

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 передачі аудіо за допомогою
протоколів Audio over IP”

Виконав здобувач вищої освіти
IV курсу, групи КІ-22-2
ОПП «Комп’ютерна інженерія»
спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія»
_____ Губа В.Д.
«___» _____ 2026 р.

Керівник проекту
кандидат фізико-математичних наук, доцент
_____ Якименко Н.М.
«___» _____ 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

Губі Валерії Дмитрівні

(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи *Програмне забезпечення системи передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP*

2. Керівник роботи *Якименко Наталія Миколаївна, канд. фіз-мат. 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 *16.05.2026 р.*

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи: *Метою роботи є розробка програмного забезпечення системи передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP*

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	16.05.2026 р.	

Дата видачі завдання
« 27 » лютого 2026 р.

Підпис керівника

Якименко Н.М.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« 27 » лютого 2026 р.

Підпис здобувача

Губа В.Д.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Губа В.Д. Програмне забезпечення системи аудіо за допомогою протоколів Audio over IP. 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 передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP.

Метою розробки є програмне забезпечення системи передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP.

Результат роботи – програмна реалізація системи передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP.

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 архітектури IBM PC з ОС Windows 10/11.

Програму розроблено в середовищі Delphi 10.3.

Ключові слова: комп'ютерна інженерія, Audio over IP

ABSTRACT

Guba V.D. Software of the system Audio over IP. 123 Computer Engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi 2026

In this final qualification work on the first (bachelor's) level of higher education the software which is intended for system is developed of the system Audio over IP protocols.

The purpose of the development is the software of the system Audio over IP protocols.

The result of the work is the software implementation of the system Audio over IP protocols.

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

User-friendly user interface is developed. These are instructions for working with software.

The program can be used on an IBM PC with Windows 10/11.

The program was developed in the Delphi 10.3. environment.

Keywords: computer engineering, Audio over IP

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ.....	2
ВСТУП.....	5
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ.....	8
1.1 Призначення системи.....	8
1.2 Область застосування.....	12
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ.....	15
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.....	15
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....	18
2.3 Розгорнута постановка завдання.....	24
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ.....	26
3.1 Опис функціонування системи.....	26
3.2 Розробка структурної схеми.....	33
3.3 Розробка функціональної схеми.....	37
3.4 Розробка діаграми процесів.....	39
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ ТА ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ.....	41
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи.....	41
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....	53
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ.....	56
6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ			
Вим.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	<i>Програмне забезпечення системи передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP</i>	Лім.	Аркуш	Аркушів
<i>Розроб.</i>	Губа В.Д.					Б	1	69
<i>Перев.</i>	Якименко Н.М.							
<i>Н.контр.</i>	Коваленко А.С.					ЦНТУ КІ-22-2		
<i>Затв.</i>	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 ІТУ-Т, 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 пророкуванням

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 встаткування 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. Організовує зв'язок між

- парою 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 дейтаграм користувача. Подібно TCP, використовує для доставки даних протокол IP. На відміну від TCP/IP, передбачає обмін дейтаграмами без підтвердження
- VoIP – Voice over Internet Protocol. Технологія, що дозволяє використовувати IP-мережу для передачі мовної інформації

