

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

”Допущено до захисту”
Завідувач кафедри кібербезпеки
та програмного забезпечення
д.т.н., професор
_____ Олексій СМІРНОВ
“___” _____ 2026 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему
“Програмне забезпечення системи мережевого аудіовізуального
обладнання з використанням протоколу AoIP”

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи KI-22-2
ОПП «Комп’ютерна інженерія»
спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія»
_____ Тітарова А.А.
«___» _____ 2026 р.

Керівник проекту
кандидат фізико-математичних наук, доцент
_____ Петренюк В.І.
«___» _____ 2026 р.
Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Механіко-технологічний
Кафедра Кібербезпеки та програмного забезпечення
Освітній ступінь бакалавр
Галузь знань ._12 _____“Інформаційні технології”
Спеціальність 123 “Комп’ютерна інженерія”
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма “Комп’ютерна інженерія”

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., проф.
_____ Олексій СМІРНОВ
« 27 » лютого 2026 року

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Титаровій Анастасії Андріївні

(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи *Програмне забезпечення системи мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP*

2. Керівник роботи *Петренюк Володимир Ілліч, кандидат фізико-математичних наук, доцент*

(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу № 136-02 від 27.02.2026 року

3. Строк подання студентом роботи до захисту 23.05.2026 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи: *Метою роботи є розробка програмного забезпечення системи мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP*

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Призначення та область використання.

2.Перегляд аналогічних існуючих систем.

3. Опис і обґрунтування проектних рішень.

4. Етапи програмування системи.

5. Впровадження системи в промислову експлуатацію.

6. Висновки

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)

Структурна схема системи 1 аркуш

Функціональна схема системи 1 аркуш

Діаграма процесів 1 аркуш

Блок-схема алгоритму роботи додатку 2 аркуша

7. Дата видачі завдання « 27 » лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти	Примітка
1.	Аналіз існуючих систем	10.03.2026 р.	
2.	Постановка задачі, оформлення ТЗ	15.03.2026 р.	
3.	Розробка моделі компонента	20.03.2026 р.	
4.	Розробка структур даних	25.03.2026 р.	
5.	Розробка алгоритмів зв'язку та відображення	30.03.2026 р.	
6.	Програмування алгоритмів	10.04.2026 р.	
7.	Оформлення ПЗ	17.04.2026 р.	
8.	Попередній захист роботи	23.05.2026 р.	

Дата видачі завдання
« 27 » лютого 2026 р.

Підпис керівника

Петренюк В.І.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« 27 » лютого 2026 р.

Підпис здобувача

Тітарова А.А.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тітарова А.А. Програмне забезпечення системи мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP. 123 Комп'ютерна інженерія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2026.

В даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP.

Метою розробки є програмне забезпечення системи мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP.

Результат роботи – програмна реалізація системи мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP.

В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Розроблено зручний інтерфейс користувача. Наведені інструкції по роботі з програмними засобами.

Програма може використовуватися на ПЕОМ з ОС Windows 10/11.

Програму розроблено в середовищі Python.

Ключові слова: комп'ютерна інженерія, AoIP

ABSTRACT

Titarova A.A. Software for a network audiovisual equipment system using the AoIP protocol. 123 Computer Engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2026.

In this final qualification work for the first (bachelor's) level of higher education, software has been developed that is intended for a network audiovisual equipment system using the AoIP protocol.

The purpose of the development is software for a network audiovisual equipment system using the AoIP protocol.

The result of the work is a software implementation of a network audiovisual equipment system using the AoIP protocol.

In the process of working on the software model, an analysis of existing hardware and software was performed. All components of the developed software are fully described.

A convenient user interface has been developed. Instructions for working with software are provided.

The program can be used on a PC with OS Windows 10/11.

The program was developed in the Python environment.

Keywords: computer engineering, AoIP

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ	2
ВСТУП.....	4
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ	6
1.1 Призначення системи.....	6
1.2 Область застосування.....	6
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	12
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.....	12
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....	20
2.3 Розгорнута постановка завдання	22
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	24
3.1 Опис функціонування системи	24
3.2 Розробка структурної схеми.....	31
3.3 Розробка функціональної схеми	39
3.4 Розробка діаграми процесів.....	46
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.....	48
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи.....	48
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....	59
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ	61
6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	65

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Програмне забезпечення системи мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Титарова А.А.					Б	1	72
Перев.	Петренко В.І.							
Н.контр.	Коваленко А.С.					ЦНТУ КІ-22-2		
Затв.	Смірнов О.А.							

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

БД	— база даних
КМЗ	— корпоративна мережа зв'язку
ЛОМ	— локальна обчислювальна мережа
ОЗП	— оперативно-запам'ятовувальний пристрій
ПАТМ	— пристрій автоматизованої телефонної мережі
ПЗ	— програмне забезпечення
ПП	— програмний продукт
СПД	— система передачі даних
СУБД	— система управління БД
ТфОП	— телефонний оператор
CNG	— Comfort Noise Generator. Генератор комфортного шуму
DSP	— Digital Signal Processor. Процесор цифрової обробки сигналів
DTMF	— Dual Tone Multi-Frequency. Багаточастотна система кодування цифр номера
GK	— Gatekeeper. Воратар . Виконує функції керування зоною мережі H.323
GW	— Gateway. Шлюз. Апаратно-програмний комплекс, що забезпечує обмін даними між мережами різних типів
H.323	— Рекомендація ITU-T, що визначає системи мультимедійного зв'язку в мережах з пакетною комутацією
H.248	— Протокол керування транспортним шлюзом
IP	— Internet Protocol. Протокол міжмережної взаємодії
LPC	Linear Prediction Coding. Кодування з лінійним проорокуванням
MCU	— Multipoint Control Unit. Пристрій керування конференцією
MG	— Media Gateway. Транспортний шлюз
MGCP	— Media Gateway Control Protocol. Протокол керування шлюзами

MP	– Multipoint processor. Процесор для обробки інформації користувачів при централізованих конференціях
OSI	– Open System Interconnection. Взаємодія відкритих систем
PPP	– Point-to-Point Protocol. Протокол двостороннього зв'язку
RADIUS	– Remote Authentication Dial-In User Service. Протокол автентифікації й авторизації абонентів, а також обліку обсягу наданих їм послуг
RAS	– Registration Admission and Status. Протокол взаємодії термінального устаткування з gatekeeper. Входить у сімейство протоколів H.323
RSVP	– Resource Reservation Protocol. Протокол резервування ресурсів
RTCP	– Real-time Transport Control Protocol. Протокол контролю транспортування інформації в реальному часі
SIP	– Session Initiation Protocol. Протокол ініціювання сеансів зв'язку
TAPI	– Telephony Applications Programming Interface. Інтерфейс для програмування телефонних додатків
TCP	– Transmission Control Protocol. Протокол керування передачею (даних) Основний транспортний протокол у стеці протоколів TCP/IP. Встановлює зв'язок між двома ПК й організує обмін даними в дуплексному режимі
TCP/IP	– Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Стек протоколів, що забезпечують організацію зв'язку між комп'ютерами в мережі Інтернет
UDP	– User Datagram Protocol. Протокол передачі дейтаграмм користувача. Подібно TCP, використовує для доставки даних протокол IP. На відміну від TCP/IP, передбачає обмін дейтаграммами без підтвердження
VoIP	– Voice over Internet Protocol. Технологія, що дозволяє використовувати IP-мережу для передачі мовної інформації

ВСТУП

Актуальність теми. Перехід від прямих з'єднань до мережових застосунків для підключення професійного аудіовізуального устаткування, що почався два десятиліття назад, набирає силу (особливо це стосується звукової техніки). можливості, що відкриваються, зокрема вільне переміщення пристроїв усередині приміщення, залучають усе більше й більше прихильників.

Незважаючи на певну популярність застосунків з використанням спеціалізованих комутаторів, найбільше поширення одержали протоколи для передачі звуку на базі IP (Audio over IP), оскільки вони можуть бути реалізовані в існуючій мережовій інфраструктурі. Сьогодні використовується більш двох десятків подібних протоколів, як відкритих, так і пропрієтарних. Найбільш популярним серед них є протокол Dante, розроблений австралійською компанією Audinate.

У випадку аналогових систем звукове устаткування звичайне з'єднується кабелями прямо: один канал – один кабель. Мідні аудіокабелі займають багато місця, важкі й громіздкі. Їхнє підключення – трудомістка й дорога процедура, яка, крім іншого, чревата помилками у великих інсталяціях. У випадку ж AoIP по одному витопарному кабелю можна одночасно передавати дані десятків і сотень аудіоканалів.

Крім скорочення обсягу робіт і здешевлення проекту в цілому, застосування AoIP забезпечує й функціональні переваги, у тому числі можливість маршрутизації аудіосигналів на великі відстані без погіршення їх якості. При цьому маршрут передачі сигналу може бути скоректований, по суті, клацанням миші без внесення змін у кабельну проводку. У свою чергу, відсутність деградації сигналу дозволяє відмовитися від підсилювачів, які необхідні для компенсації ослаблення сигналу через електромагнітні перешкоди, високочастотне загасання й спадання напруги.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є програмне забезпечення системи мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

- Огляд існуючих систем мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP.
- Дослідження системи мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP.
- Програмна реалізація системи мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

Аудіо через IP (AoIP) – це поширення цифрового аудіо по IP-мережі, такій як Інтернет. Усе частіше використовується для забезпечення високоякісної передачі звуку на більші відстані. У даній роботі буде розглянуте застосування AoIP в IP-телефонії.

Що таке IP-телефонія, кому вона потрібна і які вигоди дає її використання? Модне на сьогоднішній день слово «IP-телефонія» розуміється багатьма перекручено. Якщо почитати комп'ютерну пресу, то складається відчуття, що єдиною перевагою IP-телефонії є низька ціна. Але насправді IP-телефонія – це щось більше. У цьому розділі розповімо, як IP-телефонія поєднує переваги двох різних світів – світу Телефонії й світу Інтернет, і які революційні можливості дає цей союз.

1.2 Область застосування

Областю застосування є IP-телефонія. Глобальний ринок IP-телефонії готовий до значного розширення, і, за прогнозами, до 2026 року він досягне 98,38 мільярда доларів США, що зумовлено складним річним темпом зростання (CAGR) на рівні 0,25% з 2025 року. Ключовими факторами зростання є широке впровадження хмарних рішень, які пропонують бізнесу підвищену масштабованість, економічну ефективність та операційну гнучкість. Зростаючий попит на передові комунікаційні функції, такі як уніфіковані комунікації (UC), відеоконференції та безперешкодна інтеграція мобільних пристроїв, також є важливим каталізатором. Бізнес усвідомлює невід'ємну цінність IP-телефонії в оптимізації робочих процесів зв'язку, сприянні співпраці та підвищенні

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

продуктивності. Інтеграція IP-телефонії з критично важливими бізнес-додатками, включаючи системи CRM та ERP, ще більше посилює її ринкову привабливість. Конкурентні цінові стратегії та постійний технологічний прогрес, зокрема поява мереж 5G, що покращують якість та надійність голосового зв'язку, також сприяють зростанню ринку.

Ринок IP-телефонії характеризується конкурентним середовищем, в якому присутні такі відомі гравці, як Cisco, Avaya, Mitel, Polycom, Alcatel-Lucent, Yealink, LogMeIn, Panasonic, Grandstream, NEC, Gigaset, D-Link, Escene, Fanvil та Snom. Хоча ці визнані постачальники мають значний вплив на ринок, новітні технології та інноваційні бізнес-стратегії постійно переосмислюють конкурентну динаміку. Ринкові обмеження, такі як початкові інвестиційні витрати на міграцію та потенційні вразливості безпеки, проактивно усуваються за допомогою вдосконалених протоколів безпеки та адаптивних моделей фінансування. Географічно ринок очікує стабільного зростання у всіх основних регіонах, при цьому Північна Америка та Європа зберігають домінуючі позиції. Зростаюче впровадження рішень IP-телефонії в країнах, що розвиваються, ще більше зміцнює довгострокову траєкторію зростання ринку.

Концентрація та характеристики IP-телефонії

Глобальний ринок IP-телефонії – це динамічний ландшафт, що характеризується високою концентрацією між кількома основними гравцями та постійними інноваціями, що стимулюють розширення ринку. Cisco, Avaya та Mitel разом займають значну частку ринку, яка оцінюється в понад 40%, тоді як інші гравці, такі як Yealink, Grandstream та Panasonic, жорстко конкурують у певних нішах. Ринок демонструє високий рівень активності злиттів та поглинань, при цьому більші гравці купують менші фірми для розширення своїх портфелів та охоплення ринку. Очікується, що ця тенденція до консолідації продовжиться. Що стосується концентрації кінцевих користувачів, то великі підприємства та державні органи становлять значний сегмент, тоді як сектор малого та середнього

бізнесу (МСБ) спостерігає швидке впровадження рішень IP-телефонії завдяки доступності та розширеній функціональності.

Зони концентрації:

– Північна Америка та Західна Європа домінують на ринку, складаючи близько 60% світових продажів.

– Розгортання у великих підприємствах забезпечує значну частину доходів ринку.

– Зростає увага до хмарних рішень та рішень «програмне забезпечення як послуга» (SaaS).

Характеристики інновацій:

– Інтеграція функціональності уніфікованих комунікацій як послуги (UCaaS)

– Розширені функції безпеки, включаючи протоколи шифрування та автентифікації

– Впровадження штучного інтелекту (ШІ) для розширених функцій, таких як маршрутизація викликів та обслуговування клієнтів

– Розробка спеціалізованих рішень для вертикальних ринків, таких як охорона здоров'я та фінанси.

Вплив нормативних актів:

Дотримання нормативних вимог, зокрема щодо конфіденційності даних (GDPR, CCPA) та безпеки (NIST), є суттєвим фактором, що впливає на динаміку ринку, впливаючи як на розробку продуктів, так і на стратегії доступу до ринку.

Хоча традиційні мережі PSTN все ще існують, їх поступовий занепад очевидний, оскільки IP-телефонія пропонує чудову масштабованість, гнучкість та економічну ефективність. Мобільний зв'язок та програми обміну миттєвими повідомленнями є непрямыми заміниками, але їм бракує деяких функцій, що пропонуються системами IP-телефонії.

Ринок IP-телефонії пропонує широкий спектр продуктів, починаючи від базових VoIP-телефонів та шлюзів до складних платформ UCaaS, що інтегрують

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

голосовий зв'язок, відеоконференції, миттєві повідомлення та управління присутністю. Ринок спостерігає суттєвий зсув у бік хмарних рішень, зумовлений їхньою масштабованістю, економічною ефективністю та простотою розгортання. Апаратне забезпечення продовжує залишатися ключовим аспектом, з удосконаленням можливостей аудіо та відео високої чіткості поряд з покращеною інтеграцією з іншими бізнес-додатками. Спеціалізовані рішення, адаптовані до різних галузевих вертикалей, включаючи охорону здоров'я, фінанси та освіту, також набирають обертів. Галузь демонструє чітку тенденцію до мобільності та інтеграції з іншими засобами зв'язку для покращення співпраці.

Сегментація ринку:

– Підприємство: Цей сегмент охоплює великі корпорації та державні органи, які потребують розширених функцій, таких як рішення для кол-центрів та уніфіковані комунікації. Вони надають пріоритет надійності, безпеці та масштабованості, часто обираючи локальні рішення або керовані хмарні сервіси. Середнє розгортання на підприємстві є суттєвим, що приносить значний дохід.

– Малий та середній бізнес (МСБ): Цей динамічний сегмент демонструє швидке зростання, значною мірою впроваджуючи хмарні рішення завдяки їхній економічній ефективності та простоті розгортання. Вони зосереджені на основних функціональних можливостях, включаючи базові VoIP-дзвінки, уніфікований обмін повідомленнями та потенційну інтеграцію з CRM-системами. Зростання кількості МСП стимулює розширення ринку в цьому секторі.

Регіональні аналітичні дані щодо IP-телефонії

Північна Америка наразі лідирує на ринку, за нею йде Західна Європа. Азіатсько-Тихоокеанський регіон демонструє найшвидші темпи зростання, зумовлені зростаючим впровадженням у країнах, що розвиваються. Урядові ініціативи, покращення інфраструктури та зростання аутсорсингу бізнес-процесів у таких регіонах, як Індія та Китай, підживлюють цей регіональний сплеск. Латинська Америка, Близький Схід і Африка пропонують значні, але більш фрагментовані можливості.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Тенденції IP-телефонії

Ринок IP-телефонії переживає період швидкої трансформації, зумовленої кількома ключовими тенденціями. Перехід до хмарних рішень продовжує прискорюватися, пропонуючи бізнесу масштабованість, гнучкість та економію коштів. Інтеграція уніфікованих комунікацій (UC) стає все більш поширеною, і постачальники пропонують комплексні платформи, що поєднують голосовий зв'язок, відео, обмін повідомленнями та управління присутністю в єдиному інтерфейсі. Зростання штучного інтелекту (ШІ) покращує взаємодію з клієнтами завдяки таким функціям, як інтелектуальна маршрутизація викликів та функції автоматичного оператора зв'язку. Безпека залишається першочерговою, і постачальники вдосконалюють протоколи шифрування та заходи автентифікації для захисту конфіденційних комунікацій. Нарешті, впровадження технології 5G дозволить збільшити пропускну здатність та покращити якість зв'язку, що ще більше підживить цей технологічний зсув.

