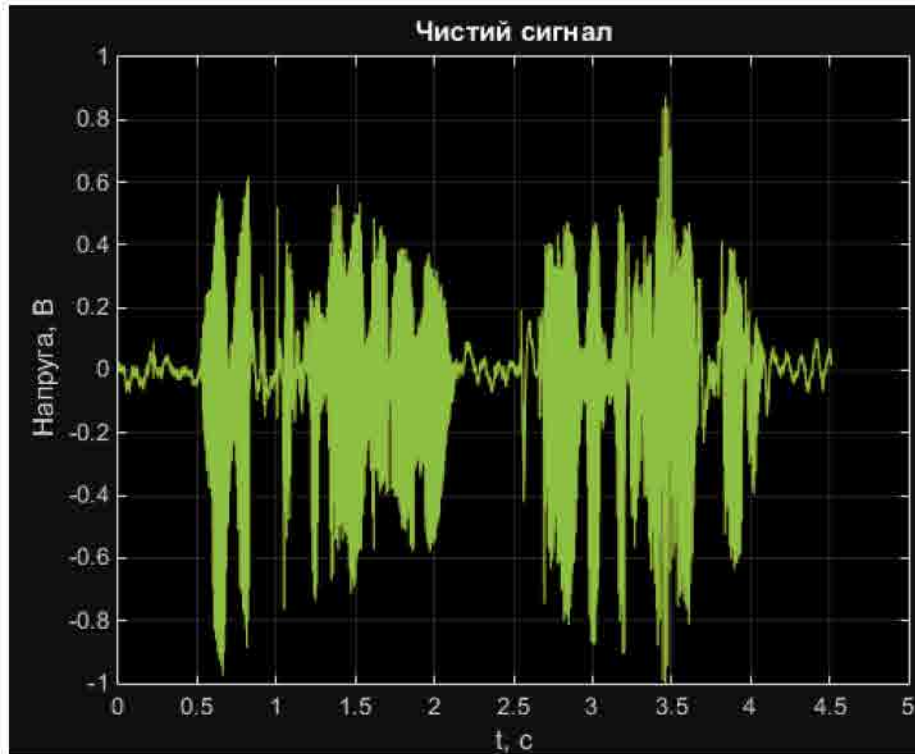


Рисунок 1.14. Форма сповіщення без стискування Vo-ір-кодеком

На рис. 1.15 і рис. 1.16 зображено графіки, отримані в результаті виконання програми в середовищі Matlab. Коли порівнювати графіки, можливо побачити різницю поміж двома типами розділення на кванти, яку конче добре видно на високих амплітудах: при нерівномірному квантуванні різниця поміж сусідніми піками більше помітна, чим при лінійному, де спад амплітуди плавніший.

Порівнюючи результат на слух, можливо сказати, що при лінійному квантуванні помітний шум, трескіт. При нелінійному квантуванні його майже немає, до того ж якість сповіщення помітно вища. Більше помітною різниця стає при зменшенні рівнів розділення на кванти сповіщень. Так, зменшивши ступінь до 6 бітів, будуть отримані результати, наведені на рис. 1.17 і 1.18.