ВСТУП

Актуальність теми. Від самого старту епохи впровадження комп'ютерів активно розвиваються системи передачі даних (СПД) на базі IP. Забезпечивши максимально швидкий доступ до СПД найпростішим методом (через наземні канали) чи застосувавши безпроводні мережі, оператор забезпечує клієнту і телекомунікаційні послуги – варто просто під'єднати телефонний апарат чи індивідуальну авто мережу (ПАТМ) клієнта через мережу IP до платформи VoIP оператора. Подібні методи актуальні також при облаштуванні корпоративних мереж зв'язку (КМЗ). Спосіб формування корпоративної мережі зв'язку на базі VoIP допускає відхилення від стандартної комутації (тобто від комутації каналів) шляхом застосування ПАТМ і введення IP-PBX (IP-ПАТМ), які є новітньою генерацією систем зв'язку, спрямованим на VoIP . Окрім IP-ПАТМ у КМЗ для підключення трафіку VoIP реально застосувати сервіс операторів зв'язку Hosted IP-PBX (віртуальна IP-ПАТМ) чи ж IP-Centrex (оренда комутаційної ємності). Переважна кількість невеликих компаній мають філії у багатьох районах, містечках, містах. І для встановлення якісного зв'язку з головним офісом, як правило, потрібні досить солідні фінансові вкладення. Цілком логічно, що в наш час робота будь-якої організації (і маленької, і великої) неможлива без Internet та/або внутрішньосистемної обчислювальної мережі. Проте, головною умовою відповідності приміщення для дислокації філії є проведена мережа передавання даних та телефонного зв'язку. Тут виникає питання: чи дійсно є потреба під'єднуватися саме до ТфОП? Іншими словами: чи потрібна значна кількість дорогих телефонних ліній та окрема ПАТМ, яка обслуговується лише локально? У філіях активно використовуються електронна пошта, корпоративні системи електронного документообігу, внутрішні веб-ресурси (Intranet), довідкові системи та бази даних, а також системи обліку комерційно-фінансових потоків і управління ресурсами корпорації. Для їх ефективної роботи необхідно

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

забезпечити надійний доступ до корпоративної мережі через виділені канали або мережі передачі даних із використанням технології VPN. Якщо такий доступ уже організовано, ті самі канали можуть бути використані і для телефонного зв'язку – достатньо забезпечити співпрацю технологій VoIP. Дякуючи VoIP-шлюзам, зараз абсолютно реально створити ефективну корпоративну мережу зв'язку з можливістю конекту з будь-яким співробітником без звернення до телефонної мережі загального користування. У такому випадку абоненти відділів під'єднуються до ПАТМ керівного офісу (яка, зазвичай, уже існує) через абонентські місця, скомпоновані на базі VoIP-шлюзів.

Найважливішою перевагою запровадження технології VoIP у колективних мережах зв'язку є можливість значного зменшення як капітальних, так і операційних збитків. Це досягається завдяки оптимізації витрат, пов'язаних зі створенням інфраструктури зв'язку, зокрема підготовкою приміщень і прокладанням комунікаційних трас, придбанням та встановленням обладнання, будівництвом ліній зв'язку, а також отриманням номерної й портової ємності в операторів зв'язку. Крім того, знижуються витрати на експлуатацію системи, включаючи оплату праці технічного персоналу, сервісне обслуговування сторонніми організаціями, оренду номерних ресурсів і портів, а також оплату телекомунікаційного трафіку.

Основним завданням проєктованої системи є забезпечення економічного та захищеного зв'язку всередині корпорації і між її підрозділами, що можуть бути розташовані на значній відстані один від одного. Запровадження такої системи також створює можливість організації селективного зв'язку. За умови доступності необхідного обладнання та потрібної пропускної здатності каналів зв'язку система може підтримувати відеозв'язок як у режимі двостороннього спілкування, так і у форматі відеоконференцій.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є програмне забезпечення системи передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP.

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

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

- Огляд існуючих систем передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP.
- Дослідження системи передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP.
- Програмна реалізація системи передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми дозволяють успішно вирішувати задачі передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP.

Таким чином, виходячи з вищеперерахованого, програмне забезпечення системи передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1 Призначення системи

Загальновизнано, що раціональна організація інформаційного процесу із впровадженням компонентів виробничої діяльності, таких як нормування та технологічні підходи, сприяє підвищенню продуктивності управлінської роботи. Одним із ключових показників результативності функціонування підприємства являється продуктивність, яка визначається якістю, обсягом та швидкістю опрацювання інформації. У процесі діяльності організація опрацьовує інформацію для створення двох основних продуктів: інформаційних (даних, документів, усних повідомлень) та управлінських рішень, які можуть бути оперативними або стратегічними. Вхідна інформація надходить у різних формах: у вигляді документів із текстовими й числовими даними, усних повідомлень, отриманих телефоном, а також електронних даних, переданих від ЕОМ. Результативна інформація формується у таких самих формах. Виробничий цикл підприємства має можливість змінювати структуру інформації, її поєднання з іншими даними, а також накопичення та зберігання. Найпростіші завдання належать до класу повністю формалізованих (або гарно структурованих) процедур, реалізація яких не створює значних труднощів для виконавців, окрім витраченого часу. Такі завдання легко піддаються стандартизації та програмуванню. До них належать облік та контроль, підготовка документів, їх копіювання та розповсюдження тощо.