Рушійні сили: що рухає ринок IP-телефонії:

- Економія коштів: IP-телефонія значно знижує витрати на зв'язок порівняно з традиційними системами PSTN.
- Розширені функції: VoIP пропонує такі функції, як запис дзвінків, голосова пошта на електронну пошту та уніфікований обмін повідомленнями, недоступні в традиційній телефонії.
- Масштабованість та гнучкість: IP-телефонія легко масштабується відповідно до зростання та змін бізнесу, що дозволяє легко додавати або видаляти користувачів та функції.
- Інтеграція з іншими бізнес-додатками: безперешкодна інтеграція з CRM-системами, програмним забезпеченням ERP та іншими платформами покращує робочий процес та ефективність.

Проблеми та обмеження в IP-телефонії:

- Проблеми безпеки: Витоки даних та несанкціонований доступ залишаються серйозними проблемами.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

- Залежність від мережі: IP-телефонія значною мірою залежить від стабільного підключення до Інтернету; перебої можуть порушити зв'язок.
- Проблеми сумісності: Сумісність між різними системами від різних постачальників іноді може створювати труднощі.
- Складність впровадження: Розгортання та управління передовими системами IP-телефонії може бути складним процесом, що вимагає спеціалізованих знань.

Новітні тенденції в IP-телефонії:

- Ширше впровадження штучного інтелекту та машинного навчання: це призводить до покращеної маршрутизації викликів, автоматизації обслуговування клієнтів та прогнозової аналітики.
- Зростання контакт-центру як послуги (CCaaS): хмарні рішення для контакт-центрів набирають обертів завдяки своїй гнучкості та масштабованості.
- Конвергенція комунікаційних платформ: очікується більша інтеграція голосового зв'язку, відеозв'язку, чату та інших функцій.
- Зосередьтеся на покращених заходах безпеки: Надійна автентифікація, шифрування та можливості виявлення загроз стають вирішальними.

Каталізатори зростання в галузі IP-телефонії

Конвергенція VoIP та UCaaS, разом зі зростанням попиту на економічно ефективні комунікаційні рішення та все більшим впровадженням хмарних технологій, є значними рушійними силами зростання. Урядові ініціативи, що сприяють цифровій трансформації та технологічним досягненням, таким як 5G, також сприяють розширенню галузі. Постійна потреба в підвищенні ефективності бізнесу та інструментах для співпраці стимулює впровадження рішень IP-телефонії в різних секторах промисловості.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

З розвитком послуг IP-телефонії росте й ринок VoIP устаткування. І для кожної компанії важливо, щоб устаткування було зручним у використанні й працювало стабільно.

IP-телефони із провідною трубкою й провідним підключенням до мережі

(Grandstream GXP, Panasonic KX-HDTV, Fanvil X, Yealink SIP-T і ін.)



Рисунок 2.1 – IP-телефони із провідною трубкою й провідним підключенням до мережі

Переваги:

–Є самими надійними із усіх видів VoIP устаткування.

–Рідко виходять із ладу, не потрібно проміжного устаткування для підключення до SIP (крім маршрутизатора звичайно ж), підключаються до мережі проведенням, живлення від електрики (отже не вимагають батарейок). Завдяки цим факторам дані апарати стабільно тримають SIP реєстрацію, мають гарна якість зв'язку й тривала термін служби.

–Прості в первинному налаштуванні.

–Прості в підключенні.

–Ідеальні для колл-центру й технічної підтримки, тому що є можливість підключити професійну гарнітуру (залежно від моделі).

–Недорогі в покупці (залежно від функціонала).

Недоліки:

–Мобільність (тому що трубка й гарнітура провідні, те немає можливості переміщатися під час розмови).

–Вимагають додаткового простору на робочому столі.

IP-телефони із провідною трубкою, що підключаються до мережі по Wi-Fi

(Htek UC924E, Yealink SIP-T27G, Yealink SIP-T41S і ін.)



Рисунок 2.2 – IP-телефони із провідною трубкою, що підключаються до мережі по Wi-Fi

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

У загальному переваги й недоліки в даного виду устаткування практично всі ті ж, що й у попереднього представника.

Додається тільки ще 1 плюс і 2 мінуса.

Додатковий плюс:

–Зручні в підключенні. Немає необхідності тягти проведення до кожного апарата, що скорочує рівень витрат на комутацію.

Додаткові недоліки:

–Якість зв'язку й стабільність підключення до SIP прямо залежить від якості Wi-Fi сигналу. Необхідно встановлювати близько до роутеру або використовувати репітери.

–Висока ціна.

ІР-телефони з радіотрубкою, прив'язаною до основної бази, яка підключається проведенням до мережі

(Panasonic KX-TGP600, Gigaset A540, Yealink W52P, Grandstream DP750 і ін.)



Рисунок 2.3 – ІР-телефони з радіотрубкою, прив'язаною до основної бази, яка підключається проведенням до мережі

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Переваги:

- Досить надійне устаткування.
- Мобільні у використанні. Дуже зручно, що можна вільно переміщатися із трубкою під час розмови.
- Заощаджують робочий простір.
- Заощаджують ресурси підключення. Проведенням до мережі підключається тільки базовий блок.
- До одному базовому блоку можна підключити до 8 трубок (залежно від моделі).

Недоліки:

- Погіршення якості зв'язки залежно від відстані між трубкою й базовим блоком, а також залежно від товщини й матеріалу стін.
- Потрібен додатковий елемент живлення – батарейки, відповідно й час на підзарядку.
- Можливі погіршення стабільності роботи у випадку великого навантаження на один базовий блок.
- Досить складні в налаштуванні (залежно від моделі).
- Є ймовірність відв'язки трубки від бази, що не очевидно звичайному користувачеві.
- Висока вартість.

Програмні ІР-телефони (софтфони) для дзвінків зі Смартфона (Grandstream Wave, Linphone, CSIP simple, Zoiper і ін.)

Переваги й недоліки практично всі ті ж, що й у попереднього виду софтфонов.

Але додається ще 2 плюса й 2 мінуса.

Додаткові переваги:

- Мобільність.
- Зручність.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

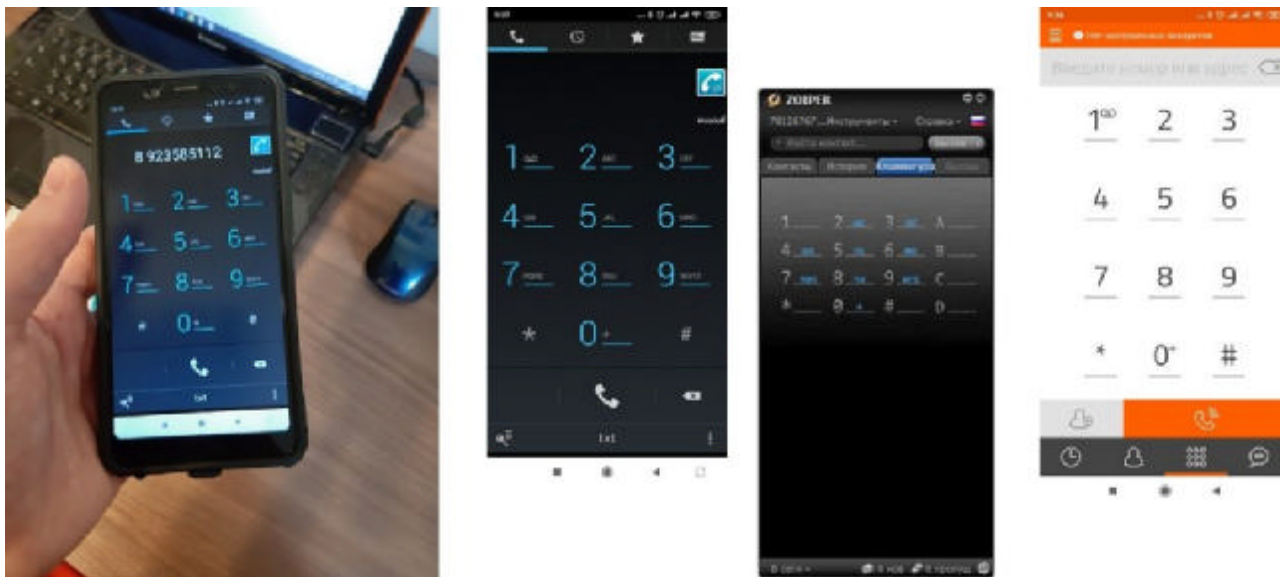


Рисунок 2.4 – Програмні IP-телефони (софтфони) для дзвінків зі Смартфона

Додаткові недоліки:

–Потрібно постійно тримати додаток запущеним (через цей швидко сідає батарея телефону).

–В 80% випадків погана якість зв'язки під час розмови (тому що немає можливості підключити пристрій до інтернету проведенням).

Які із цього можна зробити висновки?

Вибір VoIP пристрою прямо залежить від поставлених завдань і конкретних потреб.

Наприклад, якщо вам необхідно організувати бюджетний колл-центр із комп'ютерами й гарним зв'язком, те найкращим варіантом буде використовувати софтфон на ПК, підключений до локальної мережі проведенням, і більш менш професійну гарнітуру в межах 1,5-3 тисяч гривень.

Якщо бюджет не сильно обмежений і в пріоритеті коштує стабільність і якість зв'язки, тоді кращим варіантом буде придбання IP-телефонів із провідними трубками й провідним підключенням до локальної мережі, а також придбання професійних гарнітур до даних апаратів.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Для організації зв'язку секретарям або адміністраторам в основному вибирають IP-телефони з радіотрубками або аналогові радіотрубки з VoIP шлюзом.

Менеджерам в основному встановлюють софти на ПК із гарнітурою, або IP-телефони з радіотрубками. Іноді використовують софти на мобільних, але це дуже рідко через значні мінуси якості й стабільності зв'язки.

Для застосування проблеми мобільності й роботи через IP-телефонію на смартфонах зараз існують такі застосунки як FMC або застосунки-агенти, які дозволяють також здійснювати проброс дзвінка, зробленого з мобільного пристрою, і записи розмови у BATM і CRM-системи.

Огляд деяких моделей VoIP пристроїв

1. IP-телефони із провідною трубкою й провідним підключенням до мережі

З даної категорії зарекомендували себе апарати Grandstream GXP.

Дані моделі є у варіаціях GXP1400, GXP1405, GXP1610, GXP1620 GXP1628 і так далі. Залежно від кількості, аккаунтів, які налаштовуються і додаткових функцій.

Чому Grandstream GXP?

Даний апарат має високий термін служби (від 10 років), простий у налаштуванні, SIP-Реєстрацію тримає стабільно, має всі необхідні опції для тонкого налаштування, є можливість наскрізного підключення до мережі, не використовуючи додатковий порт у свитчі або роутері, є можливість підключення професійної гарнітури, має дуже інформативне цифрове табло.

Скільки пам'ятаю за свою роботу, на даний апарат практично ніхто не скаржиться, за винятком тільки пари моментів, коли виходили з ладу проводки від трубки до апарата. І було також пари моментів, що телефон сам автоматично скидався до заводських налаштувань. Але це одиниці випадків.

Тому даний апарат ми завжди рекомендуємо нашим клієнтам.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

2. IP-телефони із провідною трубкою, що підключаються до мережі по Wi-Fi

У своїй практиці тільки один раз мав справу з IP-телефоном підключеним до мережі по Wi-Fi. По-моєму це був Escene, модель точно не пам'ятаю. Підключався віддалено, допомагав адміні з налаштуваннями.

Нічого не можу сказати по цьому апаратів, тому що маю мало досвіду роботи з даною категорією VoIP пристроїв.

3. IP-телефони з радіотрубкою, прив'язаною до основної бази, яка підключається проведенням до мережі

У даній категорії зарекомендували себе апарати Panasonic KX-TGP500/TGP600. TGP500 це більш стара модель, а TGP600 оновлена й актуальна на випуск.

Бонус в TGP500 у тому, що до цієї бази можна прив'язати навіть аналогові трубки й вони будуть нормально функціонувати. Це дуже гарна особливість, тому що аналогові трубки з можливістю прив'язки до бази мають ціну в 3-4 рази менше, чим оригінальні трубки TPA50.

Але от в оновленій моделі, TGP600 таку можливість відітнули.

Чому Panasonic TGP500/600?

Даний апарат має можливість підключення до 8 трубок до однієї бази й 8 ліній одночасних розмов, при цьому відчуває себе нормально. Апарат досить простий у первинному налаштуванні SIP аккаунтів і прив'язки трубок. Звичайно справляються самостійно багато адміні й навіть деякі користувачі. SIP реєстрацію тримає стабільно, у випадку залипання, вирішується перезавантаженням бази. Є можливість тонкого налаштування ліній і інших функцій.

Іноді звичайно трапляються проблеми, наприклад, трубка перестає бачити базу або розподіл ліній некоректно працює, але такі несправності виникають у край рідко.

Тому своїм клієнтам рекомендуємо Panasonic KX-TGP500/TGP600.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

4. Аналогові телефони, що підключаються через голосовий VoIP шлюз

Про самі апарати говорити сенсу немає, тому що вони є чисто приймачем сигналу й з ними, як правило проблеми виникають рідко. Це можуть бути тільки проблеми апаратного характеру. Переклад в імпульсний режим, шипіння, тріск або тихий звук і ін. Основну функцію виконує VoIP шлюз. Він перетворює сигнал із цифрового в аналоговий і назад. На ньому налаштовується SIP реєстрація й інші VoIP налаштування.

З VoIP шлюзів себе зарекомендували Grandstream HT. З даних моделей є варіації HT812, HT814, HT818. Залежно від кількості FXS портів.

Пристрій стабільний тримає SIP реєстрацію, має безліч корисних налаштувань, 2 профіля, при налаштуванні не викликає труднощів, рідко виходить із ладу.

Також часто зустрічаються VoIP шлюзи Audiocodes MP-202. Даний шлюз теж досить гарний. Єдина його болячка, він сильно гріється й іноді залипає. Проблема вирішується перезавантаженням пристрою, а в найгіршому разі скидання на заводські налаштування. Після переналаштування шлюз працює в штатному режимі.

5. Програмні IP-телефони (софтфони) для дзвінків із ПК і ноутбуків

Із усіх софтфонов найбільше непохитно зарекомендував себе opensource проект MicroSIP, написаний на C#.

Так, у цього софтфона досить дерев'яний інтерфейс. Але він стабільно тримає SIP реєстрацію, має всі необхідні для IP-телефонії налаштування й простий у використанні. Немає ніяких навернених функцій, не навантажує операційну систему, практично не “глючить” і має високу швидкість роботи.

А також, софтфон має досить просте налаштування, з яким справляється навіть рядовий користувач. Ми зробили спеціальну покрокову інструкцію, яка ні в кого не викликає питань. От посилання, можливо кому придасться: Покрокова інструкція з налаштування софтфона MicroSIP.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Є один мінус, софтвер MicroSIP ще не написаний для MacOS.

Для MacOS звичайно добре підходять Jitsi або Zoiper.

6. Програмні IP-телефони (софтвери) для дзвінків зі смартфона

Для використання IP-телефонії на смартфоні, по-моєму, кращий варіант це CSIP simple. Проблема тільки в тому, що проектом уже давно ніхто не займається, тому софтвера немає в Play Market. Це доставляє труднощі в установці для рядових користувачів.

Але ми знайшли альтернативу.

Кращим образом зарекомендував себе софтвер Grandstream Wave. Є версія як для Android, так і для iOS.

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Як мова програмування обрана Python. Python – високорівнева мова програмування загального призначення з акцентом на продуктивність розроблювача й читаність коду. Синтаксис ядра Python мінімалістичний. У той же час стандартна бібліотека включає великий обсяг корисних функцій.

Python підтримує кілька парадигм програмування, у тому числі структурне, об'єктно-орієнтоване, функціональне, імперативне й аспектно-орієнтоване. Основні архітектурні риси – динамічна типізація, автоматичне керування пам'яттю, повна інтроспекція, механізм обробки виключень, підтримка багатопоточні обчислень і зручні високорівневі структури даних. Код у Python організовується у функції й класи, які можуть поєднуватися в модулі (які у свою чергу можуть бути об'єднані в пакети).

Еталонною реалізацією Python є інтерпретатор CPython, що підтримує більшість активно використовуваних платформ. Він поширюється вільно під дуже ліберальною ліцензією, що дозволяє використовувати його без обмежень у будь-яких застосунках, включаючи пропрієтарні. Є реалізації інтерпретаторів для

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

JVM (з можливістю компіляції), MSIL (з можливістю компіляції), LLVM і інших. Проект PyPy пропонує реалізацію Python на самому Python, що зменшує витрати на зміни мови й постановку експериментів над новими можливостями.