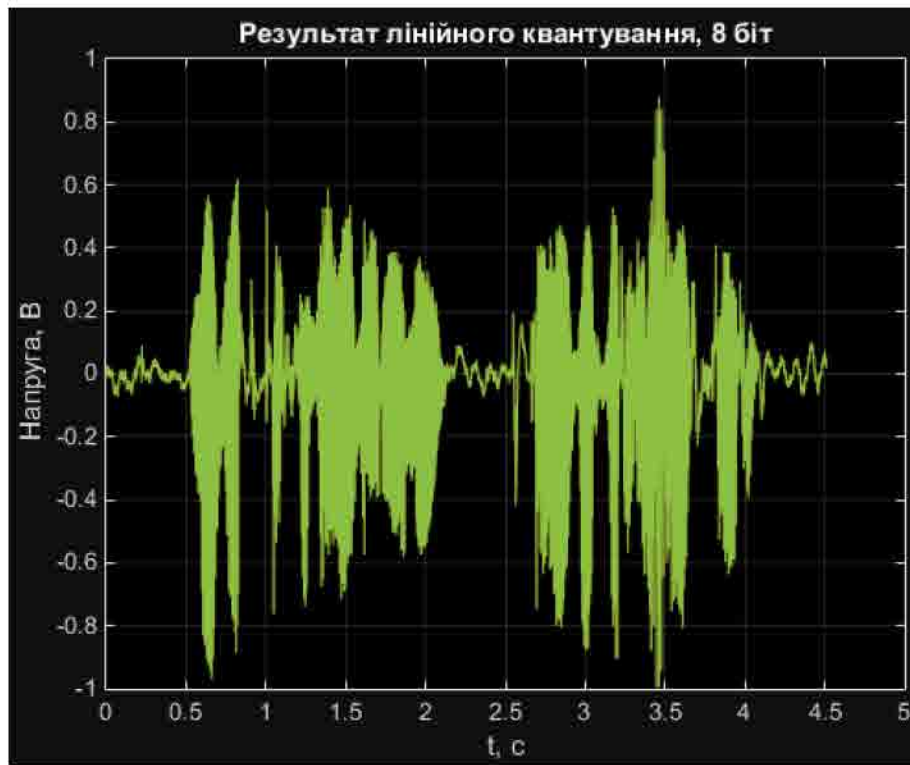


Рисунок 1.15. Результат лінійного 8-бітового розділення на кванти G.711

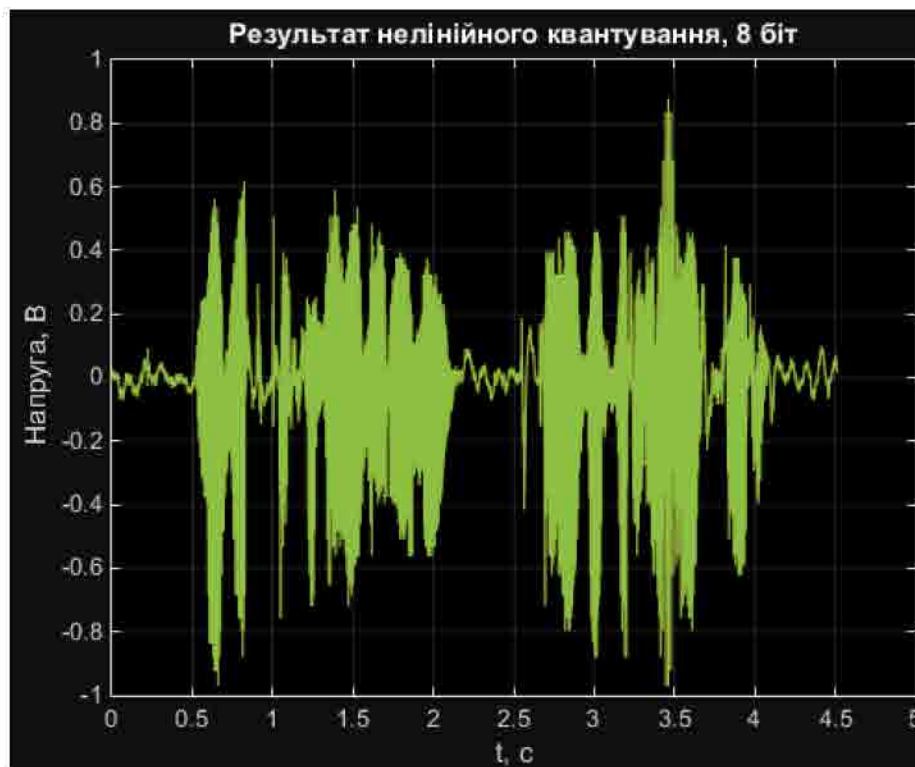


Рисунок 1.16. Результат нелінійного 8-бітового розділення на кванти G.711

Зазначені особливості 8-бітової моделі притаманні та 6-бітовій моделі, тепер варто порівняти графіки із рис. 1.17, рис. 1.18 і рис. 1.14 (лінійне розділення на кванти 6 біт, нелінійне розділення на кванти 6 біт, чистий сигнал).

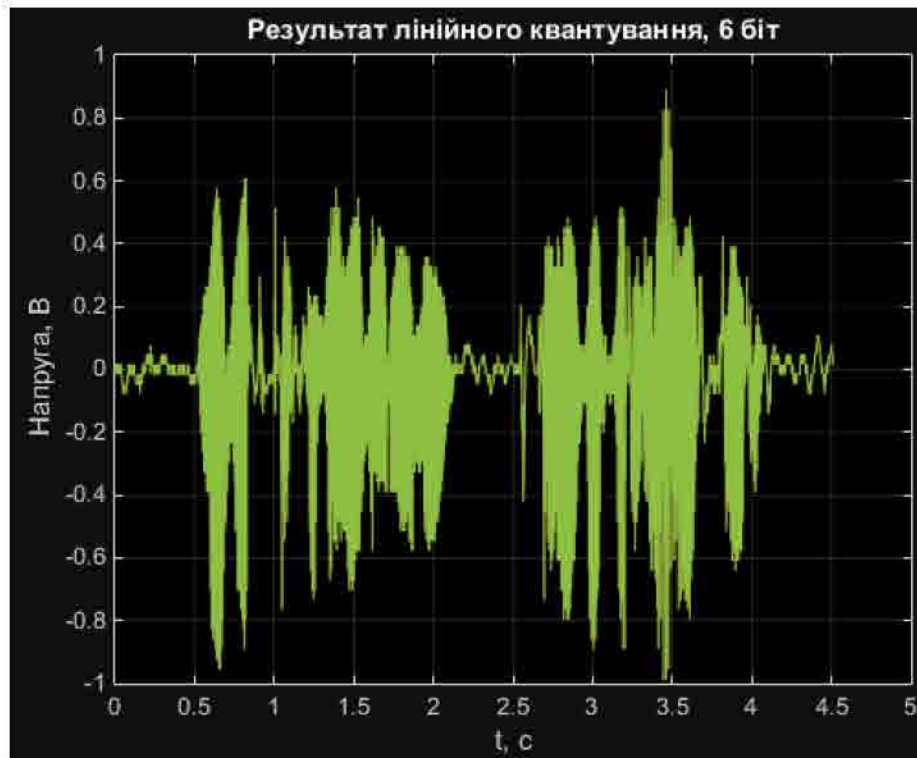


Рисунок 1.17. Результат лінійного 6-бітового розділення на кванти G.711

Адже основна частина сповіщення міститься у інтервалах малих амплітуд, варто звернути увагу на них, проте саме на те, що при нерівномірному квантуванні сигнал більше схожий на чистий, чим при лінійному. При нелінійному квантуванні якість сповіщення теж помітно вища.

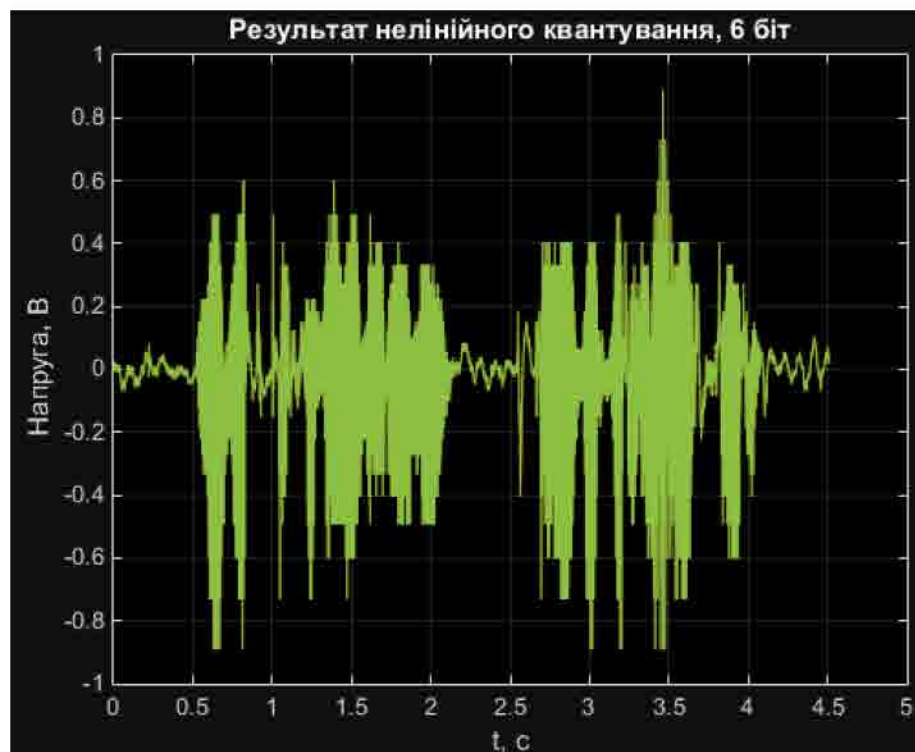


Рисунок 1.18. Результат нелінійного 6-бітового розділення на кванти G.711

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

*БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ*

Арк

51

Таким чином можливо зазначити, що особливістю Vo-ір-кодеку G.711 являється застосування нерівномірного розділення на кванти замість лінійного. Після зрівняння графіків, а разом з цим звучання сповіщень визначено, що при нерівномірному квантуванні сигнал мав менш шумів і загалом мав вищу якість, чим лінійно-квантований.

На прикладі розглянутої моделі видно, що замість лінійно-квантованого 8-бітного сповіщення можливо використати нерівномірне 6-бітве розділення на кванти. На прикладі моделювання Vo-ір-кодеку G.711 показано, що при цьому можливо забезпечити вищу швидкість передавання сповіщення.