Базою вирішення завдань є творчі здібності людини та певні показники її діяльності, такі як обізнаність, професійна підготовка, здібності, інтуїція.

Критерієм ефективності функціонування інформаційних систем є швидкість і своєчасність обробки даних, а також забезпечення високої пропускнуєї спроможності організації при мінімальній кількості збоїв та помилок.

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Отже, в організації існують поточні завдання та виконавці, відповідальні за їх реалізацію. Наступним кроком є визначення необхідних технологічних процесів автоматизації. Оскільки базою стабільного та надійного функціонування будь-якої компанії є система управління, зосередитись варто конкретно на її автоматизації. Базовою складовою системи управління виступає підсистема зв'язку. Як корпоративну мережу зв'язку рекомендується використовувати мережу на базі IP-телефонії. Безперервний прогрес інформаційних технологій та активний технічний процес надзвичайно позитивно впливають на доступність IP-телефонії для клієнтів. На сьогодні використання IP-телефонії є економічно доцільним не лише як спосіб зменшення фінансових витрат на міжміські та міжнародні дзвінки, але й як альтернатива корпоративній АТМ – для створення повноцінної захищеної системи зв'язку в межах корпорації.

Проаналізуємо *основні переваги* IP-телефонії порівняно з традиційною телефонною системою:

- Економічна продуктивність. У системах IP-телефонії передача голосу та даних здійснюється через один і той самий фізичний канал зв'язку. Через це є ймовірність зменшення кількості фізичних ліній у кабельній інфраструктурі. До того ж, зростає ефективність застосування орендованих каналів глобальних мереж. Це також дозволяє суттєво зменшити фінансові витрати на міжміські телефонні переговори між різними підрозділами корпорації.

- Масштабованість і доступність розширення. Технології IP-телефонії дозволяють створювати комунікаційні мережі різного масштабу – від невеликих систем для компаній із кількома десятками співробітників до розгалужених корпоративних мереж, що обслуговують десятки тисяч користувачів. Розширення такої системи не потребує складної модернізації інфраструктури: для підключення нових абонентів зазвичай достатньо встановити додаткові IP-телефони та інтегрувати їх у наявну мережу.

- IP-телефонія ґрунтується на загальноприйнятих міжнародних нормах і протоколах. Завдяки цьому її впровадження та подальше обслуговування є

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

відносно простими. Підприємству не потрібно утримувати окремих спеціалістів із телефонних систем чи користуватися послугами сторонніх сервісних компаній. Навіть велика розподілена мережа може ефективно адмініструватися централізовано одним або кількома системними адміністраторами. Окрім цього, рішення на основі IP-телефонії характеризуються меншою схильністю до технологічного застарівання: із розширенням функцій і сервісів, їх, як правило, можна інтегрувати в уже діючу систему без суттєвої перебудови інфраструктури.

– Збереження вже вкладених інвестицій у телефонну інфраструктуру. Рішення на основі IP-телефонії можуть безперешкодно інтегруватися з наявними автоматичними телефонними станціями та мережами загального користування. Завдяки цьому підприємство має можливість здійснювати модернізацію системи зв'язку поступово, переходячи від традиційної телефонії до IP-рішень поетапно, без необхідності повної заміни існуючого обладнання.

– Гарантія відмовостійкості системи. У мережах IP-телефонії можуть використовуватися ті самі підходи та технології підвищення надійності, що й у традиційних комп'ютерних мережах. Це дозволяє забезпечити стабільну роботу системи навіть у разі виникнення збоїв. Окрім цього, виробники обладнання зазвичай передбачають спеціальні механізми резервування телефонного зв'язку, які дозволяють не втрачати зв'язок у випадках втрати з'єднання між віддаленим підрозділом і центральним вузлом обробки викликів.