Python – мова програмування, що активно розвивається, нові версії (з додаванням/зміною мовних властивостей) виходять приблизно раз у два з половиною року. Внаслідок цього й деяких інших причин на Python відсутні ANSI, ISO або інші офіційні стандарти, їхню роль виконує CPython.

Python портований і працює майже на всіх відомих платформах – від КПК до мейнфреймів. Існують порти під Microsoft Windows, практично всі варіанти UNIX (включаючи FreeBSD і Linux), Plan 9, Mac OS і Mac OS X, iPhone OS 2.0 і вище, Palm OS, OS/2, Amiga, AS/400 і навіть OS/390, Symbian і Android.

При цьому, на відміну від багатьох портуємих систем, для всіх основних платформ Python має підтримку характерних для даної платформи технологій (наприклад, Microsoft COM/DCOM). Більше того, існує спеціальна версія Python для віртуальної машини Java – Jython, що дозволяє інтерпретаторові виконуватися на будь-якій системі, що підтримує Java, при цьому класи Java можуть безпосередньо використовуватися з Python й навіть бути написаними на Python. Також кілька проектів забезпечують інтеграцію із платформою Microsoft .NET, основні з яких – IronPython і Python.Net.

Python підтримує динамічну типізацію, тобто тип змінної визначається тільки під час виконання. Тому замість «присвоювання значення змінної» краще говорити про «зв'язування значення з деяким ім'ям». У Python є убудовані типи: бульові, рядки, Unicode-рядки, цілі числа довільної точності, числа із плаваючою комою, комплексні числа й деякі інші. З колекцій Python підтримує кортежі (*tuples*), списки, словники (асоціативні масиви) і, починаючи з версії 2.4, безлічі. Всі значення в Python є об'єктами, у тому числі функції, методи, модулі, класи.

Додати новий тип можна або написавши клас (*class*), або визначивши новий тип у модулі розширення (наприклад, написаному мовою C). Система

класів підтримує спадкування (одиначне й множинне) і метапрограмування. Можливе спадкування від більшості убудованих типів і типів розширень.

Всі об'єкти діляться на посилальні й атомарні. До атомарного ставляться `int`, `long`, `complex` і деякі інші. При присвоюванні атомарних об'єктів копіюється їхнє значення, у той час як для посилальних копіюється тільки покажчик на об'єкт, таким чином, обидві змінні після присвоювання використовують те саме значення. Посилальні об'єкти бувають змінювані й незмінні. Наприклад, рядки й кортежі є незмінними, а списки, словники й багато інших об'єктів – змінюваними. Кортеж у Python є, по суті, незмінним списком. У багатьох випадках кортежі працюють швидше списків, тому якщо ви не плануєте змінювати послідовність, то краще використовувати саме їх.

Мова має чіткий і послідовний синтаксис, продуману модульність й масштабованість, завдяки чому вихідний код написаних на Python програм легко читаємий.

Python – стабільна й розповсюджена мова. Він використовується в багатьох проектах і в різних якостях: як основна мова програмування або для створення розширень і інтеграції застосунків. На Python реалізоване велика кількість проектів, також він активно використовується для створення прототипів майбутніх програм. Python використовується в багатьох великих компаніях.

2.3 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на випускню кваліфікаційну роботу за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, реалізації підлягає програмне забезпечення, яке призначено для системи мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP.

В процесі розробки випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти необхідно виконати наступний обсяг роботи:

а) провести аналіз існуючих систем-аналогів для виявлення їх позитивних і

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

негативних якостей. Результати аналізу врахувати в подальших розробках;

б) вибрати та обґрунтувати методику побудови системи контролю роботи технологічного обладнання на виробництві в автоматизованому режимі. Розробити функціональну та структурну схеми системи;

в) розробити програмне забезпечення системи, що дозволить реалізувати поставлену технічним завданням задачу. Побудувати блок-схеми алгоритмів програми та підпрограми;

г) організувати інтерфейс користувача з метою формування та виводу на екран ЕОМ повідомлень про некоректні дії користувача та нестандартні ситуації в роботі технологічного обладнання;

д) розробити рекомендації по організаційних та методичних заходах, які забезпечать впровадження системи в промислову експлуатацію та її подальшу успішну експлуатацію;

е) провести розрахунки по визначенню економічної ефективності розробленої системи;

ж) розробити заходи по охороні праці при впровадженні та експлуатації системи, а також розробити заходи з цивільного захисту;

з) сформулювати висновки про виконаний обсяг робіт та одержані результати.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

Передача аудіосигналу мережами IP стає усе більш і більш значима для віщальної індустрії. Особливо якщо врахувати зростаючу доступність мереж, що постійно збільшується пропускну здатність, що й знижується вартість їх експлуатації. У той же час кількість нових підключень по аналогових лініях або ж синхронних мережах, таким як ISDN або X.21, неухильно знижується. Уже в самому найближчому часі багато телекомунікаційних компаній просто перестануть пропонувати ці послуги. Тому вже зараз важливий високий рівень підготовки технічного персоналу віщальних компаній в області IP-технологій і відповідна компетенція для вибору правильних технічних застосунків

Основи IP

Багатьом інженерам-зв'язківцям знайома модель OSI (Open Systems Interconnection Reference Model) для вистави рівневого підходу до взаємодії мережі або мереж. На основі цієї моделі була розроблена більш спеціалізована модель для сімейства Інтернет-протоколів TCP/IP. Остання описує структуру й взаємодія різних мережевих протоколів на чотирьох рівнях (мал. 1 а, б): мережевий рівень (Network Layer), Інтернет-Рівень (Internet Layer), транспортний рівень (Transport Layer) і прикладний рівень (Application Layer).

Пакетна передача даних замість цифрових синхронних ліній

Для транспортування сигналу на далекі відстані в телерадіомовленні ще не дуже давно застосовувалися, в основному, цифрові з'єднання типу "крапка – крапка". Як правило, такі лінії високонадійні, величина затримки сигналу тут постійна, а так званий джиттер практично відсутній, так само як і втрати пакетів (Packet Losses) або зміна порядку їх доставки (Sequence Errors).

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Основний фактор, що перешкоджає більш інтенсивному використанню подібних ліній зв'язку, – це їх висока вартість в експлуатації або недостатня ефективність для телекомунікаційних компаній. Однак уже в 2000 році деякі великі віщальні компанії робили ставку на передачу аудіо по IP у реальному часу, а не тільки у вигляді аудіофайлів, як це було можливе й трохи раніше. В 2001 році ORF (Державна телерадіокомпанія Австрії) разом з Austrian Telekom побудувала власну IP-мережу, названу L-Net, яка зв'язала всі регіональні студії й деякі стратегічно важливі мобільні позиції з головним віщальним центром у Відню. Уся аудіоінфраструктура L-Net також заснована на апаратних аудіокодеках. З їхньою допомогою здійснюється всебічна передача репортажів і віщального сигналу численних радіостанцій у складі ORF, трансляція й запис живих концертів, у тому числі й у форматі звуку 5.1 і 7.1, а також практично вся технічна аудіокомунікація для живого теле- і радіовиробництва. В 2002 році National Public Radio у Вашингтоні включила IP-аудіокодеки до складу своєї власної IP-мережі для ефективного поширення сигналу практично на всю територію США. З 2004 року найбільша супутникова радіостанція США XM Radio використовує CENTAU-RI для доставки сигналів прямого ефіру з різних концертів по усьому світу. Як правило, передача музичних заходів для XM Radio ведеться у форматі MPEG Layer 2, 384 Кбіт/с по IP з автоматичним "бекапом" через ISDN. Так транслювалися концерти Live8 (2005), "Тиждень Моцарта" у Зальцбургові (2006) і інші.

Для того щоб подібні завдання могли бути реалізовані, IP-мережа повинна задовольняти певним умовам. Зокрема, затримка, джиттер і загальна доступність мережі повинні перебувати у відомих користувачеві рамках і на тому рівні, який дозволить експлуатацію мережі в режимі 24 години на добу, сім днів у тиждень, якщо це необхідно. Необхідна пропускна здатність мережі також повинна бути доступна в будь-який час. Втім, для підвищення стабільності передачі можуть бути застосовані певні методи й технології. Так, наприклад, максимальний період джиттера (як правило, вказується в мілісекундах) визначає розмір

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

компенсаційного буфера на стороні декодера. Використання попередньої корекції помилок (Forward Error Correction або FEC) дозволяє відновити загублені IP-пакети, а помилки в порядку доставки пакетів (Sequence Errors) можна легко виправити, використовуючи протокол RTP (Realtime Transport Protocol), який привласнює кожному пакету унікальний маркер часу (Timestamp).

Кодування аудіо для IP: затримка проти бітрейту

В останні двадцять п'ять років у віщальній індустрії використовувалися самі різні алгоритми кодування аудіосигналу. Стандартизовані, начебто J.41, J.57, MPEG Layer 2 і Layer 3, а також пропрієтарні, але досить широко розповсюджені. Наприклад, apt-x або 4SB ADPCM.

Багатьом віщателям, з них різностороніми запитами, буває непросто знайти ідеальну комбінацію типу передачі, бітрейту, частоти семплювання і т.д. Останнім часом це завдання особливо ускладнилося у зв'язку з більшою кількістю нових алгоритмів, що прийшли на ринок.

Детальний розгляд підходящого методу передачі сигналу повинне обов'язково включати наступні критерії: якість, гнучкість залучення, доступний частотний діапазон, затримка, сумісність, стандартизація, що тече й очікувана частка на ринку.

У той же час при розробці алгоритмів кодування аудіо особлива увага приділяється оптимізації наступних параметрів: сумісність, затримка, бітрейт і, звичайно, сприймана якість звуку (у тому числі після "каскадування" – багаторазового кодування/декодування).

MPEG-4 AAC hev2

Даний алгоритм був створений винятково для значного зниження використовуваної смуги пропускання (бітрейту) при збереженні суб'єктивного сприйняття високої якості звуку. За основу був узятий, що вже став звичним MPEG-4 AAC LC (Low Complexity), популяризований компанією Apple з її ipod і itunes. "Наклавши" поверх AAC технологію реплікації фрагментів частотного спектра (SBR – Spectral Band Replication) і додавши згодом унікальний метод

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

параметричного стерео (Parametric Stereo), розроблювачі одержали AAC High Efficiency Version 2. Залежно від контенту стереосигнал відмінної якості (при використанні цього алгоритму) можна передавати з бітрейтом порядку 20-24 Кбіт/с.

apt-x/Enhanced apt-x

У розробці алгоритму apt-x чільну роль відіграла мінімальна можлива затримка. Основою його є метод ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation). Найбільш типовий бітрейт – 192 Кбіт/с на канал. Чудова якість аудіо зберігається навіть після багаторазового каскадування. Алгоритмічна затримка в теорії становить 3 мс при частоті семплювання 48 кГц. У реальній ситуації, при трансляції сигналу по IP-мережі, удалось досягти мінімальної затримки в 6 мс, використовуючи протокол RTP. Просунута версія – Enhanced apt-x -дозволяє поліпшити динамічні показники кодуемого аудіосигналу, оскільки тут підтримується бітовий дозвіл до 24 біт. У цей час apt-x – один з найпоширеніших у світі форматів для ефективного передачі аудіо з мінімальною затримкою.

AAC ELD

У цей час з'являються приклади компромісних алгоритмів, що поєднують відносно низький delay з низькими ж вимогами до смуги пропускання. Новітня розробка – алгоритм AAC ELD – дозволяє неймовірно: висока якість звуку вже при 48-96 Кбіт/с; при цьому затримка не перевищує критичну для роботи в прямому ефірі, тобто нижче 50 мс. Такі застосунки особливо важливі в професійних продуктах для мобільного застосування.

AES/EBU Transparent

Зовсім інший напрямок в області передачі звуку по IP-мережам розбудовується завдяки зростаючій доступності широкосмугових з'єднань. У підсумку IP-передачі лінійного аудіо (linear PCM) з бітовим дозволом 16, 20 і 24 біт і частотою семплювання до 96 кГц уже нікого не дивують. Крім того, з'явилася можливість передавати взагалі некодований-ний сигнал AES/EBU по IP. У цьому випадку на один AES/Ebu-сигнал знадобиться 3,072 Мбіт/с. Цей метод

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

надзвичайно підходить, якщо треба передати по IP-мережі готовий сигнал Dolby E або DTS.

Зв'язок, що комутується, в Інтернеті ISDN vs. SIP

На відміну від пакетів даних стандарту ISDN, кожний IP-пакет завжди містить інформацію про вихідну адресу й своєму пункті призначення. Тому передача їх відбувається звичайно без попереднього встановлення з'єднання з віддаленим терміналом. Щоб забезпечити в IP-мережі комутацію, подібну телефонної, і був розроблений протокол SIP (Session Initiation Protocol).

SIP – як він працює?

SIP (Session Initiation Protocol) – це текстовий протокол для встановлення зв'язку на базі Інтернет-протоколу (IP). Найбільше він відомий завдяки широкому поширенню технологій Voice-over-IP або IP-телефонії. Використання SIP для передачі професійного аудіо й/або відео до останнього часу було практично неможливо через відсутність відповідних стандартів.

SIP використовується винятково для сигналізування з'єднання між учасниками контакту. Фактичний транспорт медіаданих, подібно технології ISDN, відбувається окремо від установа з'єднання зв'язку. Найчастіше медіадані передаються по іншому маршруту, ніж SIP-сигналізація. Найчастіше для доставки даних використовується Rtp-протокол.

У найбільш простому випадку (пряме з'єднання "крапка – крапка") майбутні учасники "розмови" встановлюють зв'язок прямо, тобто без якого-небудь посередника.

Кожний SIP-прилад може як ухвалювати вхідний виклик, так і ініціювати вихідний "дзвінок". Для того щоб почати процедуру виклику сторона, що викликає, відправляє повідомлення INVITE на SIP-адресу одержувача. Термін INVITE у цьому випадку є одним з так званих методів, які кожний користувацький термінал повинен обробляти в процесі встановлення зв'язки. До інших методів відносяться повідомлення типу ACK, BYE або REGISTER.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Якщо сторона, що ухвалює, готова прийняти виклик, вона відповідає простим повідомленням ОК, яке негайно підтверджується зухвалою стороною за допомогою повідомлення АСК (анг. acknowledgement). INVITE, ОК і АСК – це той мінімум повідомлень, за допомогою яких можна встановити мультимедіа з'єднання в найпростішому випадку. Важливо відзначити, що всі ці повідомлення можуть містити додаткову інформацію в так званому "тілі повідомлення" (Body). Тут, властиво, утримується опис медіа з'єднання. У тому числі визначаються аудіо- або відеокодеки, які необхідно використовувати, і обов'язково вказуються ІР-адреси й ІР-порти користувачських терміналів. Для цього опису використовується протокол SDP (Session Description Protocol), що успішно зарекомендував себе ще до появи SIP.

Основні переваги протоколу SIP проявляються, однак, у тому випадку, коли з'єднання встановлюється не прямо, а через так звані SIP-проху або SIP-сервер. Тоді учасникам виклику зовсім не обов'язково мати яку-небудь інформацію про їхнє поточне місце розташування в Мережі – після реєстрації на такому сервері він зв'яже обидві сторони шляхом прозорого перенаправку SIP-повідомлень. Виклик відбувається під тією самою SIP-адресою, яка найбільше схожа на адресу електронної пошти, а фактичні ІР-адреси передаються (у момент з'єднання) усередині "тіла" SIP-повідомлень. Це дозволяє досягтися справжньої мобільності у використанні Audio-over-IP. Операторів SIP-приладу не треба знати дані мережі, щоб установити або прийняти з'єднання. Досить мати доступ в Інтернет і бути зареєстрованим на своєму власному або суспільному SIP-проху.

Перспективи Audio-over-IP для телерадіомовлення

Будь-які технологічні досягнення в області передачі професійного аудіо по ІР-мережам не принесуть ніякої вигоди, якщо ними не можна буде користуватися широко й повсюдно. Завдяки активному розвитку мереж пакетної передачі даних, постійному поліпшенню якості Інтернет-З'єднань і провайдерських "бекбонів" ІР стає дійсно зручним, гнучким і доступним засобом професійної комунікації.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Більше того, практично вже на самому початку масового впровадження Audio-over-IP у повсякденну роботу віщателів усього світу з'явився відповідний стандарт EBU. Це означає, що в рамках, що пропонуються стандартом, устаткування різних виробників зобов'язане й буде взаємодіяти без яких-небудь труднощів.

Основою нового стандарту або, якщо точніше, рекомендації Європейського віщального союзу (EBU), опублікованої в жовтні 2007 року (EBU-TECH 3326), став протокол SIP. Споконвічно призначений тільки лише для IP-телефонії, протокол SIP не передбачав можливість використання "просунутих" аудіокодеків з їхніми численними параметрами. У рамках нового стандарту, який продовжує розвиватися, процес установа з'єднання буде включати не тільки визначення, "який кодек" використовується, але й "з яким бітрейтом, моно або стерео" і т.д..