					<i>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</i>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		52

## 2 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ І ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

### 2.1 Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях

Україна приділяє велику увагу питанням охорони життя та здоров'я своїх громадян, створенню безпечних умов праці роботодавцями, керівниками установ, організацій, проте кількість нещасних випадків, що трапляються на виробництві, залишається конче великою.

Проблеми створення безпечних та нешкідливих умов праці містять таку ж давню історію, як і історія людства. Проте, сьогодні вони набувають особливого значення, адже ціна кожної аварії істотно зростає. Статтею 3 Конституції України людина і її здоров'я оголошенні найбільшою цінністю держави.

Поліпшення умов і охорона праці стає одним із важливих напрямків матеріального і культурного рівня життя народу, а це, в свою чергу, сприяє зростанню якості і продуктивності праці, підвищенню соціально-економічних показників виробництва, зменшенню коштів на витрати з травматизму, професійних захворювань та аварій.

У розділі із охорони праці і техніки безпеки розглядаються питання умов праці оператора персональним комп'ютером, котрі повинні існувати забезпечені на підприємстві задля безпечної роботи працівника.

### 2.2 Аналіз небезпечних і шкідливих чинників, що впливають на працівника

Небезпечним називається фактор, вплив якого на працюючу людину у певних умовах може привести до виробничої травми чи іншому раптовому різкому погіршенню здоров'я. Коли ж виробничий чинник приведе до захворювання чи зниження працездатності, то його вважають шкідливим. Залежно з рівня і тривалості впливу, шкідливий чинник може стати небезпечним.

У процесі роботи на операторів ПК спроможні мати вплив наступні небезпечні і шкідливі фактори:

- Невідповідність параметрів мікроклімату нормам;

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		53

- Недостатній ступінь освітленості;
- Ураження електрострумом;
- Статична електрика;
- Порушення організації робочого місця тощо.

## **2.3 Розробка заходів із охорони праці**

В відповідності із Правилами охорони праці під період експлуатації ЕОМ на робочому місці оператора ПК повинні існувати створенні умови задля високопродуктивної праці. Розглянемо ці умови.

Користувач персонального комп'ютера містить значне навантаження, як фізичне (сидяче положення, навантаження на очі тощо), так та розумове, що приводить до зниження його працездатності.

Розвитку стомлюваності сприяють наступні фактори – неправильна ергономічна організація робочого місця, нераціональні зони розміщення устаткування по висоті з підлоги, характер протікання праці – чергування праці і відпочинку, зміна одних форм роботи на інші.

### **2.3.1 Виробничі будівлі і приміщення**

Розміщення робочих місць із ВДТ заборонено в підвальних приміщеннях і на цокольних поверхах заборонено. Задля приміщень, котрі призначені задля роботи із ВДТ, доцільно обрати орієнтацію вікон на північ чи на північний схід. На вікнах повинні існувати жалюзі, що регулюються, чи штори, що дають можливість їх повністю закривати. Приміщення таким чином до ДБН У.2.5-28-2006 «Природне та штучне освітлення» повинні мати природне і штучне освітлення. При приміщеннях із ВДТ містять існувати обладнані побутові приміщення задля відпочинку, психологічного розвантаження тощо.

Площа на одне робоче місце задля операторів повинна складати не менш 6 кв.м, а об'єм – не менш 20,0 куб.м. Стіни пофарбовані матовою фарбою, в відповідності із санітарними вимогами.

### **2.3.2 Гігієнічне нормування параметрів мікроклімату**

Більш за все значним фактором продуктивності і безпеки праці являється виробничий мікроклімат. Він характеризується параметрами температури, вологості та швидкістю руху повітря. Порушення відповідності цих параметрів впливають на працездатність працівників, їх реакцій, збільшення кількості помилок. Через це у приміщенні повинні існувати установлені оптимальні властивості мікроклімату: температура повітря 22-25 °С, вологість повітря – 40-60%, швидкість руху повітря – 0,1-0,2 м/с.

Задля цього приміщення містить існувати оснащене системами опалення і кондиціонування, що забезпечують постійне і рівномірне нагрівання, циркуляцію і очищення повітря з пилу і шкідливих речовин.

### **2.3.3 Освітлення виробничих приміщень**

Одним із основних питань охорони праці являється організація раціонального освітлення виробничих приміщень та робочих місць.

Задля освітлення приміщення, в якому працює користувач ПК, застосовується змішане освітлення, тобто сполучення природного і штучного освітлення.

Природне освітлення здійснюється крізь вікна у зовнішніх стінах будинку.

Штучне освітлення застосовують при недостатньому природному освітленні і здійснюють поза сприянням двох систем: загального і місцевого освітлення.

Задля загального освітлення приміщення застосовуються газорозрядні лампи типу ЛД. Норма задля необхідної освітленості робочого місця складає 300-500 лк.

### **2.3.4 Шум та вібрація**

При розумовій праці, котра потребує зосередженості припустимий ступінь шуму складає 50дБ. Задля поменшення шуму і вібрації у приміщенні устаткування, апарати і прилади встановлюють на спеціальні прокладки, що амортизують. Коли стіни у приміщенні являється джерелами шумоутворення,

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		55

вони повинні існувати облицьовані звуковбирним матеріалом.

### **2.3.5 Електробезпека**

На відмінну з інших джерел небезпеки електричний струм не можливо виявити без спеціального устаткування і приладів, через це вплив його на людину найчастіше зненацький.

Проходячи крізь організм людини електричний струм робить термічну, електролітичну та біологічну дію. В результаті термічного впливу викликається розігрів організму і виникають опіки ділянок тіла, в результаті електролітичного впливу розкладається кров та інші органічні рідини у організмі. Біологічний вплив проявляється у порушенні і роздратуванні тканин та мимовільному судорожному скороченні м'язів.

Задля попередження поразок електричним струмом необхідно:

- В повному обсязі виконувати правила провадження робіт та правил технічної експлуатації;
- Виключати можливість доступу працівника до частин устаткування, що працює під небезпечною напругою, неізольованим частинам, призначеним задля роботи при малій напрузі і не підключеним до захисного заземлення;
- Застосовувати ізоляцію, що служить задля захисту з поразки електричним струмом.

Заземлені конструкції, що знаходяться у приміщеннях, де розміщені робочі місця операторів ( батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном) містять існувати надійно захищені діелектричними щитками чи сітками із метою недопущення потрапляння працівника під напругу.

### **2.4 Пожежна безпека**

Під пожежною безпекою розуміють систему державних та суспільних заходів, спрямованих на охорону з вогню людей та матеріальних цінностей

Протипожежний захист приміщення забезпечується застосуванням

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		56

автоматичної установки пожежної сигналізації, наявністю засобів пожежогасіння, застосуванням основних будівельних конструкцій будинку із регламентованими межами вогнестійкості, організацією своєчасної евакуації людей. Задля ліквідації пожеж застосовують первинні засоби пожежогасіння, котрі призначенні задля гасіння пожеж в початковій стадії їх розвитку. Вони являється в всіх виробничих приміщеннях.