– Широкий спектр сучасних телекомунікаційних сервісів. Системи IP-телефонії здатні виконувати всі основні завдання актуальних телефонних пунктів, а також надають доступ до розширених можливостей. До таких належать: голосова пошта, інтегрована обробка голосових і факсових меседжів разом з електронною поштою, інтерактивні голосові меню, інтелектуальні системи керування викликами, а також допуск до корпоративних довідників абонентів. Крім цього, користувачі можуть розробляти власні програмні рішення для IP-телефонії, що дозволяє адаптувати систему відповідно до специфічних потреб і вимог організації.

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

З урахуванням наведених переваг, а також тенденції до поступового зниження вартості телекомунікаційного обладнання і розширення доступності високоякісних каналів передавання даних, можна зробити висновок, що побудову корпоративної системи зв'язку доцільніше здійснювати не на базі традиційної телефонії з використанням АТС, а на основі технологій ІР-телефонії.

К6ПЗ_2026

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.2 Область застосування

Зазвичай корпорація має територіально розподілену структуру: центральний офіс розміщується в одному місті, тоді як дочірні підприємства функціонують у різних регіонах України. На території центрального офісу, як правило, передбачені складські приміщення, де зосереджені основні види продукції, що реалізуються клієнтам. Це дає змогу менеджерам оперативно контролювати наявність товарів на складі, процеси відвантаження та проведення інвентаризації, перебуваючи поруч із офісом. Така організація роботи значно спрощує систему документообігу. Водночас виробничі потужності можуть бути розташовані як в Україні, так і за її межами, при цьому організаційна структура дочірніх підприємств залишається уніфікованою.

Продукція постачається безпосередньо з виробничих підприємств і надалі збувається клієнтам, зацікавленим у відповідних видах товарів. Компанія забезпечує повний логістичний цикл: транспортування товару від місця виготовлення до бази зберігання, її розміщення, зберігання та подальше відвантаження замовникам. Асортимент продукції налічує декілька сотень позицій і має тенденцію до постійного розширення.

Великі корпорації зазвичай здійснюють оптову торгівлю з використанням безготівкових розрахунків. Обслуговуючи потреби роздрібних продавців, оптова компанія має дохід внаслідок торгових націнок на реалізовані товари.

Керівником корпорації є генеральний директор, який відповідає переважно за управлінські та стратегічні рішення. Він здійснює нагляд за роботою всіх підрозділів та контролює рух фінансових потоків компанії.

Регіональний директор очолює підпорядковане дочірнє підприємство.

Придбанням комплектуючих для промислового виробництва - функція відділу постачання. До його обов'язків також входить розшук нових партнерів із більш оптимальними умовами співпраці. Цей підрозділ відповідає за придбання всього асортименту матеріалів та комплектуючих, причому закупівля виконується

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

на основі заявок, підготовлених менеджерами для кожного покупця.

У відділі збуту працюють менеджери, які безпосередньо взаємодіють із клієнтами. Кожен із них веде наявну базу клієнтів компанії та розширює її шляхом залучення нових покупців. Менеджери займаються укладанням договорів, погодженням строків та умов доставки та оплати продукції, а також приймають замовлення від клієнтів.

Бухгалтерія поділяється на три основні підрозділи: головний бухгалтер, відділ виписки та відділ платежів і касових операцій.

Головний бухгалтер несе відповідальність за бухгалтерський облік, формування балансу, проведення різних зустрічних звірок, нарахування податків, а також вирішення питань, що виникають у підпорядкованих йому підрозділах.

Працівники відділу «Платежі» займаються проведенням фінансових операцій через спеціалізовану програму банку, забезпечуючи як відправлення, так і отримання платежів. До його обов'язків входить оплата рахунків постачальникам комплектуючих, перерахування податків, щоденне зарахування коштів від клієнтів на розрахунковий рахунок підприємства, а також здійснення інших фінансових платежів.

Касир займається розподілом готівкових ресурсів підприємства: здійснює виплату заробітної плати, видає гроші на господарські потреби, оформлює кошти на відрядження та виконує інші операції, пов'язані з рухом готівки.