Деякі пункти технічної специфікації "Audio Contribution over IP, requirements for interoperability", підготовленою робочою групою EBU N/ACIP (EBU TECH 3326).

Транспортні протоколи:

– Устаткування зобов'язано підтримувати IP-протокол версії 4 – згідно RFC 791.

– Підтримка режиму "мультикаст" – згідно RFC 1112 – рекомендована.

– Підтримка IPv6 – згідно RFC 2460 – рекомендована.

– Устаткування зобов'язано підтримувати протокол UDP – згідно RFC 768.

– Для передачі повинен використовуватися протокол RTP (over UDP). RFC 3550, 3551.

– Використання протоколу RTCP – рекомендоване.

– За замовчуванням повинні використовуватися порти 5004 (RTP) і 5005 (RTCP).

– Попередня корекція помилок (FEC) – у цей час у процесі розробки. Якщо буде потреба використання FEC порт 5006 повинен використовуватися за

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

замовчуванням. Фес-Дані повинні передаватися окремим потоком для " зворотної сумісності" із приладами, що не підтримують FEC.

–Протокол TCP (RFC 793) може бути використаний на додаток до RTP.

Сигналізація

–Протокол SDP обов'язковий до використання (RFC 4566 section 5).

–Протокол SAP (Session Announcement Protocol) v1 обов'язковий до використання в режимі "мультикастинга" (RFC 2974).

–Протокол SIP обов'язковий до використання для двонаправлених (bi-directional) з'єднань (RFC 3261). За замовчуванням використання порту 5060 для SIP обов'язково.

Кодування аудіосигналу

Обов'язкова підтримка наступних аудіокодеків:

–ITU G.711;

–ITU G.722;

–ISO MPEG-1/2 Layer II;

–16 bit PCM;

–20, 24 bit PCM (опціонально для мобільних приладів).

Рекомендовані аудіокодеки:

–ISO MPEG-1/2 Layer III;

–MPEG-4 AAC, MPEG-4 AAC LD (Low Delay).

Опціональні аудіокодеки:

–Enhanced APT-X;

–MPEG-4 HEAAC2.

3.2 Розробка структурної схеми

Системи AoIP дозволяють передавати незжаті цифрові аудіосигнали по Ethernet/IP. Залежно від того, на якому рівні вони працюють, протоколи діляться на три великі класи: фізичного, каналного й мережевого рівнів.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Протоколи фізичного рівня дозволяють передавати сигнал від одного пристрою до іншого по звичайним витопарним кабелям Категорії 5е або краще. До них відносяться такі протоколи, як AES50 компанії Behringer або Roland Ethernet Audio Communication (REAC).

Протоколи каналного рівня дозволяють створити канал між двома пристроями в мережі. Першим протоколом цього класу був Cobra Net компанії Cirrus Logic, який з'явився ще в 1996 році. Іншим її відомим представником є Ethersound.

IEEE був прийнятий стандарт 802.1BA на Audio Video Bridging (AVB) (а також ряд супутніх стандартів). AVB розроблявся таким чином, щоб мінімізувати необхідні зміни в мережевій інфраструктурі. Однак для мережевої трансляції відео й аудіо професійної якості всі мости (комутатори) на шляху передачі сигналу повинні підтримувати AVB.

За допомогою протоколів мережевого рівня можна з'єднати безліч пристроїв і забезпечити комутацію сигналів між ними. Крім Dante, такими є пропрієтарний протокол Livewire, запропонований Axia Audio, і відкритий протокол Ravenna від ALC Networx. Перший широко використовується телерадіомовними компаніями. Другий послужив базисом при розробці AES67.

Протокол Dante

Протокол Dante представлений австралійською компанією Audinate в 2006 році. Це був далеко не перший протокол даного класу: Livewire з'явився в 2003 році, а Wheatnet IP – в 2005-м. Однак ні їхнім попередникам, ні послідовникам не вдалося добитися того ж успіху, що Dante. Його підтримують понад 400 виробників професійного аудіо-устаткування, і він інтегровано в більш ніж 1400 продуктів. По числу доступних продуктів Dante випереджає конкурентів у кілька раз.

Назва протоколу розшифровується досить прозаїчно: цифрове аудіо мережею Ethernet (Digital Audio Network Through Ethernet, Dante). До того ж така назва не зовсім вірна відбиває його природу (але чого не зробиш заради гарної

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

назви) – Dante ставиться до застосунків мережевого рівня, а не канального (використовує IP-пакети).

Втім, цей протокол розрахований на ті ж області застосування, що й Cobranet і Ethersound. У порівнянні із двома останніми він забезпечував додаткові переваги: споконвічну підтримку гігабітних швидкостей, більше число каналів, меншу затримку й автоматичну конфігурацію.

Dante удалося завоювати популярність не тільки за рахунок технічних переваг, але й завдяки прийнятій бізнес-моделі й орієнтації на більш широкий ринок. У той час як конкуруючий протоколи були орієнтовані на телерадіомовний сегмент, Dante призначав для використання із професійним аудіообладнанням у студіях звукозапису, конференційних залах і переговорних, системах фонові трансляції музики і т.д.

Сам розроблювач описує Dante як «багатоканальну цифрову мережеву технологію передачі незжатого звуку із практично нульовою затримкою й точною синхронізацією». Під Dante, або мережею Dante, мається на увазі не тільки протокол, але й застосунок для передачі оцифрованого звуку по стандартних мережах Ethernet, куди входять апаратне й програмне забезпечення (фізичні й віртуальні звукові карти, програмний контролер).

Налаштування параметрів пристроїв, маршрутизація сигналів між ними і їх моніторинг здійснюються за допомогою безкоштовного програмного контролера Dante Controller. Досить підключити звуковий пристрій до мережі, і контролер автоматично його виявить. По суті він виконує функції диспетчера: який сигнал на який пристрій направити. Зміна ж маршруту передачі сигналу в аналоговому світі вимагає прокладки кабелів заново (або їх перекомутації).

Технічні особливості

Протокол призначений для використання в мережах Ethernet на 100 Мбіт/с і 1 Гбіт/с. Теоретично мережею можна передавати необмежену кількість каналів – для цього досить додати стільки комутаторів і мережевих карт, скільки

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

потрібно. Однак максимальне число каналів на конкретному порту обмежене його пропускнуою здатністю.

Аудіотрафік може співіснувати з іншими типами трафіку в одній мережі. Dante використовує стандартні функції пріорітизації трафіку для забезпечення переважного обслуговування голосових потоків і синхронізуючих повідомлень. Першим привласнюється середній пріоритет, а другим – високий.

Для 64 аудіоканалів із частотою дискретизації 48 кГц і розрядністю 24 біта необхідна смуга шириною 74 Мбіт/с. У результаті на кожному 100-мегабітному порту може підтримуватися 48 двонаправлених аудіоканалів, а на гігабітному порту – до 512 двонаправлених аудіоканалів.

Типова затримка в мережі Dante становить 1 мс. Як стверджує розроблювач, такий показник забезпечується в мережі з 10 транзитними комутаторами при довжині кабелів між ними до 100 м. Якщо буде потреба його можна настроїти для кожного пристрою в діапазоні від 150 мкс до 5 мс, однак при зверхмалих затримках можливі проблеми із продуктивністю.

Для якісного відтворення звуку потрібна синхронізація пристроїв. Серед мережевих пристроїв проводяться «вибори»: у підсумку головним стає те, у якого синхронізація виявляється кращою, а всі інші синхронізуються з ним. Для узгодження використовується протокол точного часу (Precision Time Protocol, РТР), так що розбіжність не перевищує декількох мікросекунд (до 1 мкс, за твердженням розроблювача).

При відмові головного синхронізуючого пристрою нове вибирається заново за частки секунди, це ніяк не позначається на якості звуку. Кожний пристрій має власний годинник. Оскільки локальний годинник синхронізований і процедура вибору триває недовго, розсинхронізації за цей час не відбувається. При повній втраті синхронізації звук відключається, щоб слухачі нічого не помітили.

AES67

Найближчим суперником Dante є протокол Ravenna, він не настільки популярний, але в деяких областях застосування є домінуючим. На відміну від Dante, це відкритий протокол. Він підтримує більш широкий спектр форматів даних: розрядність 16, 24 і 32 біта й відповідні частоти дискретизації. По одній і тій же мережі можуть передаватися потоки з даними різних форматів. Якщо Dante для передачі трафіку використовує UDP/IP, то Ravenna – RTP, завдяки чому він може застосовуватися для передачі не тільки аудіо, але й відео.

Крім Dante і Ravenna, на ринку є безліч інших протоколів. З ростом популярності транспорту AoIP відсутність інтеоперабельності між ними стало проблемою для користувачів, зокрема, це виражалось в змушеній залежності від застосунків одного вендору (і його партнерів) і в обмеженості вибору устаткування. Для забезпечення сумісності суспільство звукоінженерів (Audio Engineering Society, AES) розробило відкритий стандарт AES67, який був опублікований в 2013 році.

AES67 містить набір рекомендацій, яким повинні впливати виробники, щоб їх системи були сумісні між собою. Привабливою рисою AES67 є, як це не здасться дивним, його обмежена функціональність. По суті підтримується тільки транспорт аудіопотоків мережею – стандарт покликано забезпечити доставку аудіо від відправника одержувачеві з найменшими накладними витратами (найкращою продуктивністю). Маршрутизація, моніторинг, виявлення й контроль пристроїв і керування з'єднаннями здійснюються зовнішніми стосовно нього засобами.

Щоб гарантувати взаєморозуміння одержувача й відправника, AES67 пред'являє мінімальний набір вимог, яким повинне відповідати устаткування AoIP. Стандарт підтримує різні показники частоти дискретизації, розрядності, розміру пакетів, а також різна кількість каналів. Однак для більшої сумісності використовувані пристрої повинні підтримувати один основний формат обмінів – так званий опорний формат (pivot format): частоту дискретизації 48 кГц, два

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

канали, розрядність 28 біт, пакети із фрагментами тривалістю 1 мс (48 семплов у кожному).

Метою розробки AES67 була не заміна існуючих протоколів, а забезпечення безпроблемного обміну аудіопотоками між різними пристроями й системами, їх підтримуючими. Для мінімізації затримки й передачі оцифрованого звуку без викривлень AES67 задіє існуючі інтернет-стандарти, а саме RTP для транспорту даних, Rtpv2 для синхронізації, Qos для пріоритетної доставки звукового трафіку й SDP для обміну інформацією про потік між відправником і одержувачем.

Протокол підтримує як багатоадресне розсилання (multicast), так і цільову одноадресну передачу (unicast). Перша дозволяє максимально ефективно використовувати пропускну мережу при наявності керованих комутаторів. Відправникові не треба генерувати окремі аудіопотоки для кожного одержувача: досить зробити це один раз – і аудіопотік буде доставлений усім адресатам. (Некеровані комутатори сприймають багатоадресний трафік як широкомовний і направляють його на всі порти. При великій кількості аудіопотоків це чревате перевантаженням мережі.) У випадку одноадресної передачі застосовується протокол ініціювання сеансів (Session Initiation Protocol, SIP).

Стандарт перетерпів кілька редакцій, остання була опублікована у квітні минулого року. Сама істотна зміна – Декларація про сумісність реалізацій протоколу (Protocol Implementation Conformance Statement, PICS). AES67 не визначає, яким образом повинен бути реалізований стандарт, кожний виробник може це зробити по-своєму. Для PICS потрібно заповнити проформу, де вказується, які функції й опції реалізовані. Як відзначається на сайті AES, PICS – «важливий інструмент для забезпечення сумісності реалізацій AES67».

Сумісність із AES67 забезпечують багато виробників власні застосунки, що пропонують, для побудови мереж AoIP; у їх числі Audinate (Dante), ALC Networx (Ravenna), Livewire (Telosalliance) і ін. Вони реалізують функції виявлення й контролю, які навмисно не були включені в стандарт.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Перші протоколи AoIP з'явилися більше двох десятиріч тому, однак тільки в останні кілька років вони одержали визнання в області професійного аудіо й відео. З кожним роком системи стають усе більш функціональними – і при цьому дешевшають. Як наслідок, росте число професіоналів в області запису й відтворення звуку, які використовують аудіо поверх IP.

Стандартом де-факто в області професійного аудіо став протокол Dante. Завдяки широкій підтримці виробників, користувачі одержали можливість вибору з безлічі варіантів найрізноманітніших моделей пристроїв. Однак використання такого пропрієтарного застосунку досить ризиковано: галузь може виявитися залежно від ліцензійної політики одного вендора, зіштовхнутися із проблемами у випадку відходу компанії з ринку й т.п.

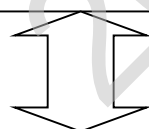
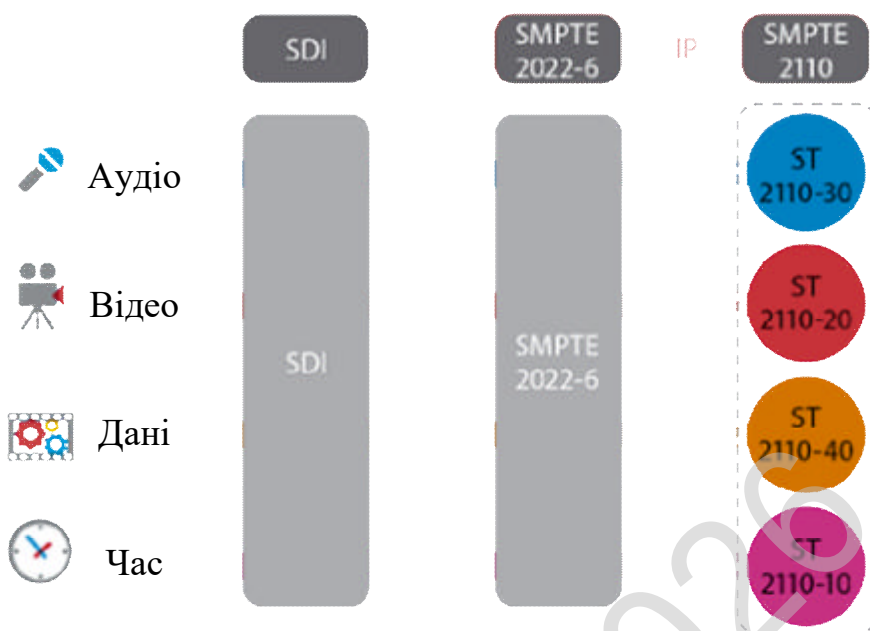
Втім, ринок професійних застосунків AoIP поки перебуває в стадії становлення. Про це свідчить присутність на ньому безлічі різних екосистем, що базуються на пропрієтарних протоколах. А виходить, говорити про остаточний вибір на користь якогось конкретного протоколу, напевно, передчасно. До того ж, як показує вся попередня історія IT, вибір на користь відкритих підходів неминучий: десь він робиться раніше, десь – пізніше.

Як б то ні було, у переході на IP професіонали в області аудіо просунулися набагато далі, чим їх колеги, що займаються відео. При цьому слід зазначити, що суспільство інженерів кіно й телебачення (Society of Motion Picture and Television Engineers, SMPTE) розробляє пакет стандартів SMPTE ST 2110 Professional Media Over Managed IP Network з метою створення загального механізму для передачі професійного аудіо, відео й мультимедіа по керованих мережах IP.

SMPTE 2110 – не перша спроба віщальної галузі перевести виробництво на IP. На відміну від попередників, SMPTE 2110 передбачає роздільну передачу відео, аудіо й допоміжних даних. Такий підхід забезпечує гнучкість, дозволяючи незалежно маршрутизувати і обробляти окремі потоки. Транспорт аудіо по IP описується в стандарті SMPTE ST 2110-30, який базується на AES67 (з невеликими доповненнями).

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Система мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP



Користувачі системи мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP

Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

На відміну від SMPTE 2022-6, який просто відображає послідовний цифровий інтерфейс (Serial Digital Interface, SDI) на IP, SMPTE 2110 розділяє аудіо, відео й допоміжні дані на окремі елементарні потоки. Поки ж SMPTE 2110 обмежений межами локальних мереж. Йому, як і численним різновидам AoIP, ще має бути вийти на широкі простори Інтернету.

3.3 Розробка функціональної схеми

На функціональній схемі, зображеній на рисунку 3.2, є можливість прослідкувати за можливими шляхами проходження сигналів від одного функціонального блоку до іншого. Тонка стрілочка вказує шлях проходження сигналів між функціональними блоками, товста – мережева взаємодія.

Розглянемо основні функціональні взаємодії між головним офісом та дочірніми підприємствами. З головного офісу з застосуванням ІР технології проводиться зв'язок з дочірніми підприємствами, такими абонентами як – регіональний директор, підрозділи. Є можливість проведення різних режимів зв'язку при різній кількості абонентів з обліком абонентів (за допомогою БД).

Опис Н.323

Як було обґрунтовано раніше, сучасна ІР-телефонія будується на основі протоколу Н.323. Розглянемо більш докладно цей протокол. У рекомендаціях, що входять у сімейство Н.323, визначені протоколи, методи й мережеві елементи, необхідні для організації мультимедійного зв'язку між двома або більше користувачами [15-22].