Оснащення об'єктів первинними засобами пожежогасіння проводиться таким чином до Правил пожежної безпеки у Україні, введених у дію наказом внутрішніх справ України з 22.06.95 №400.

До первинних засобів пожежогасіння відносяться : вогнегасники, пожежний інвентар (покривала із негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини чи повсті, ящики із піском, бочки із водою, пожежні відра, совкові лопати) і пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо).

Необхідну кількість первинних засобів пожежогасіння визначають окремо задля кожного поверху і приміщення. Коли у одному приміщенні знаходяться декілька різноманітних поза пожежною небезпекою виробництв, не відділених одне з одного протипожежними стінами, усі ці приміщення забезпечують вогнегасниками, пожежним інвентарем і іншими видами засобів пожежогасіння поза нормами більш за все небезпечного виробництва.

Будівлі і споруди, котрі заводяться і реконструюються, містять існувати забезпечені первинними засобами пожежогасіння із розрахунку:

- на 200м<sup>2</sup> площі підлоги – один вогнегасник (коли площа поверху менша 200м<sup>2</sup> – два вогнегасники на поверх), бочка із водою, ящик із піском;
- на кожні 20м довжини риштування (на поверхах) – один вогнегасник (проте не менш двох на поверсі), а на кожні 100м довжини риштування – бочка із водою.

Забезпечення пожежної безпеки – це один із важливих напрямків щодо охорони життя і здоров'я людей, національного багатства та навколишнього середовища.

## ВИСНОВКИ

Vo-ір являється розповсюдженою технологією у ІР-мережі, котра потребує підтримки у режимі реального періоду, адже являється чутливою до періоду. Досягнення надійної, якісної передавання мови у ІР-мережі являється складним інженерним завданням. Задля проектування якісної реалізації Vo-ір із застосуванням ІР-АТS Asterisk необхідно застосовувати досконалу техніку та обрати найкращий Vo-ір-кодек. Vo-ір-технологія перетворює голосовий зв'язок на застосування пакетів, котрі можливо обробляти крізь Internet та використовувати як інтерактивний інструмент. Потім голосове сповіщення перетворюється на текстовий формат, котрий можливо надіслати крізь Internet поза сприянням програмного забезпечення. Існують різні постачальники сервісів Vo-ір, котрі пропонують свої послуги організаціям, підприємствам та окремим особам задля застосування мови і пакетів крізь Internet. Одна із переваг Vo-ір перед традиційною телефонною системою полягає у через це, що він не передбачає жодної плати поза міжміські дзвінки, а міжміські дзвінки можливо здійснювати у межах тієї ж мережі, що і користувач. Задля комунікаційної структури Vo-ір потрібен адаптер та цифрові комунікаційні лінії. В виконаній роботі були розглянуті загальні особливості побудови мереж Ір-фонії і архітектуру ІР-АТS Asterisk. Виконано аналіз ефективності Vo-ір-кодеків при передавання мовних сповіщень у мережі, задля чого проаналізовано паузи і втрати мовних кадрів. При цьому використовувались більш за все розповсюджені та ефективні Vo-ір-кодеки. Проведений аналіз показав, що найкращу якість з'єднання забезпечує кодек G.711. Замість лінійно-квантованого 8-бітного сповіщення можливо використати нерівномірне 6-бітове розділення на кванти. При цьому можливо забезпечити вищу швидкість передавання сповіщення. Вибір Vo-ір-кодеку у основному залежить з потреб організації, а разом з цим з типу та продуктивності обладнання та технологій, що застосовуються у конкретній компанії. Визначено, що найкращі показники спроможні існувати досягнуті методом компромісу поміж вимогами до пропускнуої здатності Vo-ір-кодеку та бажаною якістю передавання.

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		58

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хартпенс Б. Packet Guide to Voice over IP: Посібник системного адміністратора щодо технологій VoIP. «O'Reilly Media, Inc.», 2013
2. Бейкер Ф. «Кодова точка диференційованих послуг (dscp) для пропускового трафіку», Інженерна робоча група Інтернету (IETF), 2010
3. Strzęciwilk D. «Аналіз продуктивності системи qos з чергою wfq з використанням часових мереж Петрі», Springer, 2021, стор. 462–476. [Електронний ресурс]: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-84340-3\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-030-84340-3_38)
4. Міраз М. «Моделювання та аналіз параметрів якості обслуговування (qos) голосового трафіку через ip (voip) через гетерогенні мережі», 2017. [Електронний ресурс]: <https://arxiv.org/abs/1708.01572>
5. Affonso ET. «Оцінка якості мовлення в бездротовому VoIP-зв'язку з використанням мережі глибокої віри», IEEE, вип. 6, стор. 77 022–77 032, 2018. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2871072>
6. Nunes RD. «Покращення продуктивності ненав'язливої метрики якості голосу в мережах із втратами даних», IET Communications, вип. 13, № 20, стор. 3401–3408, 2019. [Електронний ресурс]: <https://doi.org/10.1049/iet-com.2018.5165>
7. Захист IP-телефонії [Електронний ресурс]: <https://cutt.ly/5nmfZNO>
8. Analyzing VoIP connectivity and performance issues [Електронний ресурс]: <http://www.siptutorial.net/SIP/>
9. SureVoIP API Technical Documentation [Електронний ресурс]: [http://www.surevoip.co.uk/support/wiki/api\\_documentation](http://www.surevoip.co.uk/support/wiki/api_documentation).
10. Asterisk [Електронний ресурс]: <https://www.asterisk.org/>.
11. Codecs and VoIP protocols [Електронний ресурс]: <http://www.en.voipforo.com/codec/codecs.php>
12. General aspects of digital transmission systems [Електронний ресурс]: [https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.711-198811-I!!PDF-E&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.711-198811-I!!PDF-E&type=items).

					<b>БКС 28. 30 000. 00 КРБ ПЗ</b>	Арк
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		59

## Код програми для моделювання кодування-декодування VoIP-кодеком G.711 у середовищі Matlab

```

% вхідні дані:
clear; clc
name = input('Введіть назву файлу: ', 's');
[x, fs] = audioread(name);
x = x/max(abs(x)); % нормування сигналу по максимуму
disp('Слухаємо вхідний сигнал')
disp(' ');
soundsc(x, fs);
pause(length(x)/fs);
t = 0:1/fs:(length(x)-1)/fs;
%% нелінійне квантування
% компресія перед квантуванням
disp('A = 1 - лінійне квантування');
disp('A = 86.7 - типове нелінійне квантування');
disp(' ');
A = input('Обираємо ступінь нелінійності A (від 1 до 86.7): ');
y = comrand(x, A, max(x), 'A/compressor');
% квантування
b = input('Кількість бітів квантування (від 1 до 16): ');
L = 2^b; % кількість рівнів квантування
q = 2/L; % розмір одного кванта
codebook = -1+q/2:q:1-q/2; % середини квантів (кодова книга)
partition = -1+q:q:1-q; % межі між квантами
[~, yquan, ~] = quantiz(y, partition, codebook); % квантований сигнал
pause(5)
% декомпресія після квантування
xquan = comrand(yquan, A, max(yquan), 'A/expander');
disp('Слухаємо вихідний сигнал')
soundsc(xquan, fs);
%% побудова графіків
plot(t, x); grid;
% title('Чистий сигнал'); xlabel('t, c'); ylabel('Напруга, В').