До відділу економічної безпеки входять начальник охорони та системний адміністратор. Начальник охорони відповідає за забезпечення безпеки об'єкта і контроль пропускового режиму, тоді як до функцій системного адміністратора входить захист інформації та підтримка стабільної роботи комп'ютерної системи.

Автоматизована система створена для розв'язання завдань із забезпечення безпечного та захищеного зв'язку всередині корпорації.

Отже, взявши до уваги все перераховане, можна зробити висновки, що програмне забезпечення системи передачі аудіо за допомогою протоколів Audio

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

over IP, є актуальною задачею, яка потребує вирішення у даній випускній кваліфікаційній роботі за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти.

К6ПЗ_2026

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

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

Кодери вихідної інформації та гібридні алгоритми. Багато методів кодування базуються на специфіці людської мови та особливостях будови голосового апарату. Пристрої, що використовують такі технології для обробки та передавання голосу, носять назву кодери вихідної інформації чи вокодери (voice coding).

Тонові та нетонові сигнали в мовленні та кодування LPC. Послідовність звуків здатна утворювати тонову мову, якщо вони мають коливальні зв'язки. У разі відсутності таких коливань виникає нетонова мова, де звук позбавлений чіткого тону, а спектр сигналу майже рівномірний через його шумову природу. Спектр тонових звуків відтворюють, подаючи індивідуально скомпоновану команду збудження на входження цифрового фільтра, габарити якого обумовлюються кількома дійсними коефіцієнтами. У реальних мовних сигналах чітке розділення на тонові й нетонові звуки не завжди реальне, так як нерідко трапляються перехідні варіанти. Це обтяжує розробку алгоритмів кодування, здатних гарантувати найвищу якість мовлення за умов низької швидкості передавання даних. Метод LPC (Linear Prediction Coding — лінійне передбачувальне кодування) ґрунтується на моделюванні голосового тракту за допомогою лінійного фільтра. Алгоритми шифрування форми сигналу застосовують кореляційні контакти між секторами сигналу для реалізації лінійного прогнозування. У синтезі з адаптивним квантуванням це дає змогу набути найвищої якості мовленню за швидкості передачі приблизно 24–32 Кбіт/с. LPC-кодери (вокодери) використовують елементарну схему голосового тракту,

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

що дозволяє функціонувати з найнижчими швидкостями передачі — приблизно 1200–2400 біт/с. Недоліком цього підходу є дещо «синтетичне» звучання відтвореного мовлення, що є компромісом між швидкістю передачі та природністю голосу.

Гібридні алгоритми кодування та методи «аналіз через синтез» (ABS). Гібридні підходи та методи типу ABS (Analysis-by-Synthesis) поєднують переваги двох основних способів кодування, що були розглянуті раніше, з метою формування ефективніших схем передачі даних зі швидкістю 6–16 Кбіт/с. Такі кодери мають особливість: вони не потребують попереднього визначення типу відтворюваного звуку – тонового чи нетонового. Це реально завдяки спеціальним процедурам кодування сигналу похибки, що формується після того, як сигнал збудження пройде через LPC-фільтр. Такий підхід забезпечує високу якість відтворення мовлення навіть при порівняно низькій швидкості передачі даних.

Процесори цифрового опрацювання сигналів, які застосовуються у мовних кодах, складають архітектуру, оптимізовану для виконання операцій, характерних для типових алгоритмів оброблення сигналів. Такі DSP-пристрої зазвичай оснащені кількома обчислювальними блоками, що дає змогу виконувати кілька операцій паралельно в межах одного тактового циклу. Щоб забезпечити безперервне надходження даних до цих блоків, використовують кілька шин передачі даних і багатопортову пам'ять. Для підвищення швидкодії програмну пам'ять і пам'ять даних, як правило, розділяють, а доступ до них організовують через окремі шини. Окрім цього, для DSP-процесорів характерне використання команд розширеної довжини, які включають в складі спеціальні керувальні поля для усіх обчислювальних модулів.

Алгоритми кодування

Насамперед необхідно окреслити основні критерії, на які варто спиратися під час вибору кодека для використання в системах IP-телефонії.