Найбільш затребуваною з послуг, специфікованих у рекомендації Н.323, є послуга передачі мовної інформації з мереж з маршрутизацією пакетів ІР. Найпоширенішим підходом до побудови мереж ІР-телефонії сьогодні є саме підхід, запропонований ІТУ-Т у рекомендації Н.323.

Сімейство протоколів Н.323 містить у собі три основних протоколи: протокол взаємодії кінцевого устаткування з gatekeeper – RAS, протокол керування з'єднаннями – Н.225 і протокол керування логічними каналами – Н.245. Ці три протоколи, разом з Інтернет-протоколами TCP/IP, UDP, RTP і RTCP, а також з описаним в [6] протоколом Q.931 складають основу технології ІР-телефонії.

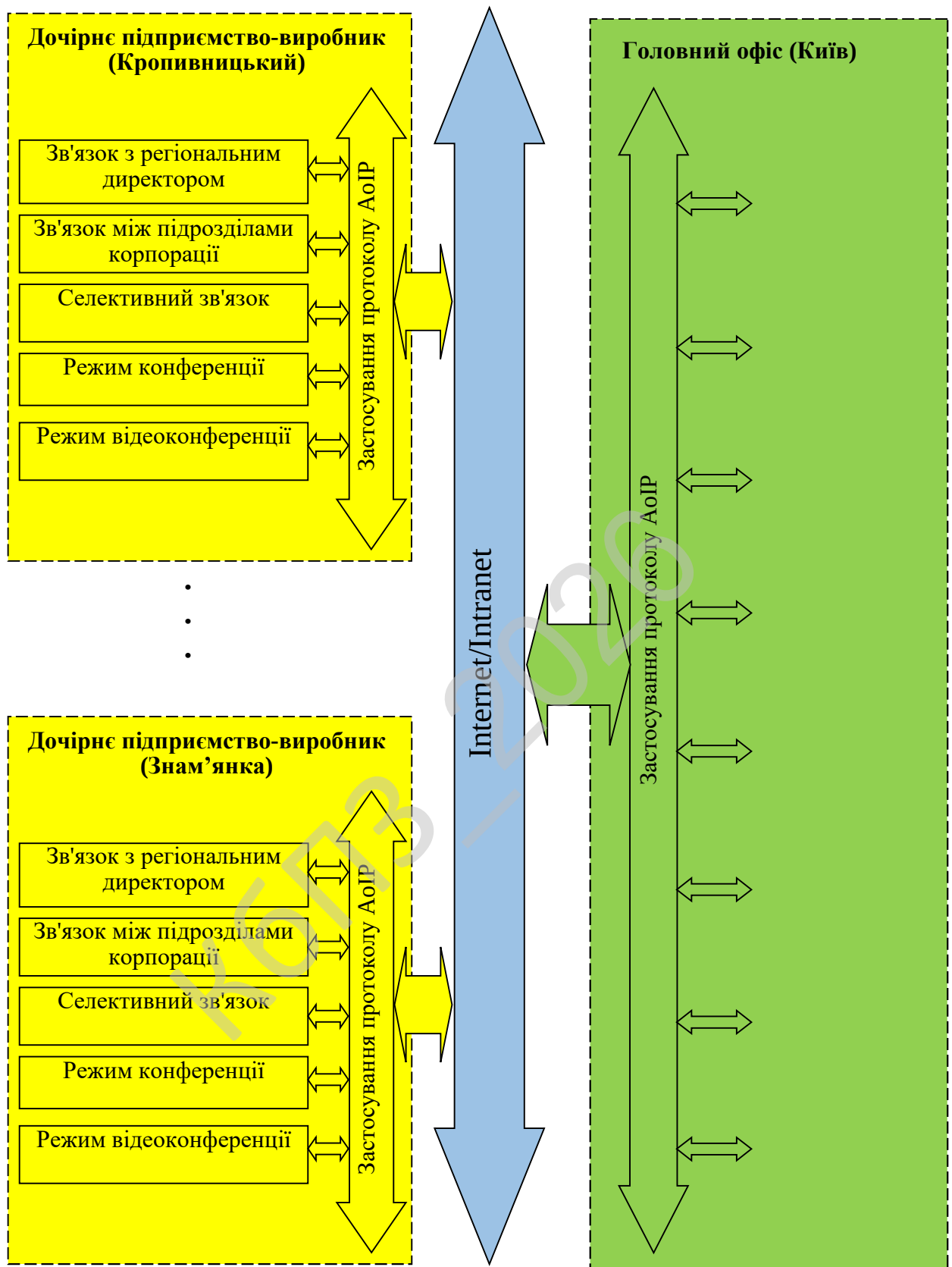


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи

Суть ієрархії цих протоколів полягає в наступному. Для переносу сигнальних повідомлень H.225 і керуючих повідомлень H.245 використовується протокол з встановленням з'єднання й з гарантованою доставкою інформації – TCP. Сигнальні повідомлення RAS переносяться протоколом з негарантованою доставкою інформації – UDP. Протокол RAS забезпечує контроль використання мережевих ресурсів, підтримує автентифікацію користувачів і може забезпечувати нарахування плати за послуги. Для переносу мовної і відеоінформації використовується протокол передачі інформації в реальному часі – RTP. Контроль переносу користувальницької інформації виробляється протоколом RTCP. Процедура встановлення з'єднання в таких мережах IP-телефонії базується на рекомендації Q.931 [15] і аналогічна процедурі, використовуваної в ISDN.

Основними пристроями мережі є: термінал, шлюз, gatekeeper і пристрій керування конференціями.

Таблиця. 3.1 – Сімейство протоколів H.323

Гарантована доставка інформації із протоколу TCP		Негарантована доставка інформації із протоколу UDP		
H.245	H.225	Потоки мови й відеоінформації		
	Керування з'єднанням (Q.931)	RAS	RTCP	RTP
TCP		UDP		
IP				
Канальний рівень				
Фізичний рівень				

Термінал H.323 – це кінцевий пристрій мережі IP-телефонії, що забезпечує двосторонній мовний або мультимедійний зв'язок з іншим терміналом, шлюзом або пристроєм керування конференціями. Користувальницький інтерфейс

керування системою дає користувачеві можливість створювати й приймати виклики, а також конфігурувати систему й контролювати її роботу.

Модуль керування підтримує три види сигналізації: H.225, H.245 і RAS. Цей модуль забезпечує реєстрацію термінала у gatekeeper, установлення й завершення з'єднання, обмін інформацією, необхідної для відкриття мовних каналів, надання додаткових послуг і техобслуговування.

Телематичні додатки забезпечують передачу користувальницьких даних, нерушливих зображень і файлів, доступ до баз даних і т.п. Стандартним протоколом для підтримки таких додатків є протокол T.120.

Модуль H.225.0 відповідає за перетворення відеоінформації, мови, даних і сигнальної інформації у вид, придатний для передачі по мережах з маршрутизацією пакетів IP, і за зворотне перетворення. Крім того, функціями модуля є розбивка інформації на логічні кадри, нумерація послідовно переданих кадрів, виявлення й корекція помилок.

Мережевий інтерфейс забезпечує гарантовану передачу керуючих повідомлень H.245, сигнальних повідомлень H.225.0 (Q.931) і користувальницьких даних за допомогою протоколу TCP і негарантовану передачу мовної й відеоінформації, а також повідомлень RAS, за допомогою протоколу UDP.

Блок синхронізації вносить затримку на прийомній стороні з метою забезпечити синхронізацію джерела інформації з її приймачем, узгодження мовних і відеоканалів або згладжування варіації затримки інформації.

Відеокодеки кодують відеоінформацію, що надходить від зовнішнього джерела відеосигналів (відеокамери або відеомагнітофона), для її передачі по мережі з маршрутизацією пакетів IP і декодують сигнали, що надходять із мережі, для наступного відображення відеоінформації на моніторі або телевізорі.

Аудіокодеки кодують аудіоінформацію, що надходить від мікрофона (або інших джерел аудіоінформації), для її передачі по мережі з маршрутизацією пакетів IP і декодують сигнали, що надходять із мережі, для відтворення.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Слід зазначити, що при організації децентралізованої конференції термінал Н.323 може приймати більш ніж один потік мовної інформації. У цьому випадку термінал повинен уміти змішувати або перемикати пакетовану мову, що надходить від інших учасників конференції.

Основною функцією шлюзу Н.323 є перетворення мовної (мультимедійної) інформації, що надходить із боку ТфОП з постійною швидкістю, у вид, придатний для передачі по ІР-мережах.

При відсутності в мережі gatekeeper повинна бути реалізована ще одна функція шлюзу – перетворення номера ТфОП у транспортну адресу ІР-Мережі.

З боку мереж з маршрутизацією пакетів ІР, так само, як і з боку ТфОП, шлюз може брати участь у з'єднаннях як термінал або пристрій керування конференціями. У випадку, коли термінал Н.323 зв'язується з іншим терміналом Н.323, розташованим у ті ж самій ІР-мережі, шлюз у цьому з'єднанні не бере участь.

Шлюз, у сукупності з gatekeeper мережі ІР-телефонії, утворить універсальну платформу для надання всього спектра послуг зв'язку.

У gatekeeper зосереджений весь інтелект мереж ІР-телефонії, що базуються на рекомендації ІТУ Н.323. Мережа Н.323 має зонну архітектуру. Gatekeeper виконує функції керування зоною мережі ІР-телефонії, у яку входять термінали, шлюзи й пристрої керування конференціями, зареєстровані в цього gatekeeper. Різні ділянки зони мережі Н.323 можуть бути територіально рознесені й з'єднуватися один з одним через маршрутизатори. Варто звернути увагу на те, що комутатори кадрів Ethernet і маршрутизатори пакетів ІР не є мережевими елементами Н.323, тому що вони працюють на ланковому або мережевому рівнях відповідно, у той час як устаткування Н.323 працює на прикладному рівні стека протоколів ТСП/ІР.

У число найбільш важливих функцій, виконуваних gatekeeper, входять:

– перетворення так званої alias-адреси (ім'я абонента, телефонного номера, адреси електронної пошти й ін.) у транспортну адресу мережі з маршрутизацією

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

пакетів IP (IP адреса й номер порту TCP);

- контроль доступу користувачів системи до послуг IP-телефонії за допомогою сигналізації RAS (використовуються повідомлення ARQ/ACF/ARJ);
- контроль, керування й резервування пропускної здатності мережі;
- маршрутизація сигнальних повідомлень між терміналами, розташованими в одній зоні; gatekeeper може організовувати сигнальний канал безпосередньо між терміналами або ретранслювати сигнальні повідомлення від одного терміналу до іншого.

У тому випадку, коли абонент, який викликає, знає IP-адресу терміналу абонента, який викликається, з'єднання між двома пристроями може бути встановлене без допомоги gatekeeper. Але, при наявності gatekeeper я забезпечується мобільність абонентів, тобто здатність користувача одержати доступ до послуг з будь-якого терміналу в будь-якому місці мережі й здатність мережі ідентифікувати користувачів при їхньому переміщенні з одного місця в інше. При відсутності в мережі gatekeeper перетворення адреси викликуваного абонента, що надходить із боку ТфОП у форматі E. 164, у транспортну адресу IP-мережі повинне виконуватися шлюзом. В одній мережі може перебувати декілька gatekeeper, які повинні взаємодіяти між собою. Слід особливо зазначити, що хоча gatekeeper є окремим логічним елементом мережі, він може бути реалізований у терміналі, у шлюзі, у пристрої керування конференціями або в пристроях, не специфікованих у рекомендації H.323.

Рекомендація H.323 передбачає три види конференцій.

Перший вид – централізована конференція, у якій кінцеві пристрої з'єднуються в режимі точка-точка із пристроєм керування конференціями (MCU), що контролює процес створення й завершення конференції, а також обробку потоків користувацької інформації.

Другий вид – децентралізована конференція, у якій кожний її учасник з'єднується з іншими учасниками в режимі точка – група точок, і кінцеві пристрої самі обробляють потоки інформації, що надходять від інших учасників.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Третій вид – змішана конференція, тобто комбінація двох попередніх видів.

Перевага централізованої конференції – порівняно прості вимоги до термінального встаткування, недолік – більша вартість пристрою керування конференціями.

Для децентралізованої конференції потрібно більше складне термінальне встаткування, крім того, бажано, щоб у мережі підтримувалася передача пакетів IP у режимі багатоадресного розсилання (IP multicasting). Якщо мережа не підтримує цей режим, термінал може передавати інформацію до кожного з інших терміналів, що беруть участь у конференції, у режимі точка-точка, але це стає неефективним при числі учасників більше чотирьох. Пристрій керування конференціями MCU містить один обов'язковий елемент – контролер багатоточкових з'єднань – Multipoint controller (MC). Крім того, MCU може містити один або більше процесорів для обробки інформації користувачів при багатоточкових з'єднаннях – Multipoint processor (MP). Слід зазначити, що контролер MC і процесор MP є самостійними логічними пристроями H.323 і що контролер може існувати незалежно від процесора (зворотне невірно). Контролер може бути фізично сполучений з gatekeeper, зі шлюзом або з MCU, а MCU, у свою чергу, може бути сполучене зі шлюзом або з gatekeeper.

Контролер конференцій повинен використовуватися для організації конференції будь-якого виду. Він організує обмін між учасниками конференції даними про функціональні можливості їхніх терміналів, указує, у якому режимі (з використанням яких кодеків) учасники конференції можуть передавати інформацію, причому цей режим може змінюватися в ході конференції, наприклад, при підключенні до неї нового учасника. Таким чином, контролер MC визначає режим конференції, що може бути загальним для всіх учасників конференції або окремим для кожного з них. В зв'язку з тим, що в мережі може бути кілька контролерів MC, то для кожної знову створюваної конференції повинна проводитися процедура визначення встаткування, для того, щоб виявити той з контролерів MC, що буде управляти даною конференцією. При організації

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

централізованої конференції, крім контролера МС, повинен використовуватися процесор МР, що обробляє користувальницьку інформацію й відповідає за перемикання або змішування мовних потоків, відеоінформації й даних. При організації децентралізованої конференції процесор МР не використовується.

3.4 Розробка діаграми процесів

Відповідно до методичних рекомендацій розроблення графічної частини кваліфікаційної бакалаврської роботи розглянемо розроблену діаграму процесів яка зображена на рисунку 3.3.

Розроблена діаграма взаємодії процесів використовується для представлення та візуалізації процесів обробки даних тобто структурного проектування бакалаврської роботи.

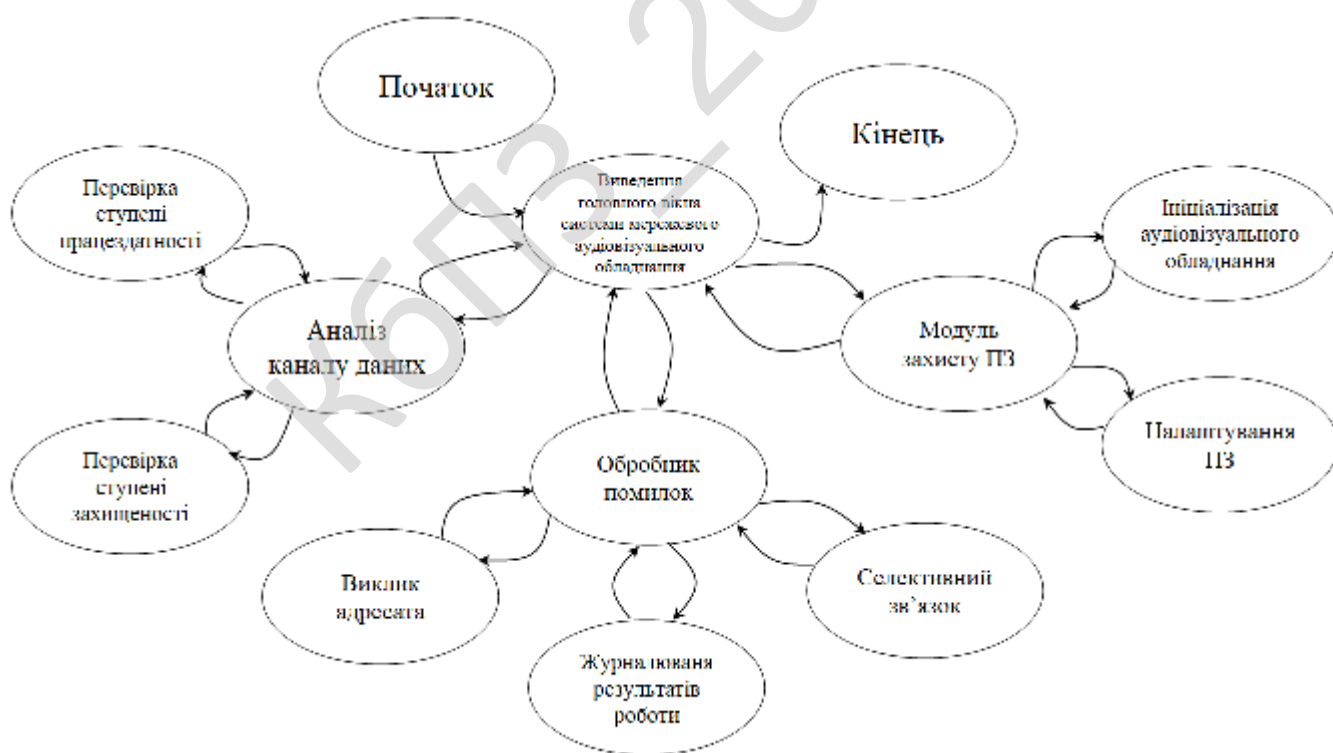


Рисунок 3.3 – Діаграма взаємодії процесів

Основні складові елементи діаграми взаємодії процесів це потоки даних:

- Репозиторії, потік сховища даних.
- Потоки зовнішні по відношенню до системи сутності.
- Процеси які являють собою трансформацію даних в рамках описуваної системи.
- Потоки даних гібридні між елементами трьох попередніх типів.