```

Слайди мультимедійної презентації



**АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ  
VOIP-КОДЕКІВ ПРИ ПЕРЕДАЧІ  
ГОЛОСОВИХ ПОВІДОМЛЕНЬ В МЕРЕЖІ**

Чалмаєв Андрій, ОТФК ОНУ

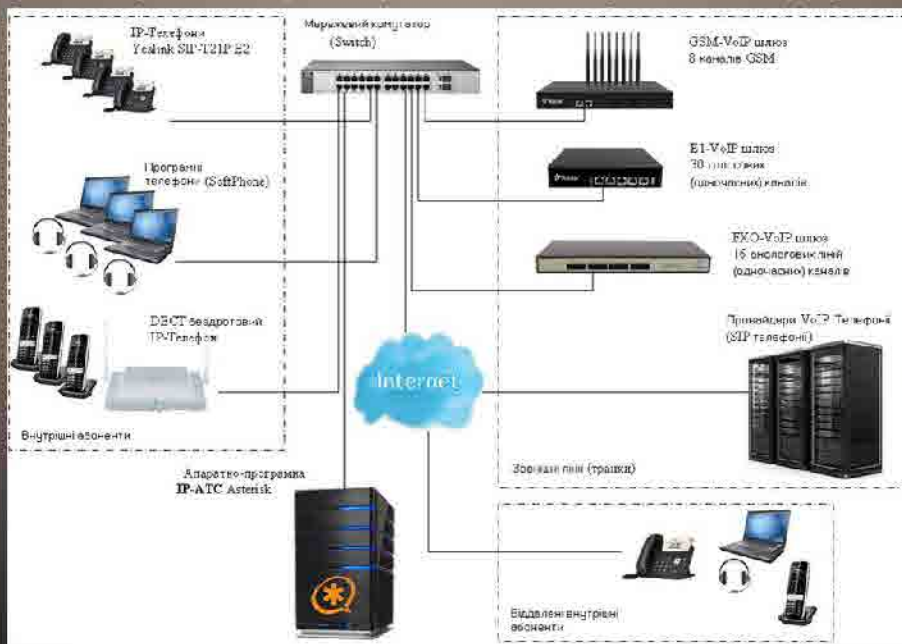
Приклад сеансу зв'язку SIP між двома телефонами



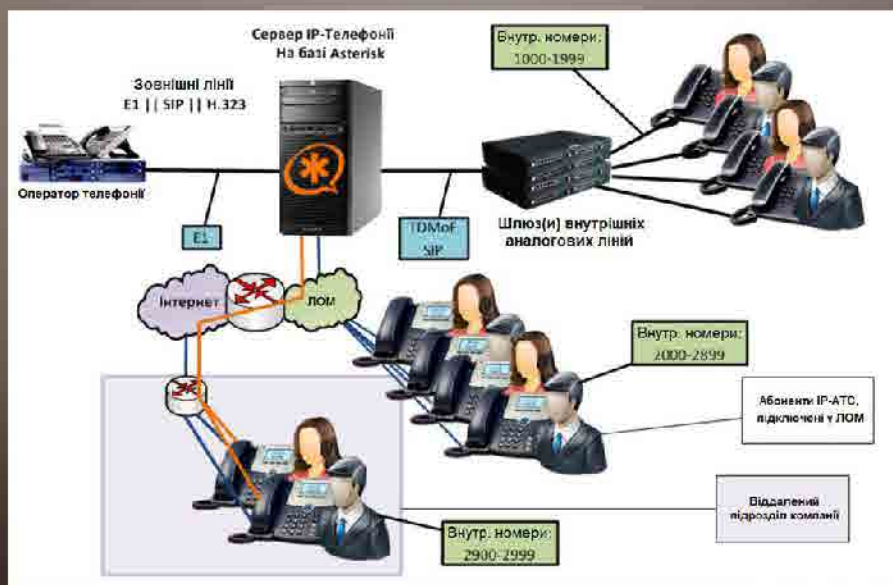
Стартовий рядок
Заголовки
Порожній рядок
Тіло повідомлення

Структура повідомлень протоколу SIP

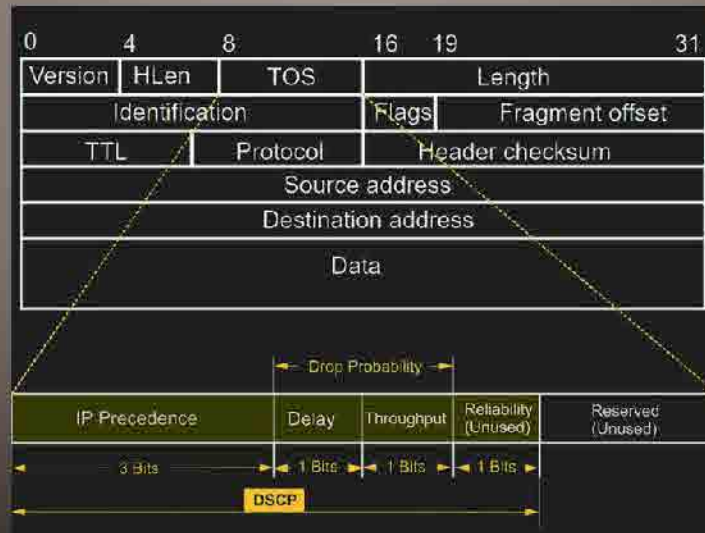
## Варіант організація мережі IP-телефонії на підприємстві



## Реалізація IP-ATC Asterisk на підприємстві



## Формат поля ToS в заголовку IP-пакету за протоколом IP4



## Вимоги ITUT-T щодо якості голосу у IP-мережі

Параметри мережі	«Добре»	«Прийнятно»	«Погано»
Затримка(ms)	0-150	150-300	> 300
Джиттер(ms)	0-20	20-50	> 50

## Оцінка якості передачі голосу за MOS

Оцінка	Якість зв'язку	Рівень гучності	Гучність
5	Чудово	Повне розслаблення	Набагато голосніше, ніж потрібно
4	Добре	Легка увага	Голосніше, ніж потрібно
3	Задовільно	Помірна увага	Гучність за потребою
2	Незадовільно	Значні зусилля при слуханні	Тихіше, ніж потрібно
1	Погано	Відсутність розуміння, висока увага	Набагато тихіше, ніж необхідний

# Оцінка якості передачі голосу VoIP-кодеками в шкалі MOS

$$MOS = \begin{cases} 1 + 0.0035R + R(R - 60) & R < 0 \\ (100 - R) \times 7 \times 10^{-6} & 0 < R < 100 \\ 4.5 & R > 100 \end{cases}$$