Теперішні вузькосмугові кодеки забезпечують швидкість пересилання відомостей в межах від 1.2 – 64 Кбіт/с. Зрозуміло, що від цього показника

безпосередньо залежить якість відображення мовлення. На основі сучасних технологій отримати якість ТфОП (toll quality) за умов швидкості 5 Кбіт/с досить складно, але існують технології та підходи, які роблять це можливим.

Пригнічення перерв у мовленні (VAD, CNG, DTX). Детектор мовленнєвої активності (VAD) застосовується для визначення періодів, коли абонент дійсно говорить. Механізм переривчастої передачі (DTX) дозволяє кодеку тимчасово припиняти передачу пакетів у проміжках тиші, які були виявлені за допомогою VAD. Водночас генератор комфортного шуму (CNG) формує фоновий шум, що створює відчуття природності під час пауз у розмові.

Вузькосмугові кодеки, як правило, обробляють мовний сигнал окремими блоками, які називаються кадрами (frames). У зв'язку з цим виникає потреба в попередньому аналізі даних, що мають прямий вплив на обчислення в поточному блоці. Формат кадру має важливе значення, тому що мінімально можлива теоретична затримка передавання (алгоритмічна затримка) встановлюється сумою протяжності кадру та обсягом буфера попереднього аналізу. У реальних умовах процесори цифрового опрацювання сигналів, що виконують кодування, мають обмежені обчислювальні ресурси, тому фактична затримка сигналу зазвичай перевищує розрахункову. Крім того, слідом за кожним кадром кодека йде службова інформація у вигляді заголовків протоколів IP (20 байт), UDP (8 байт) і RTP (12 байт). Наприклад, для кодека з тривалістю кадру 30 мс передавання таких кадрів мережею формує додатковий трафік приблизно 10,6 кбіт/с, що часто перевищує швидкість передавання безпосередньо мовних даних у більшості вузькосмугових кодеків.

З цієї причини на практиці часто використовують передавання кількох кадрів у межах одного пакета, причому їх кількість обмежується максимально допустимою затримкою. Зазвичай, один пакет містить до 60 мс мовних даних. Якщо тривалість кадрів менша, виникає потреба об'єднувати більшу їх кількість у спільний пакет, тому затримка визначається не стільки розміром кадру, скільки допустимим обсягом корисного навантаження. Крім того, кодеки з

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

протяжнішими кадрами зазвичай демонструють вищу ефективність, оскільки загальний принцип оброблення сигналів полягає в тому, що чим більший інтервал спостереження сигналу, тим точніше його можна описати або змодельовати.

Втрата пакетів є характерним явищем для IP-мереж. Оскільки в пакетах передаються кадри, сформовані кодеком, їх втрата призводить і до втрати відповідних кадрів. Проте між кількістю втрачених пакетів та кадрів не спостерігається безпосередньої залежності, адже існують методи, що дають змогу зменшити втрати кадрів навіть за наявності втрат пакетів. Зокрема, робоча інформація цілком може розміщуватися між декількома пакетами, що іноді дозволяє відновити втрачені кадри. Проте ефективність таких надлишкових механізмів має обмеження, оскільки втрати в IP-мережах часто відбуваються групами: значно частіше губиться одразу кілька пакетів підряд, ніж поодинокі пакети. І тому елементарні методи плюсування надмірних даних в робочих умовах, не зважаючи на зростання об'єму службових даних, як правило не дають потрібної ефективності. Крім того, використання надлишковості може негативно впливати на затримку відтворення сигналу.

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Embarcadero RAD Studio Delphi 10.3.2 Rio Architect – це надшвидкий інструмент для розробки та оновлення високонавантажених і активно взаємодіючих застосунків із насиченим візуальним інтерфейсом для Windows 10, 11, Mac, мобільних приладів, IoT та інших платформ завдяки мовам Object Pascal і C++. Платформа пропонує широкий набір інструментів для підтримки Windows 10, 11, включаючи нові компоненти VCL, стилі для VCL і FMX, а також сервіси UWP (універсальної платформи Windows), такі як повідомлення, що значно спрощує перенесення застосунків на Windows 10, 11 без втрати користувачів.