Відповідно до документації основна будова діаграми процесів полягає у графічному представленні складу сукупностей даних, що характеризуються як співвідношення різних частин кожної з сукупностей. Склад статистичної сукупності графічно може бути представлений як за допомогою абсолютних, так і відносних показників. Графічне зображення складу сукупності по абсолютними і відносними показниками сприяє проведенню більш глибокого аналізу і дозволяє проводити аналіз системи.

Для схематичного представлення системи що розробляється необхідно спочатку представити діаграму взаємодії процесів даних рівня контексту, завдяки чому буде показано взаємодію системи в цілому у подальшому. Використовується модель проектування, графічне представлення «потоків» даних в інформаційній системі. Розроблена діаграма взаємодії процесів системи в подальшому уточнюється шляхом деталізації процесів та потоків даних з метою показати систему що розробляється. Таким чином у результаті після розгляду, вищеписаної системи, схеми структурної, функціональної, діаграми взаємодії процесів перейдемо до опису та розгляду блок-схем основної програми, та підпрограм, які використовуються, для реалізації системи.

4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ

4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

Первинною стадією без якої не відбувається розробка програмного забезпечення це звичайно розробка блок-схем. Блок-схеми є першоджерелами стратегії розвитку ПЗ.

Тому від точності і детальної блок-схеми залежить результат всієї програми. При виборі початкової точки відліку при побудові схем я враховував, що виходячи з вибору мови програмування і інших технічних засобів, програма буде об'єктно-модульна, проект, що розробляється, вимагає оптимізації програми високого рівня, також те, що при розробці програми слід надати особливу увагу модулям захисту каналу зв'язку з використанням IP технології, модулю обробки помилок програми і аудіо модулю.

Створення повноцінного коду програмного продукту з розробленою ціновою політикою і системою знижок покупцям програмної продукції.

На рисунку 4.1 зображена основна блок-схема програми. При детальному розгляді програма розбита на декілька основних важливих блоків чи групи блоків, таких як:

- Блок ініціалізації початкових значень типів даних, констант, змінних, класів, масивів і графічних даних.
- Блок підключення додаткових файлів.
- Блок пошуку та читання файлів програмного забезпечення, якщо файли ПЗ не знайдені відбуваються дії для завершення ПЗ з виведенням повідомлення. Локальне повідомлення реалізоване WIN API32 функцією MessageDlg.
- Блоків налаштування на робочий режим.

- Блок підпрограми зв'язку.
- Блоків завершення роботи ПЗ.

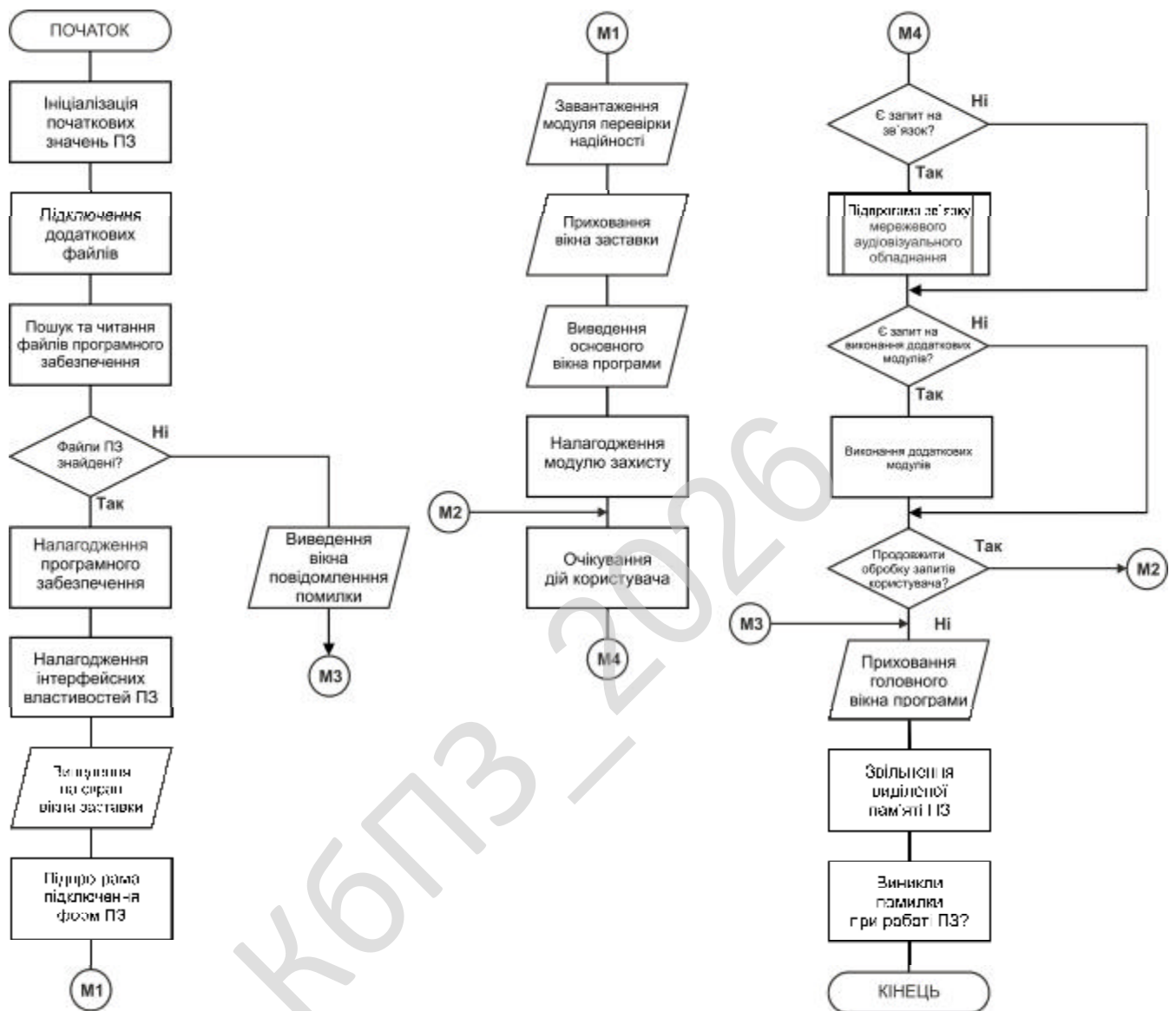


Рисунок 4.1 – Блок-схема програми

Блок підпрограми зв'язку відображений на рисунку 4.2 і описує основний алгоритм аналізу та роботи каналу зв'язку.

Саме в цьому блоці в залежності від вибору адресата проводиться спроба доступу до мережевого з'єднання (Internet/Intranet), вибір адресата чи адресатів зв'язку, настройка та проведення сеансу зв'язку.

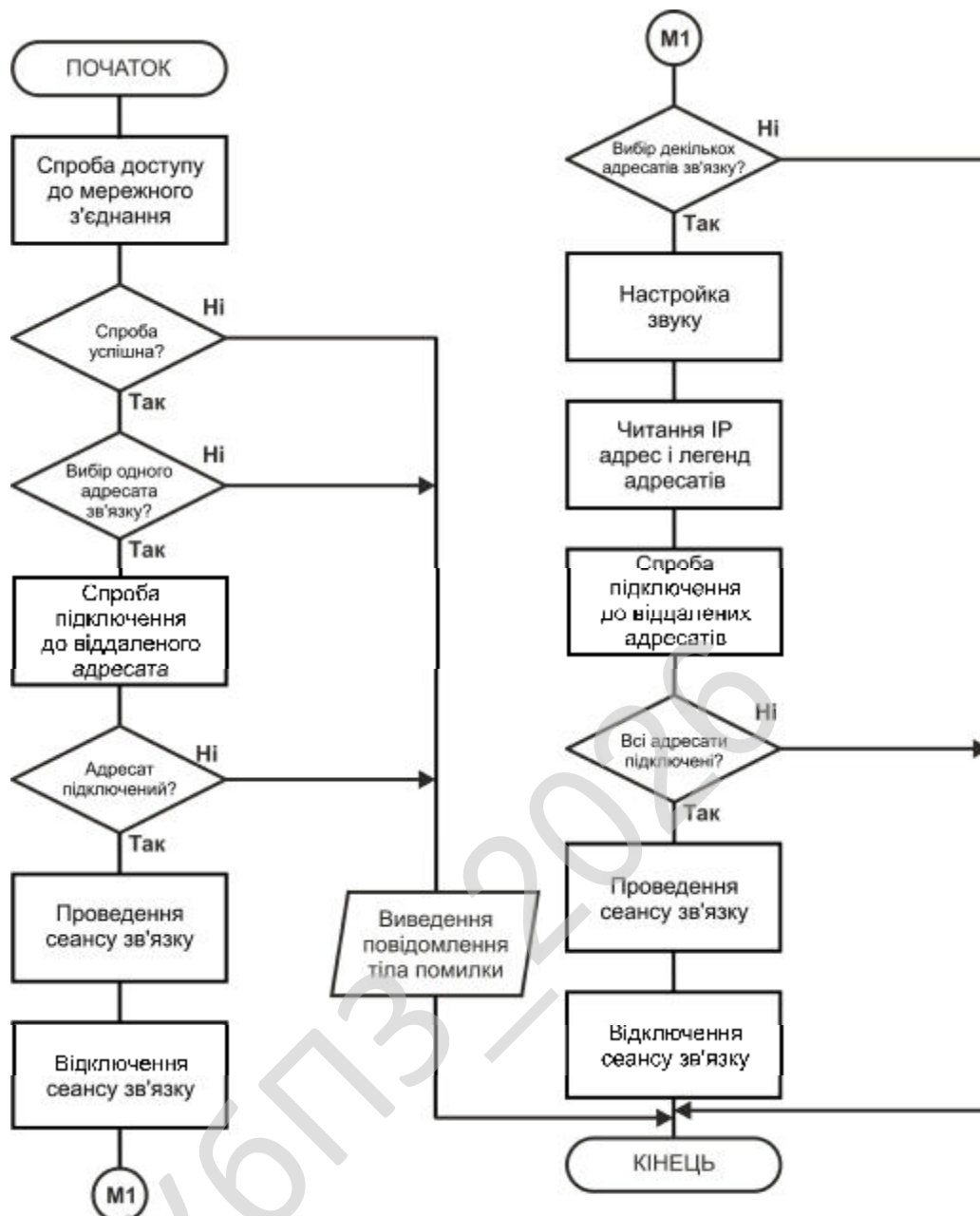


Рисунок 4.2 – Блок-схема підпрограми зв'язку

Опис математичного забезпечення

Для передачі мови по IP-каналам необхідно, як було відмічено раніше, перетворити аналоговий сигнал у цифровий, тобто безперервний в дискретний. Виявляється, що навіть такі на перший погляд зовсім різні сигнали, як безперервні й дискретизовані мають дуже багато загального й зв'язані твердою функціональною залежністю, встановленою теоремою дискретизації, або

теоремою Котельникова.

Реальний безперервний сигнал володіє спектром, основна частина енергії якого зосереджена в обмеженій смузі частот. Це зумовлене тим, що прилади, що формують і перетворюють повідомлення і сигнали, а також канали зв'язку мають кінцеву смугу пропускання. Функція часу з обмеженим по ширині спектром повністю визначається своїми миттєвими значеннями, відрахованими через інтервали часу:

$$\Delta t = 1/2F_m, \quad (4.1)$$

де F_m - найвища частота спектру сигналу.

Це положення складає зміст теореми Котельникова

Теорема дискретизації, або, як її ще називають, теорема Котельникова, теорема Уїтекера, формулюється в такий спосіб: безперервна функція $X(t)$ з обмеженим спектром, тобто не має у своєму спектрі

$$F\{X(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} X(t) \cdot e^{-j2\pi ft} dt \quad (4.2)$$

складових із частотами, що лежать за межами смуги $f \in (-F_m, F_m)$, повністю визначається послідовністю своїх обчислень у дискретні моменти часу $X(t_i)$, що виходять із кроком $\Delta t < 1/F_m$. Іншими словами безперервна детермінована функція часу $X(t)$, що має обмежений спектр, може бути розкладена в ряд по ортогональним функціям часу виду:

$$\Psi_i(t) = \frac{\sin 2F_m \pi(t - i\Delta t)}{2\pi F_m (t - i\Delta t)} \quad (4.3)$$

з коефіцієнтами, рівними значенням функції $X(i\Delta t)$. Цей розклад, що називається рядом Котельникова, має наступний вигляд: $X(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} X(i\Delta t)\Psi_i(t)$.

Функція підрахунків має наступні властивості:

1. Вона дорівнює 1 при $t = i\Delta t$ і рівна 0 в усіх інших точках $t = j\Delta t; j \neq i$
2. Її спектр рівномірний в межах смуги частот від $-F_{\min}$ до $F_{\max}$ але рівний 0 поза цією смугою.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

3. Вона має властивості ортогональності:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \Psi_i(t) \Psi_j(t) dt = \begin{cases} 0 & \text{при } i \neq j \\ \frac{1}{2F_{\max}} & \text{при } i = j \end{cases}$$

Якщо функція $f(t)$ з обмеженим спектром розглядається на кінцевому інтервалі часу T , то число дискрет, що передаються, буде дорівнювати: $T/\Delta t = 2F_m T$. Величину $F_m T$ називають базою сигналу.

Доказ сформульованої теореми ґрунтується на однозначній відповідності між сигналами й відповідними їм спектрами. Іншими словами, якщо сигнали однакові, те й відповідні їм спектри також однакові. І, навпаки, якщо спектри двох сигналів однакові, той і відповідний сигнали також однакові.

Опис технологічного процесу обробки даних

Технологічний процес складається з двох основних етапів – збір і облік даних по IP-адресам й формування відповідної легенди та власне сама робота програми у режимі IP-телефонії та селективного зв'язку. Вони можуть виконуватися в будь-який календарний момент часу і включають операції введення, з'єднання і ін. Операції мають програмне виконання, підлегле єдиній алгоритмічній схемі.

Програма реалізована в середовищі Delphi. Робота з програмою починається з виведення інформаційного вікна й активізації системи меню й здійснюється в діалоговому і по-дійному режиму. При цьому під діалогом розуміється надання користувачу декількох альтернатив і обробка його вибору. У діалогову систему входять головне меню з відповідними спливаючими підменю а також діалогові вікна. Під подіями розуміються процеси, що активізуються користувачем (наприклад – натискання функціональних клавіш), а також програмні події – з'єднання по IP-технології.

Програма складається з наступних основних модулів.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Основна процедура – конфігурація середовища оточення, формування основного екрана програми, створення системи головного меню і відповідних підменю, активізація меню.

Процедура обробки головного меню – запуск відповідної процедури. Процедура введення даних – забезпечення введення інформації у бази даних IP-адрес та легенд до них, контроль за допустимістю значень, забезпечення введення даних шляхом вибору зі списку.

Допоміжні процедури і функції – реалізація запитів, повідомлень, формування списків вибору IP-адрес та легенд, а також контроль за даними, що вводяться.

Усі модулі в програмі зв'язані між собою за даними, що аналізуються на вході і виробляються на виході. Дані в модулі надходять через діалог з користувачем, параметри і документи інформаційної бази. Передача даних від одного модуля до іншого здійснюється тільки через збережені документи.

Дані через діалог можуть бути отримані прямим і непрямим способом. Прямий спосіб реалізується шляхом їхнього введення за шаблоном чи по запиту конкретних значень реквізитів. Непрямий спосіб – шляхом чи меню логічних (альтернативних) запитів – «так», «ні». При непрямому способі дані, що надходять у модуль, заздалегідь передбачені алгоритмом, але зовні виглядають в обліку відомими фразами.

Параметри (мова) – вхідні дані, отримані у виді конкретних значень, переданих в оперативній пам'яті суміжним модулям (функціям).