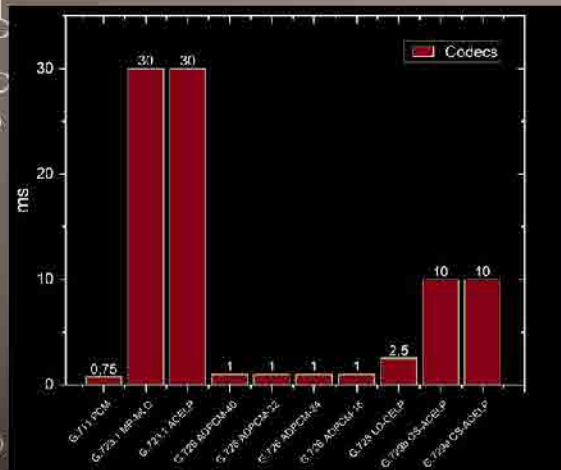
$$R = R_c - I_c - I_d - I_e + A$$

$$I_d = \left\{ (1 + X^6)^{1/6} - 3 \left( 1 + \left| \frac{X}{3} \right|^{1/6} + 2 \right) \right\}$$

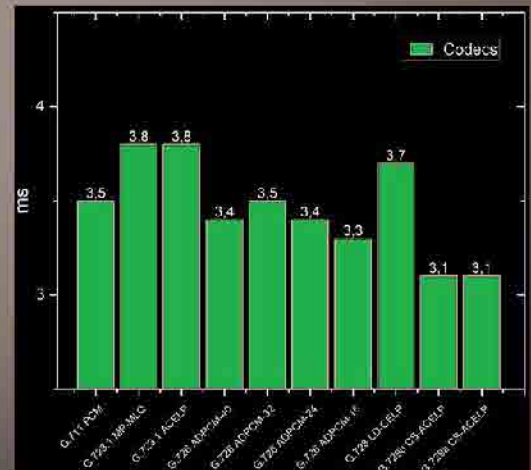
$$I_e = a + b \ln \left( 1 + c \frac{PLR}{100} \right)$$

$$X = \frac{\log(\frac{d}{c_{100}})}{\log 2}$$

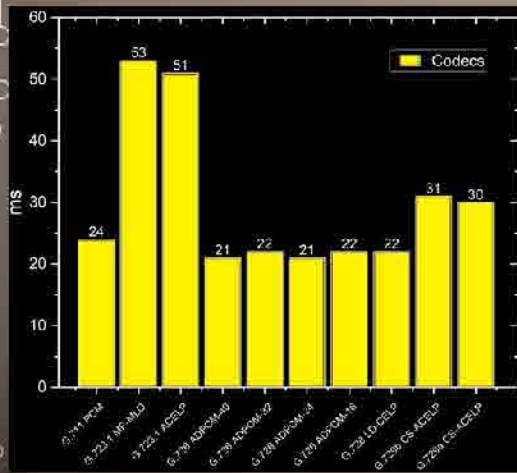
VoIP-кодек	Швидкість передачі даних або Bit Rate (kbps)	MOS
G.711	64	4,4
G.723.1	6,3	3,9
G.726	32	3,85
G.728	16	3,61
G.729	8	3,92



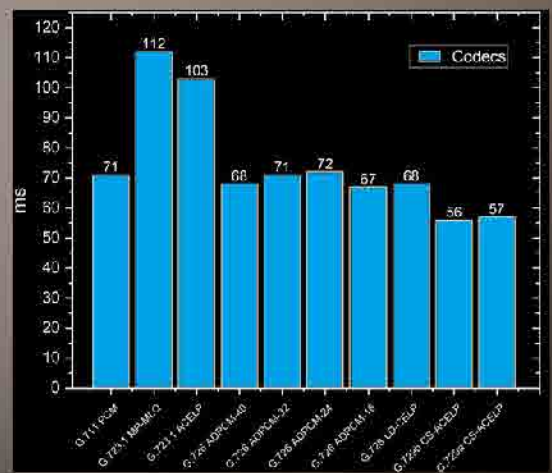
Оцінка затримки пакетування VoIP-кодеків



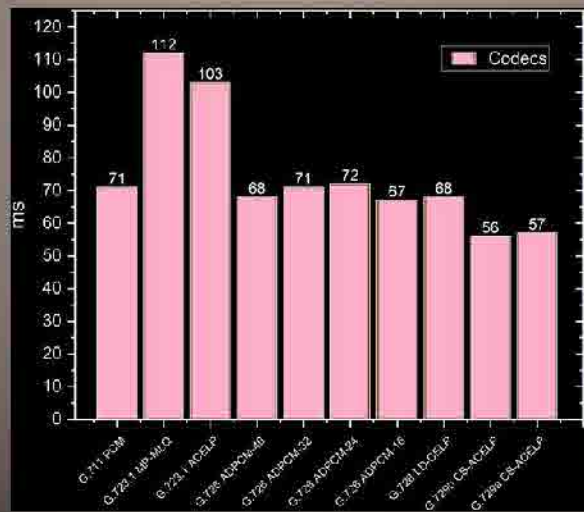
Оцінка середнього значення буфера джиттера VoIP-кодеків



Порівняння затримки передачі пакетів в один бік

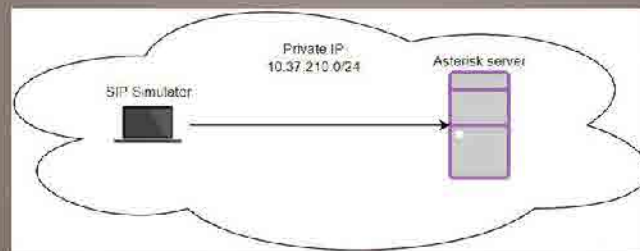
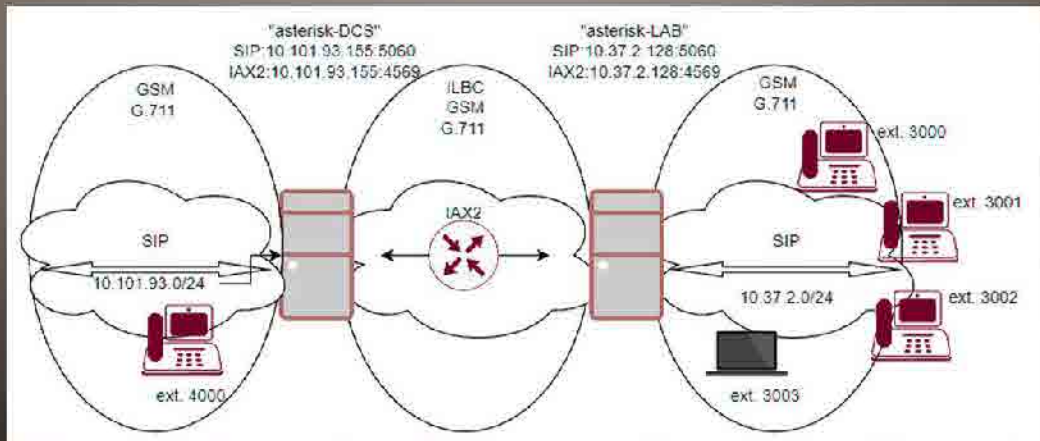