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Нова версія RAD Studio дозволяє працювати з великими проектами на більшій кількості платформ завдяки подвоєному об'єму пам'яті в середовищі розробки та збільшеному розміру підтримуваних проектів. Підтримка роботи з кількома моніторами та десятки свіжих функцій середовища для прискорення написання коду роблять процес розробки ще ефективнішим. З RAD Studio 10 фахівці можуть розробляти застосунки у 5 разів оперативніше, ніж за допомогою інших інструментів, а розробка для декількох настільних, мобільних, хмарних платформ і платформ баз даних, беручи до уваги 32- та 64-розрядні версії Windows 10, 11 Mac OS X, iOS і Android, буде ще більш швидкою та зручною.

Оновлення у версії 10.3 Rio:

- Розробка міжплатформених застосунків. Сьогодні близько 80% користувачів інтернету застосовують смартфони для доступу до даних, а також працюють із інформацією на ноутбуках або настільних комп'ютерах. Тому надзвичайно важливо створювати застосунки, які коректно працюють на якому завгодно пристрої.

- У варіантах Professional, Enterprise та Architect RAD Studio 10.3 передбачена підтримка розвитку мобільних застосунків. Розробники пишуть код тільки єдиний раз і компілюють його окремо для кожнісінької платформи, що значно зменшує час і зусилля на засвоєння кількох мов програмування та дозволяє одночасно контролювати цикли розробки.

- Підтримування Android API 26, що забезпечує відповідність потребам Google Play Store для новостворених застосунків з серпня 2018 року та оновлених застосунків, починаючи з листопада 2018 року.

- Інтеграція власних елементів управління Android і стилізованих FMX-елементів в одну форматі для Android, з підтримкою теми матеріального оформлення для версій Android 5.0 і далі.

- Підтримування iOS 12 (32- та 64-розрядна) для створення застосунків не лише для App Store, але і для внутрішньокорпоративного застосування.

- Підтримка Юнікод-смайликів.

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

– Розробляйте програму за власними потребами. З появою двох нових тем налаштовувати інтегроване середовище розробки під свій стиль кодування стало простіше, ніж будь-коли раніше.

– Темний чи світлий варіанти оформлення. Незалежно від того, вночі чи вдень, у RAD Studio можна обрати стиль інтерфейсу, який вам підходить. Доведено, що темна тема зменшує навантаження на очі в умовах слабкого освітлення, допомагаючи ефективніше працювати у малоосвітлений час доби. Перемикатися між темною та світлою темами дуже просто – це можна зробити через меню на панелі інструментів.

– Налаштування середовища розробки під власні потреби. Оновлений інтерфейс інсталятора та менеджера ліцензій надає можливість гнучко налаштувати середовище розробки відповідно до потреб. Можливо обрати лише ті функції та компоненти, які дійсно потрібні для роботи, і не встановлювати зайві. Це зручно як для розробників, що створюють застосунки для різних платформ, так і для тих, хто працює лише з однією.

– Оновлений і зручний інтерфейс унітарного середовища розробки. Оновлений та зручний інтерфейс IDE дає можливість миттєво підбирати потрібні інструменти й функції. Ключове вікно середовища розробки має більш структурований вигляд і підвищену читабельність. Завдяки зміненим кольорам фону легко визначити активну область фокуса клавіатури. Крім того, вкладки редактора стали більшими, що покращує читання тексту та дозволяє швидше редагувати й зберігати програмний код.

– Сучасні Windows-застосунки з використанням VCL Сховище візуальних компонентів (Visual Component Library, VCL) забезпечує зручне та наочне створення користувацького інтерфейсу для Windows-застосунків. У версії 10.3 було впроваджено нові оновлення й удосконалення, які допомагають зробити інтерфейс програм більш сучасним, привабливим і актуальним.

– Покращена підтримка дисплеїв High DPI. У версії 10.3 з'явився новий компонент керування VCL High DPI ImageList, який розширює можливості

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

роботи з екранами високої роздільної здатності. Завдяки цьому розробники можуть створювати нові VCL-застосунки для Windows або модернізувати вже існуючі програми, забезпечуючи коректне відображення зображень з різною роздільною здатністю. Підтримується точне піксельне відтворення графіки в елементах керування, а також у власній графіці інтерфейсу, що потребує масштабованих малюнків для моніторів із різними параметрами роздільної здатності.