Обґрунтування інформаційного забезпечення, перелік первісних даних

Під вхідною інформацією розуміється вся інформація, необхідна для вирішення задачі і розташована на різних носіях: первинних документах, машинних носіях, у пам'яті персонального комп'ютера. Вхідною інформацією для розроблювальної в дипломному проєкті корпоративної системи зв'язку з використанням IP-технологій є мова або відеозображення.

Щоб передати мову через телефонну мережу, мовну інформацію потрібно

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

перетворити в аналоговий електричний сигнал. При переході до цифрових мереж зв'язку виникла необхідність перетворити аналоговий електричний сигнал у цифровий формат на передавальній стороні, тобто закодувати, і перевести назад в аналогову форму, тобто декодувати, на прийомній стороні.

Процес перетворення аналогового мовного сигналу в цифрову форму називають аналізом або цифровим кодуванням мови, а зворотний процес відновлення аналогової форми мовного сигналу – синтезом або декодуванням мови.

Ціль будь-якої схеми кодування – одержати таку цифрову послідовність, що вимагає мінімальної швидкості передачі й з якої декодер може відновити вихідний мовний сигнал з мінімальними змінами.

При перетворенні мовного сигналу в цифрову форму, мають місце два процеси – дискретизація, тобто формування дискретних у часі відрахунків амплітуди сигналу, і квантування, тобто дискретизація отриманих значень за амплітудою. Ці дві функції виконуються т.зв. аналого-цифровими перетворювачами (АЦП), які розміщуються в сучасних АТС на платі абонентських комплектів, а у випадку передачі мови по IP-мережах – у терміналі користувача (комп'ютері або IP-телефоні).

Процес аналого-цифрового перетворення одержав, стосовно до систем зв'язку, назву імпульсно-кодової модуляції (ІКМ).

Щоб знизити необхідну швидкість передачі біт, застосовують нелінійний (логарифмічний) закон квантування, тобто квантуванню піддається не амплітуда сигналу, а її логарифм. У цьому випадку має місце процес «стиску» динамічного діапазону сигналу, а при відновленні сигналу відбувається зворотний процес.

Сьогодні застосовуються два основні різновиди ІКМ: з кодуванням по m -закону й по A -закону. У результаті стиску сигнал з амплітудою, що кодується 12-13 бітами, описується всього вісьма бітами. Розрізняються ці різновиди ІКМ деталями процесу стиску (m -закон кодування переважніше використовувати при малій амплітуді сигналу й при малому відношенні сигнал/шум). У Північній

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Америці використовується кодування по m-закону, а в Європі – по A-Закону. Тому при міжнародному зв'язку в багатьох випадках потрібне перетворення m-закону в A-закон, відповідальність за яке несе країна, у якій використовується m-закон кодування. В обох випадках кожний відлік кодується 8 бітами, або одним байтом, який можна вважати звуковим фрагментом. Для передачі послідовності таких фрагментів необхідна пропускна здатність каналу, рівна 64 Кбіт/с. Оскільки ІКМ була першою стандартною технологією, що одержала широке застосування в цифрових системах передачі, пропускна здатність каналу, рівна 64 Кбіт/с, стала всесвітнім стандартом для цифрових мереж всіх видів, причому – стандартом, що забезпечує передачу мови з дуже гарною якістю. Однак така висока якість передачі мовного сигналу (що є еталоном при оцінці якості інших схем кодування) досягнута в системах ІКМ за рахунок явно надлишкова, при сучасному рівні технології, швидкості передачі інформації.

Щоб зменшити властиву ІКМ надмірність і знизити вимоги до смуги пропускання, послідовність чисел, отримана в результаті перетворення мовного аналогового сигналу в цифрову форму, піддається математичним перетворенням, що дозволяють зменшити необхідну швидкість передачі. Ці перетворення «сирого» цифрового потоку в потік меншої швидкості називають «стиском» (а часто – кодуванням, розглядаючи ІКМ як якусь відправну точку для подальшої обробки інформації). Існує безліч підходів до «стиску» мовної інформації; всі їх можна розділити на три категорії: кодування форми сигналу (waveform coding), кодування вихідної інформації (source coding) і гібридне кодування, що представляє собою сполучення двох підходів.

Кодування форми сигналу

Імпульсно-кодова модуляція, по суті, і являє собою схему кодування форми сигналу. Однак цікавлять більш складні алгоритми, що дозволяють знизити вимоги до смуги пропускання. Розглянуті методи кодування форми сигналу використовують ту обставину, що між випадковими значеннями декількох послідовних обчислень існує деяка залежність. Це дозволяє з досить

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

високою точністю пророчити значення будь-якого відліку на основі значень декількох попередніх йому обчислень.

При побудові алгоритмів кодування названа закономірність використовується двома способами. По-перше, є можливість змінювати параметри квантування залежно від характеру сигналу. У цьому випадку крок квантування може змінюватися, що дозволяє певною мірою згладити протиріччя між зменшенням числа біт, необхідних для кодування величини відліку при збільшенні кроку квантування, і звуженням динамічного діапазону кодера, неминучим без адаптації. Деякі алгоритми передбачають зміну параметрів квантування приблизно в рамках вимовних складів, а деякі змінюють крок квантування на основі аналізу статистичних даних про амплітуду сигналу, отриманих за відносно короткий проміжок часу. По-друге, існує підхід, називаний диференціальним кодуванням або лінійним пророкуванням. Замість того, щоб кодувати вхідний сигнал безпосередньо, кодують різницю між вхідним сигналом і «передвіщеною» величиною, обчисленою на основі декількох попередніх значень сигналу. Описаний метод називається лінійним пророкуванням, тому що він використовує тільки лінійні функції попередніх обчислень. Найпростішою реалізацією останнього підходу є так звана дельта-модуляція (ДМ), алгоритм якої передбачає кодування різниці між сусідніми обчисленнями сигналу тільки одним інформаційним бітом, забезпечуючи передачу, по суті, тільки знака різниці.

Алгоритмом, побудованим на описані вище принципах, є алгоритм адаптивної диференціальної імпульсно-кової модуляції (АДІКМ) (G.726). Алгоритм передбачає формування сигналу помилки пророкування і його наступне адаптивне квантування. При досить гарних характеристиках алгоритму, АДІКМ практично не застосовується для передачі мови по мережах з комутацією пакетів, тому що цей алгоритм дуже чутливий до втрат цілих блоків відліку, що відбуваються при втратах пакетів у мережі. У таких випадках порушується синхронізація кодера й декодера, що приводить до катастрофічного погіршення якості відтворення мови навіть при малій імовірності втрат.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Перелік вихідних даних

У ході розробки корпоративної системи зв'язку з використанням ІР-технологій визначено, що вихідною інформацією є мова або відеозображення на пункті отримання інформації. Як може здатися на перший погляд, вузькополосне кодування мови, що вимагає обчислювальної потужності, є самим складним завданням, виконуваної устаткуванням ІР-телефонії. Однак це не так: алгоритми кодування мови стандартизовані й відмінно документовані, більше того, на ринку доступні досить ефективні їхні реалізації для всіх популярних DSP-платформ. З іншого боку, в устаткуванні ІР-телефонії повинні бути реалізовані багато інших функцій, спосіб реалізації яких не є об'єктом стандартизації.

На передавальній стороні устаткування ІР-телефонії працює за принципом «закодував, передав і забув». На прийомній стороні все набагато складніше. Пакети приходять із мережі із затримкою, що міняється за випадковим законом. Більше того, пакети можуть прийти не в тій послідовності, у якій були передані, а деякі пакети можуть взагалі бути загублені. Приймач повинен справлятися з усіма цими труднощами, забезпечуючи на виході нормальний звуковий потік з тактовою синхронізацією, або генерованим на основі прийнятого потоку даних, або одержуваним із ТфОП по каналах Е1. Прив'язка мовних потоків до місцевого тактового синхросигналу здійснюється шляхом непомітної на слух деформації періодів мовчання у відтвореному сигналі. До цього залишається додати необхідність передачі факсимільної інформації в реальному часі з автоматичним розпізнаванням сигналів факсимільних апаратів і передачу DTMF-сигналів з коректним їхнім відновленням у приймачі.

Сигнали багаточастотного набору номера (DTMF) – просто звукові сигнали, передані по телефонному каналі. При передачі їх по цифровій телефонній мережі не виникає ніяких проблем, тому що кодування за допомогою алгоритму G.711 не накладає ніяких обмежень на вид звукових сигналів – це може бути мова, сигнали модему, або тональні сигнали – всі будуть успішно відтворені на приймачі.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Вузькополосні кодеки, щоб досягти низьких швидкостей передачі, використовують той факт, що сигнал, який вони кодують, представляє саме мову. Сигнали DTMF при проходженні через такі кодеки спотворюються й не можуть бути успішно розпізнані приймачем на прийомній стороні.

Коли користувачеві ТфОП потрібно ввести якусь додаткову інформацію у віддалену систему при вже встановленому з'єднанні, необхідно забезпечити можливість надійної передачі DTMF-Сигналів через мережу ІР-телефонії. У випадках, коли система, взаємодіючи з користувачем, просто ставить запитання й чекає введення, тривалість і момент передачі сигналу не важливі. В інших випадках система видає користувачеві список і просить його нажати, наприклад, кнопку «#», як тільки він почує потрібну інформацію; тут ситуація більше складна, і необхідна більше точна прив'язка вчасно.

Існуючі методи передачі сигналів DTMF по мережах ІР-телефонії.

– Обов'язковий метод. Спеціальне повідомлення протоколу H.245 може містити символи цифр і «*», «#». У цьому випадку використовується надійне TCP-з'єднання, так що інформація не може бути загублена. Однак через особливості TCP можуть мати місце значні затримки;

– Нестандартний метод. Він може бути застосований у терміналах H.323v2 при використанні процедури fastStart і відсутності каналу H.245. Для передачі сигналів DTMF відкривається спеціальна RTP-сесія, у якій передаються кодовані значення прийнятих цифр, а також дані про амплітуду й тривалість сигналів. Може бути використана та ж сесія, що й для мови, але зі спеціальним типом корисного навантаження. Використання RTP дозволяє прив'язати DTMF- сигнали до реального часу, що є важливою перевагою даного методу.

У принципі, перший метод може бути більше кращим, однак у випадку міжнародних викликів і при використанні віддалених систем, що вимагають твердої прив'язки введення користувача до часу, може виявитися необхідним застосувати другий метод. Шлюзи ІР-телефонії повинні обов'язково придушувати перекручені сигнали DTMF, що пройшли через основний мовний канал. У

протилежному випадку, при відновленні сигналів, про які була прийнята інформація, можуть виникнути неприємні ефекти накладення й розмноження сигналів.

На основі даного огляду функцій устаткування ІР-телефонії можна зробити висновок, про те, що, незважаючи на існування стандартних алгоритмів кодування мови, у розроблювачів є величезний простір для діяльності, спрямованої на подальше вдосконалювання технології ІР-телефонії.

4.2 Захист розробленого програмного забезпечення

Для захисту розробленого програмного забезпечення запропоновано використовувати алгоритм RC5, який являє собою блоковий шифр із безліччю параметрів: розміром блоку, розміром ключа й числом раундів. В алгоритмі RC5 передбачені три операції: XOR, додавання й циклічні зрушення. На більшості процесорів операції циклічного зрушення виконуються за постійний час, змінні циклічні зрушення являють собою нелінійну функцію. Циклічні зрушення залежать як від ключа, так і від даних.

В RC5 використовується блок змінної довжини, але в приводиться прикладі, що буде розглянутий, 64-бітовий блок даних. Шифрування використовує $2r+2$ залежних від ключа 32-бітових слів – $S_0, S_1, S_2, \dots, S_{2r+1}$ – де r – число раундів. Для шифрування спочатку потрібно розділити блок відкритого тексту на два 32-бітових слова: A і B . (При впакуванні байтів у слова в алгоритмі RC5 дотримується угода про прямий порядок (little-endian) байтів: перший байт займає молодші біти регістра A й т. ін.) Потім:

$$A = A + S_0$$

$$B = B + S_0$$

Для i від 1 до r :

$$A = ((A \oplus B) \lll B) + S_{2i}$$

$$B = ((B \oplus A) \lll A) + S_{2i+1}$$

Вихід перебуває в регістрах A і B .

Розшифрування теж нескладно. Потрібно розбити блок відкритого тексту на два слова, A й B , а потім:

Для i від r до 1 із кроком -1:

$$B = ((B - S_{2i+1}) \ggg A) \oplus A$$

$$A = ((A - S_{2i}) \ggg B) \oplus B$$

$$B = B - S_i$$

$$A = A - S_0$$

Символом « $\ggg$ » позначене циклічне зрушення вправо. Звичайно ж, всі додавання й вирахування виконуються по модулю 2^{32} .

Створення масиву ключів складніше, але теж прямолінійно. Спочатку байти ключа копіюються в масив L із 32-бітових слів, доповнюючи при необхідності заключне слово нулями. Потім масив S ініціалізується за допомогою лінійного конгруентного генератора по модулю 2^{32} :

$$S_0 = P$$

Для i від 1 до $2(r + 1) - 1$:

$$S_i = (S_{i-1} + Q) \bmod 2^{32}$$

де $P = 0xb7e15163$ і $Q = 0x9e3779b9$.

Нарешті, потрібно підставити L в S :

$$i = j = 0$$

$$A = B = 0$$

Виконати $3n$ раз (де n – максимум від $2(r + 1)$ і c):

$$A = S_i = (S_i + A + B) \lll 3$$

$$B = L_i = (L_i + A + B) \lll (A + B)$$

$$i = (i + 1) \bmod 2(r + 1)$$

$$j = (j + 1) \bmod c$$

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Програма має простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який зображений на рисунку 5.1. З рисунку головного вікна можна побачити що інтерфейс головного вікна розподілено на наступні функціональні розділи:

- Функціональних кнопок ПЗ: Виклик; Кінець виклику; Селективний зв'язок.
- Навігаційного меню.
- Верхнього меню: Сеанс зв'язку; Дані; Шаблон; Налаштування.
- Розділу обрання підгрупи інтерфейсу.
- Розділу виведення результату роботи системи.

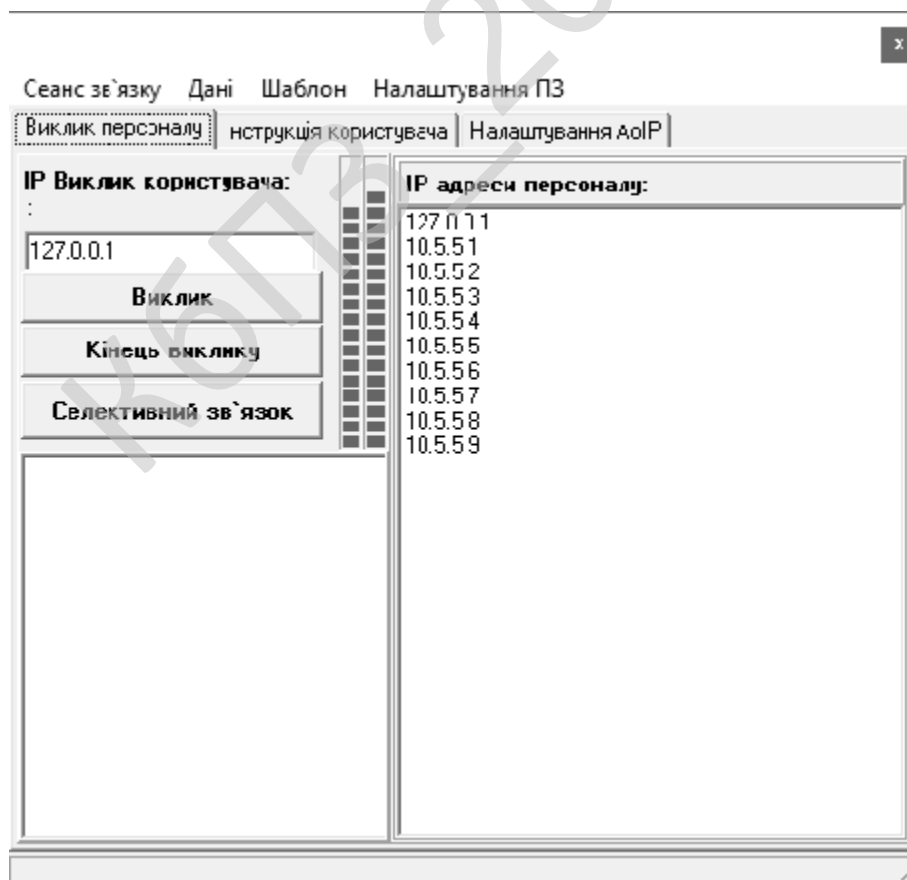


Рисунок 5.1 – Головне вікно ПЗ

На рисунку 5.2 зображено авторські дані розробленого програмного забезпечення. Розроблена програма має дуже простий і зрозумілий інтерфейс з користувачем. Кожен, хто в достатньому обсязі володіє операційним середовищем Windows без особливих складностей освоїть і цю програму, оскільки її інтерфейс інтуїтивно зрозумілий.

Якщо програма не видала ніяких помилок, і працює, то можна використовувати, інакше слід слідувати інструкціям, які пропонує програма.