Порівняння затримки передачі пакетів в обидва боки

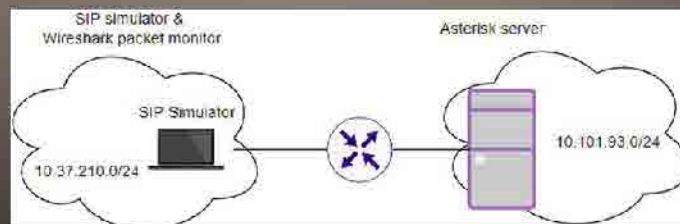


Порівняння середньої втрати пакетів для VoIP-кодеків

# Модель тестової мережевої інфраструктури на базі IP-ATC Asterisk

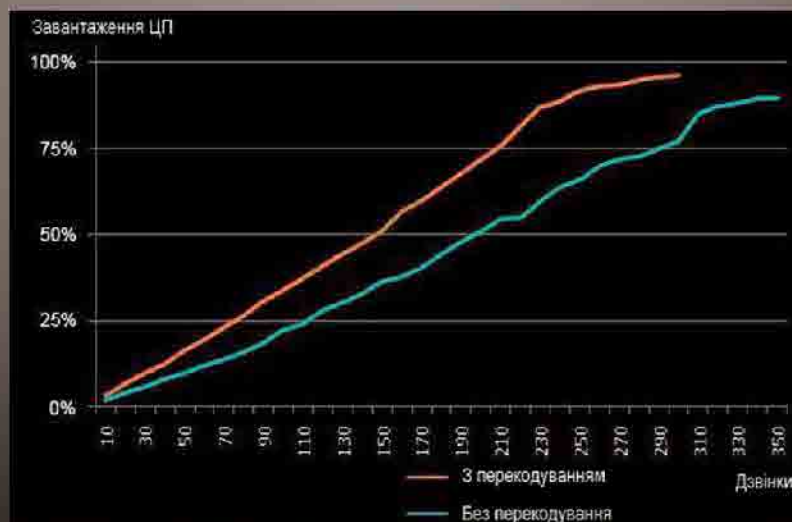


Налаштування тестування стресового навантаження на сервер

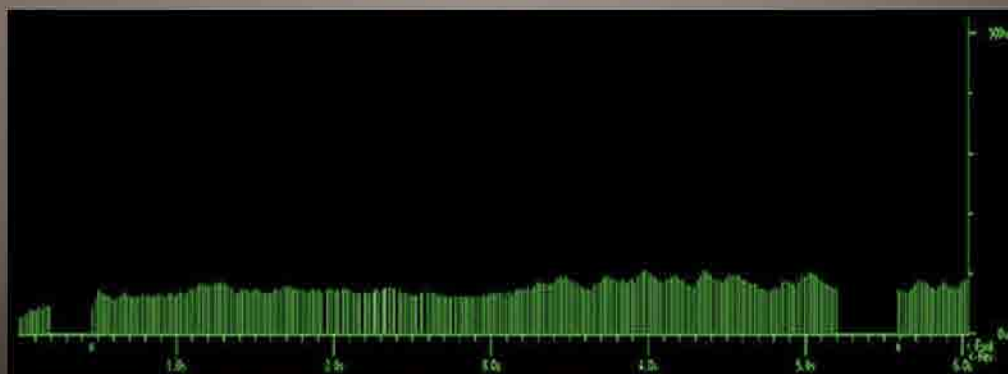


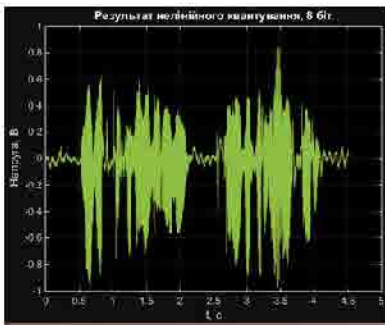
Налаштування тестування стресового навантаження на мережу

## Результати тестування стресового навантаження серверу

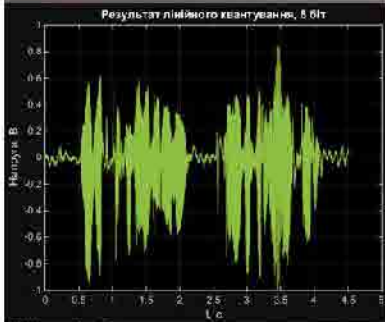


## Результати тестування затримки та втрати пакетів у мережі

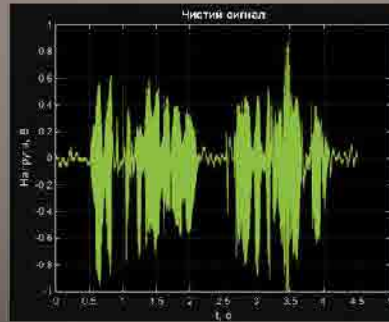




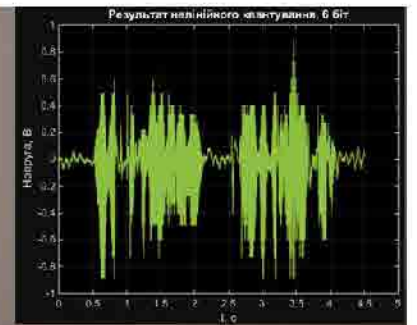
Нелінійне 8-бітове квантування



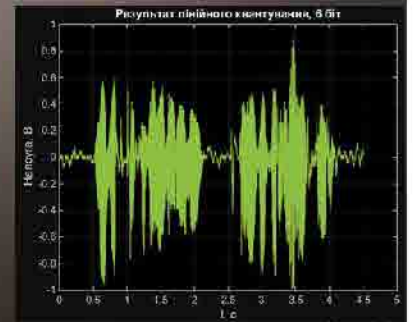
Лінійне 8-бітове квантування



Форма сигналу без стиснення VoIP-кодеком



Нелінійне 6-бітове квантування



Лінійне 6-бітове квантування

**ВІДГУК**

керівника про кваліфікаційну роботу бакалавра

*Чалмаєва Андрія Олексійовича*

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія"

Тема кваліфікаційної роботи Аналіз ефективності VoIP-кодеків при передачі голосових повідомлень в мережі

**ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

а) Обсяг і якість виконання роботи (графічного матеріалу і розрахунково-пояснювальної записки) Випускна кваліфікаційна робота виконана відповідно технічному завданню. Пояснювальна записка до випускної роботи містить 69 сторінок. У пояснювальній записці описана технологія передачі голосових повідомлень у мережі та проаналізовано ефективність VoIP-кодеків. Графічна частина складається з 15 слайдів, оформлених у вигляді презентації, передбачених технічним завданням. Якість виконання пояснювальної записки та слайдів добра, розробку виконано у повному обсязі.