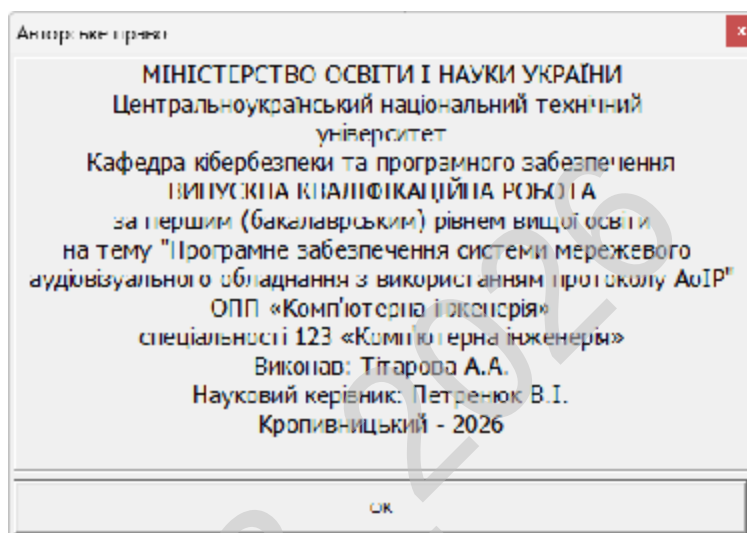


Рисунок 5.2 – Авторське право

Розглянемо процес впровадження програмного забезпечення, це процес налаштування програмного забезпечення під певні умови використання, а також навчання користувачів роботі з програмним продуктом. Впровадження програмного забезпечення це усі дії, що роблять розроблену програмну систему готовою до використання. Даний процес є частиною життєвого циклу програмного забезпечення.

6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, призначено для системи мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP.

В межах України в недостатній мірі представлені вітчизняні розробки в цій області.

Рішення завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP.
- Досліджена система мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP.

Розроблене програмне забезпечення має простий, дружній та зручний інтерфейс користувача, що забезпечує легкість у освоєнні роботи програмного продукту, зручність у використанні, і не потребує особливих спеціальних знань.

При створенні програмного забезпечення було використано об'єктно-орієнтований підхід, що відповідає сучасним тенденціям у галузі розробки комерційних програмних систем.

Програма реалізована на мові високого рівня Python. Дана мова програмування дозволяє найбільш ефективно обробляти дані призначені для

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

системи мережевого аудіовізуального обладнання з використанням протоколу AoIP. Це дозволило мінімізувати строк розробки програмного забезпечення, і, як слід, зменшити витрати на його розробку. Запропоноване програмне забезпечення ділиться на загальне програмне забезпечення, що поставляється із засобами обчислювальної техніки й спеціальне програмне забезпечення, що спеціально розроблене для даної конкретної системи й включає програми, що реалізують її функції.

Програма призначена для виконання під управлінням багатозадачної операційної системи Windows 10/11.

Даються необхідні рекомендації з установки розробленого програмного забезпечення.

Для підвищення рівня безпеки запропоновано застосовувати алгоритм RC5.

В цілому створене програмне забезпечення підтверджує правильність використаних проектних рішень та повністю відповідає вимогам технічного завдання. Створене програмне забезпечення має потенційну можливість для подальшого вдосконалення і застосування у різних галузях.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein. Introduction to Algorithms. The MIT Press. 2022 1677 p.
2. Will Grant. 101 UX Principles. Packt Publishing. 2022. 432 p.
3. Nathan Metzler. Kotlin Programming for Beginners. Independently published. 2021. 158 p.
4. Henry Lloyd. Interactive Computer Graphics. States Academic Press. 2022. 247 p.
5. Ranjan Parekh. Fundamentals of Image, Audio, and Video Processing Using MATLAB®With Applications to Pattern Recognition. CRC Press. 2021. 406 p.
6. Alasdair McAndrew. A Computational Introduction to Digital Image Processing. Chapman & Hall. 2021. 560 p.
7. Михайло Пічугін, Іван Канкін, Володимир Воротніков Комп'ютерна графіка. Навчальний посібник / Центр навчальної літератури 346 с. 2019р.
8. Маценко В.Г. Комп'ютерна графіка: Навчальний посібник. – Чернівці: Рута, 2009 – 343 с.
9. Інженерна комп'ютерна графіка: підручник / В.В. Проців [та ін.] / М-во освіти і науки України, Нац. гірн. унт-т. – Дніпро: НГУ, 2017. – 247 с.
10. Проців В.В. Прикладна комп'ютерна графіка [Текст]: Навч. посібник / В.В. Проців, К.А. Зіборов, К.М. Бас, Г.К. Ванжа; М-во освіти і наук, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2016. – 187 с.
11. Kopf, Johannes and Lischinski, Dani. Depixelizing Pixel Art (англ.) // ACM Trans. Graph. – 2011. – Vol. 30, no. 4. – P. 99:1--99:8.
12. Giachetti, Andrea and Asuni, Nicola. Real-Time Artifact-Free Image Upscaling (англ.) // Trans. Img. Proc.. – 2011. – Vol. 20, no. 10. – P. 2760—2768.
13. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kryvinska, N., Chevardin, V., Smirnov, O. «Wireless Network Encryption Stream Ciphers, Computational Modeling, and Security

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Analysis». *Computational Modeling and Simulation of Advanced Wireless Communication Systems*, 2024, pp. 379–402.

14. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kryvinska, N., Smirnov, O., Imoize, G.L. «Computational Modeling of Enhanced Spread Spectrum Codes for Asynchronous Wireless Communication». *Computational Modeling and Simulation of Advanced Wireless Communication Systems*, 2024, pp. 403–447

15. Смірнова Т.В., Коноплицька-Слободенюк О.К., Буравченко К.О., Смірнов С.А., Кравчук О.В., Козірова Н.Л., Смірнов О.А. «Дослідження технологій забезпечення кібербезпеки хмарних сервісів IaaS, PaaS та SaaS». *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*. 2024. №4(24), С. 6-27.

16. Батрак О., Смірнова Т., Гнатюк В., Одарченко Р., Смірнов О. «Дослідження показників ефективності функціонування та перспектив розвитку систем IP-телефонії». *Підводні технології*, 2024, № 13, с. 28-35.

17. Al-Mudhafar Aqeel, A.M., Smirnova, T., Buravchenko, K., Smirnov, O. «The method of assessing and improving the user experience of subscribers in software-configured networks based on the use of machine learning». *Advanced Information Systems*, 2023, 7(2), pp. 49-56.

18. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchев, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». *CEUR Workshop Proceedings*, Volume 3530, 2023, pp. 256-265.

19. Smirnov, O., Odarchenko, R., Smirnova, T., Bondar, S., Volosheniuk, D. «Optimal Structure Construction of Private 5G Network for the Needs of Enterprises». *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 2023, 178, pp. 208–223.

20. Аль-Мудхафар Акіл Абдулхуссейн М., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Метод оцінки та підвищення користувальницького досвіду абонентів в програмно-конфігурованих мережах на основі використання машинного навчання». *Сучасні інформаційні системи*, 2023, том 7, № 2, С. 49-56.

21. Smirnov, O., Neskorodieva, T., Fedorov, E., Rudakov, K., Neskorodieva, A. «Method Detection Audit Data Anomalies on Basis Restricted Cauchy Machine» CEUR Workshop Proceedings, Volume 3187, 2022,
22. Smirnov O., Smirnova T., Anas M. Al-Oraiqat, Drieiev O., Polishchuk L., Sheroz Khan, Yassin M. Y. Hasan, Aladdein M. Amro, Hazim S. AlRawashdeh «Method for Determining Treated Metal Surface Quality Using Computer Vision Technology». Sensors (Basel, Switzerland) Volume 22, Issue 16, 6223, 2022.
23. Smirnov O., Kuznetsov A., Kryvinska N., Kiian A., Kuznetsova K. «Full Non-Binary Constant-Weight Codes». SN Computer Science, Vol 2, 337, 2021. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00739-w>
24. Smirnov O., Kuznetsov A., Zhora V., Onikiychuk A., Pieshkova O. «Hiding Messages in Audio Files Using Direct Spread Spectrum». 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2021, Cracow, Poland, 22-25 September 2021. P. 414-418.
25. Smirnov O., Kuznetsov A., Lokotkova I., Kuznetsova T., Florov S., Lebid O. «Using Orthogonal Signals to Hide Information in Images». 4 IEEE International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT) – 2021, Lviv, Ukraine, September 21-25, 2021. P. 255-260.
26. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Potii, O., Poluyanenko, N., Stelnyk, I., Mialkovsky, D. «Combining and filtering functions in the framework of nonlinear-feedback shift register». International Journal of Computing; 2020, Volume 19, Issue 2 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2020. – P. 247-256.
27. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». CEUR Workshop Proceedings. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.
28. Smirnov O., Alimseitova Zh., Adranova A., Akhmetov B., Lakhno V., Zhilkishbayeva G. «Models and algorithms for ensuring functional stability and

cybersecurity of virtual cloud resources». Journal of theoretical and applied information technology Vol.98. No 21, 2020, P. 3334-3346.

29. Smirnov O., Kuznetsov A., Kovalchuk D., Kuznetsova T. «New technique for data hiding in cover images using adaptively generated pseudorandom sequences». CEUR Workshop Proceedings Volume 2654, 2020, Pages 1-14.

30. Smirnov O., Kuznetsov A., Onikiychuk A., Makushenko T., Anisimova O., Arischenko A. «Adaptive pseudo-random sequence generation for spread spectrum image steganography». 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 161-165.

31. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Cherep A., Kanabekova M., Chepurko I. «Testing of code-based pseudorandom number generators for post-quantum application». 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 172-177.

32. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhiienko R., Babenko V., Kuznetsova T., «Representation of Cascade Codes in the Frequency Domain». In: Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 48. Springer, Cham. 2021. pp 557-587.

33. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Polishchuk, Y., Brzhanov, R., Aleksander, M. «Method of fractal traffic generation by a model of generator on the graph». CEUR Workshop Proceedings Volume 2616, 2020, Pages 366-379.

34. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Simakhin, V., Bondar, S., Odarchenko, R. «Managing multifractal properties of the binary sequence generated with the Markov chains», CEUR Workshop Proceedings Volume 2608, 2020, Pages 633-645.

35. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Gorbacheva, L., Babenko, V., «Hiding data in images using a pseudo-random sequence», CEUR Workshop Proceedings Volume 2608, 2020, Pages 646-660.
36. Zhurakovskiy, B., Tsopa, N., Batrak, Y., Odarchenko, R., Smirnova, T «Comparative analysis of modern formats of lossy audio compression». Workshop Proceedings, 2020, 2654, стр. 315-327.
37. Smirnov O. Kuznetsov A., Zaichenko Yu., Pastukhov M., Oleshko O., Kuznetsova K., «Formation of Discrete Signals with Special Correlation Properties». International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019; Odessa; Ukraine; 9-13 September 2019. P.22-28.
38. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kolovanova, I., Kuznetsova, T., «Noise immunity of the algebraic geometric codes». International Journal of Computing; 2019, Volume 18, Issue 4 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2019. – P. 393-407.
39. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Reshetniak, O., Ivko, N., Katkova, T., Kuznetsova, T., «Generators of Pseudorandom Sequence with Multilevel Function of Correlation». 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019 . P.517-522.
40. Smirnov, O., Krasnobayev, V., Yanko, A., Kuznetsova, T. «Methods of nulling numbers in the system of residual classes». CEUR Workshop Proceedings, Vol 2588, P. 90-106, 2019.
41. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Averchev, A., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., «Formation of Pseudorandom Sequences with Special Correlation Properties», 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT -2019/ Lviv, Ukraine, 2-6 July, 2019, P. 395-399.
42. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kavun, S., Babenko, B., Nakisko, O., Kuznetsova, K., «Malware Correlation Monitoring in Computer Networks of Promising

Smart Grids», 2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS), Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 347-352.

43. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., Prokopovych-Tkachenko, D., «Discrete Signals with Special Correlation Properties», CEUR Workshop Proceedings Volume 2353, CEUR Workshop Proceedings 2019, Pages 618-629.

44. Smirnov A.A., Kuznetsov A.A., Danilenko D.A., Berezovsky A., «The statistical analysis of a network traffic for the intrusion detection and prevention systems», Telecommunications and Radio Engineering. – Volume 74, Issue 1. – Begel House Inc. – 2015. – P. 61-78.

45. Smirnov O., Kuznetsov A., Kovalchuk D., Kuznetsova T. «New Technique for Hiding Data in Cover Images Using Adaptively Generated Pseudorandom Sequences». CEUR Workshop Proceedings Volume 2732, 2020, Pages 214-227.

46. Т.В. Смірнова, О.М. Дреєв, О.А. Смірнов «Хмарна інформаційна система оцінювання шорсткості з використанням дискретного частотного аналізу макروفотografій». IV міжнародна науково-практична конференція «Інформаційна безпека та комп'ютерні технології», м. Кропивницький. 15-16 квітня 2021р. – Кропивницький: ЦНТУ. – 2021. – С. 30.

47. О.А. Смірнов, П.С. Усік, «Дослідження перспектив використання технологічних рішень в мережах 5G» у Кібербезпека та інформаційні технології: монографія. – Х. : ТОВ «ДІСА ПЛЮС», 2020.С. 122-135.

48. О.А.Смірнов, Т.В.Смірнова, Л.І. Поліщук, К.О. Буравченко, А.О.Макевнін, «Дослідження хмарних технологій як сервісів», Кібербезпека: освіта, наука, техніка. № 3(7). С. 43-62. 2020.

49. Смірнов О.А., Дреєва Г.М., Дреєв О.М., Смірнова Т.В. «Фрактальний аналіз генератора самоподібного трафіку на основі ланцюга Маркова». Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки. № 2(33). с. 161-172, 2019.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

50. О. Смірнов, Є. Деменко, О. Онікійчук, А. Арищенко, Л. Горбачова, «Формування псевдовипадкових послідовностей для приховування даних в зображеннях» Комп'ютерні науки та кібербезпека. № 4. С. 30-37. 2019.

51. Смірнов О.А., Коноплицька-Слободенюк О.К., Смірнов С.А., Буравченко К.О., Смірнова Т.В. Поліщук Л.І. Проектування комп'ютерних систем та мереж. Навчальний посібник – Кропивницький: вид. Лисенко В.Ф. 2019. – 264 с.

52. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kuznetsova, K. Synthesis of Discrete Signals with Improved Correlation Properties. Монографія: In.: ISCI'2019: Information Security in Critical Infrastructures. Collective monograph. Edited by Ivan D. Gorbenko and Alexandr A. Kuznetsov, ASC Academic Publishing, USA, 2019, pp. 281-299. – ISBN: 978-0-9989826-8-7 (Hardback), ISBN: 978-0-9989826-9-4 (Ebook).

53. Смірнов О.А., Дреєва Г.М. Метод генерування фрактального трафіку за допомогою моделі генератора на графі. Монографія: Інформаційна безпека та інформаційні технології : монографія / за заг. ред. В. С. Пономаренка. – Х. : Вид. Рожко С.Г. 2019. С. 123-139

54. Дреєва Г.М., Смірнов О.А., Дреєв О.М. Метод генерування фрактальноподібної числової послідовності на основі скінченного автомату для моделювання трафіку у мережі. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. № 1(32). с. 173-183, 2019.

55. Смірнов О.А., Кавун С.В., Коваленко О.В., Дреєв О.М. Мережні інформаційні технології. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 159 с.

56. Смірнов О.А., Смірнов С.А. Дідик А.К., Дреєв О.М. Моделі системи нейромережових експертів безпечної маршрутизації у хмарних антивірусних системах. Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". – Випуск 3 (140). – Х.: ХУПС – 2016. – С. 36-39.

57. Смірнов О.А., Кавун С.В., Коваленко О.В., Доренський О.П., Дреєв О.М., Вялкова В.І. Комп'ютерні мережі. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 233 с.

58. Смірнов О.А., Дреєв О.М. Порівняння бітових щільностей при використанні різних методів кодування інформації. Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". – Випуск 2 (118). т.2. – Х.: ХУПС – 2014. – С. 64-67

59. Смірнов О.А., Дреєв О.М. Порівняння бітових щільностей при використанні різних методів кодування інформації. Збірник тез VI міжнародної науково-практичної конференції “Проблеми та перспективи розвитку ІТ-індустрії”. м. Харків. 17-18 квітня 2014р. – Харків: ХНЄУ. – 2014. – С. 240.

60. Смірнов О.А., Коваленко О.В., Кожанова А.С., Лєвошко О.Л., Константинова Л.В. Основи системного програмування. Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ 2013. – 257с.

61. Смірнов О.А., Дреєв О.М., Доренський О.П. «Дослідження впливу ступеня стиснення зображень на оперативність їх доставки у телекомунікаційній системі. Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". – Випуск 8(115). – Х.: ХУПС – 2013. – С. 234-239.

					ВКРБ-123.26.0058.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72