б) Самостійність роботи Протягом виконання випускної бакалаврської роботи Чалмаєв Андрій поступово та послідовно виконував всі етапи, проявив ініціативу у створенні загальної концепції та реалізації випускної роботи. Всі роботи він виконував самостійно, з оглядом на рекомендації керівника.

в) Теоретична підготовка здобувача освіти \_\_\_\_\_

*Чалмаєв Андрій під час роботи над випускною бакалаврською роботою вивчив і опрацював достатню кількість літературних джерел за даною тематикою.*

*Вважаю, що теоретична підготовка здобувача освіти достатня і він готовий до захисту роботи.*

г) Вміння розв'язувати виробничі і конструкторські питання на базі останніх досліджень науки і техніки, передових методів виробництва \_\_\_\_\_

*Під час виконання роботи Чалмаєв Андрій мав змогу самостійно приймати окремі рішення з виконання дослідження та показав вміння організовано працювати над поставленою задачею, скласти та оформлювати презентацію проекту, користуючись сучасними комп'ютерними програмними засобами, такими як Mathlab, Microsoft PowerPoint, Microsoft Visio.*

Оцінка розрахункової частини \_\_\_\_\_ *Добре*

Оцінка графічної частини \_\_\_\_\_ *Відмінно*

Загальна оцінка \_\_\_\_\_ *Добре*

Прізвище, ім'я, по батькові \_\_\_\_\_ *Кривченко Анастасія Анатоліївна*

Місце роботи і посада керівника роботи \_\_\_\_\_ *ВСП "Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ", викладач спецдисциплін комісії комп'ютерних технологій та програмної інженерії, голова обласної методичної комісії викладачів комп'ютерної інженерії*

Підпис \_\_\_\_\_

*«13» 06 2024 р.*

## РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра здобувача освіти

відділення комп'ютерних систем

**Чалмаєва Андрія Олексійовича**

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія"

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія»

Керівник дипломного проекту (роботи) Кривченко Анастасія Анатоліївна

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема дипломного проекту (роботи) Аналіз ефективності VoIP-кодеків при передачі голосових повідомлень в мережі

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 69 сторінок

Обсяг графічної (презентаційної) частини 15 аркушів (слайдів)

### ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ (РОБОТИ)

а) заключення про ступінь відповідності виконаного дипломного проекту (роботи) завданню  
Представлена на рецензію кваліфікаційна робота бакалавра повністю відповідає меті проектування та технічному завданню. Тематика кваліфікаційної роботи є актуальною для своєї галузі та присвячена аналізу ефективності VoIP-кодеків при передачі голосових повідомлень в мережі.

б) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту (роботи)  
Кваліфікаційна робота складається зі вступу, двох розділів, висновків, переліку використаних джерел. У основному розділі розглянуті питання організації мережі IP-телефонії, проектів корпоративних мереж IP-телефонії, реалізації SIP-протоколу, впровадження IP-АТС Asterisk, визначення параметрів і пріоритетів для голосового трафіку, оцінки втрат голосових пакетів та затримок, моделювання тестової мережі з IP-АТС Asterisk, оцінки якості кодованих сигналів при передачі голосових повідомлень

в) оцінка якості виконання пояснювальної записки та графічної частини дипломного проекту (роботи)  
Графічна частина виконана на достатньо високому рівні у вигляді презентації із використанням офісного пакету Microsoft PowerPoint та Visio. Пояснювальна записка виконана охайно та у відповідності до норм оформлення документів із використанням офісного пакету Microsoft Word. Загальна якість виконання документації – добра, академічного плагіату у роботі не виявлено

г) перелік позитивних якостей дипломного проекту (роботи) \_\_\_\_\_

1. Детально описано мету та цілі аналізу;

2. Проведено визначення параметрів і пріоритетів для голосового трафіку, оцінки втрат голосових пакетів та затримок, моделювання тестової мережі з IP-ATC Asterisk;

3. Виконано оцінку якості сигналів при передачі голосових повідомлень

д) основні недоліки дипломного проекту (роботи) \_\_\_\_\_

1. Моделювання процесу квантування VoIP-кодеку G.711 варто було показати більш детально;

2. Варто було зазначити у роботі рекомендації щодо застосування VoIP-кодеків в залежності від кількості користувачів

Оцінка розрахункової частини \_\_\_\_\_ Добре

Оцінка графічної частини \_\_\_\_\_ Відмінно

Загальна оцінка \_\_\_\_\_ Добре

Прізвище, ім'я, по батькові рецензента \_\_\_\_\_ к.т.н. Селіванова Алла Віталіївна

Місце роботи і посада рецензента \_\_\_\_\_ Одеський національний технологічний університет, декан факультету комп'ютерної інженерії, програмування та кіберзахисту



Підпис: \_\_\_\_\_

« 20 » 06 2024 р.

Ім'я користувача:  
**Катерина Григоріївна Краснокутська**

ID перевірки:  
**1016255002**

Дата перевірки:  
**15.05.2024 22:28:03 EEST**

Тип перевірки:  
**Doc vs Internet + Library**

Дата звіту:  
**15.05.2024 22:28:27 EEST**

ID користувача:  
**100011688**

Назва документа: **2БКС-28\_Андрій\_Чалмаєв**

Кількість сторінок: **53** Кількість слів: **11750** Кількість символів: **84198** Розмір файлу: **1.81 MB** ID файлу: **1016041777**

## 7.27% Схожість

Найбільша схожість: **1.34%** з Інтернет-джерелом ([https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/34777/1/Lishchuk\\_bakalavr.pd..](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/34777/1/Lishchuk_bakalavr.pd..))

7.27% Джерела з Інтернету

311

Сторінка 55

Не знайдено джерел з Бібліотеки

## 0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

5

**ДОЗВІЛ  
НА РОЗМІЩЕННЯ  
ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
В ЕЛЕКТРОННОМУ РЕПОЗИТАРІЇ ВСП «ОТФК ОНТУ»**

Ми, що нижче підписалися,

**Чалмаєв Андрій Олексійович,**  
здобувач освіти гр. 2БКС-28, та

**Кривченко Анастасія Анатоліївна,**  
керівник випускної кваліфікаційної роботи,

не заперечуємо щодо розміщення електронного варіанту пояснювальної записки до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

**«Аналіз ефективності VoIP-кодеків при передачі голосових повідомлень в мережі» (автор роботи – Чалмаєв А.О., керівник роботи – Кривченко А.А.)**

виконаного у ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету» в 2024 році, у повному обсязі в електронному репозитарії ВСП «ОТФК ОНТУ» для вільного доступу через мережу Інтернет.

Несемо відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів випускної кваліфікаційної роботи і даємо згоду на обробку персональних даних.

Виконавець



/ Чалмаєв А.О. /

Керівник



/ Кривченко А.А. /

«13» червня 2024 р.