– Підтримка технології Per Monitor V2. Ця функція забезпечує коректне масштабування застосунку в середовищі Windows для різних параметрів DPI. Програма здатна автоматично реагувати на зміну масштабу на різних моніторах під час роботи, що гарантує правильне відображення інтерфейсу незалежно від типу екрана або налаштувань масштабування.

– Всебічна підтримка Windows 10, 11 та WinRT API. Середовище розробки пропонує вдосконалену інтеграцію з Windows 10, 11 і API WinRT. До неї входить підтримка важливих інтерфейсів WinRT, а також найновіших можливостей Windows 10, 11. Зокрема, доступні готові компоненти, які дозволяють реалізовувати вбудовані покупки в застосунках і тестування функцій через магазин Windows 10, 11 Store.

– Розгортання сервісно-орієнтованих застосунків за допомогою RAD Server. Використання RAD Server дає змогу розгортати застосунки, побудовані на основі сервісів. У новій версії значно підвищено продуктивність платформи: швидкість виконання базових операцій зросла приблизно в десять разів, що забезпечує більш ефективну та стабільну роботу системи.

– Нові допоміжні компоненти для роботи з JSON. У систему додано нові допоміжні компоненти, призначені для зручної обробки даних у форматі JSON. Вони спрощують створення, читання, редагування та перетворення JSON-структур під час розробки застосунків.

– Покращена підтримка клієнта Ext JS у RAD Server. RAD Server здобув збільшену підтримку для діяльності з клієнтським підрозділом на базі Ext JS. Це

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

дозволяє поєднувати веб-інтерфейс, створений за допомогою JavaScript, із вебслужбами, що функціонують на базі REST-сервера. Крім того, у редакції Architect тепер передбачено ліцензію на використання Ext JS Professional.

– Версії Enterprise з ліцензією RAD Server для одного розгортання. У випусках Enterprise передбачено ліцензію, що дозволяє розгортати RAD Server на одному сервері, забезпечуючи готову платформу для створення та управління сервісно-орієнтованими застосунками.

– Версії Architect з ліцензією на розподілене розгортання RAD Server. Видання Architect містить ліцензію, яка дозволяє організовувати розподілене розгортання RAD Server, забезпечуючи масштабовану інфраструктуру для сервісно-орієнтованих застосунків і роботу з кількома серверами одночасно.

– Оновлення в C++. Підтримка стандарту C++17 для Win32 підвищує продуктивність, оптимізує роботу компілятора та пришвидшує процес написання коду. Крім того, були оновлені бібліотеки RTL та STL, що забезпечує сучасніші й ефективніші можливості програмування.

– Покращена версія STL/Dinkumware 2018 для Win32 і Win64. У новому випуску реалізовано підтримку бібліотеки STL/Dinkumware 2018 для платформ Win32 та Win64, що забезпечує сучасні та ефективні засоби роботи зі стандартними контейнерами та алгоритмами C++.

– Покращене автодоповнення коду. Нове автодоповнення для компілятора працює асинхронно, забезпечуючи більшу швидкість і точність порівняно з попередньою системою C++. Тепер введення тексту не переривається під час обробки підказок, що робить написання коду більш плавним та ефективним.

– Підтримка налагодження оптимізованих збірок. Тепер доступна можливість налагоджувати програми навіть у версіях з оптимізованим компонуванням, що дозволяє відстежувати помилки та аналізувати виконання коду без втрати продуктивності.

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

– Подвоєна швидкість обчислень для Win64. У версії для Win64 математичні операції виконуються вдвічі швидше, що значно підвищує продуктивність обробки числових даних і ефективність виконання обчислювальних завдань.

– Нові додаткові C++-лабораторії в GetIt. У сервісі GetIt з'явилися нові лабораторні проєкти для C++, які дозволяють розширювати практичні навички, експериментувати з кодом і швидко інтегрувати готові приклади у власні застосунки.

– Оновлені та вдосконалені варіанти роботи з базою даних. RAD Studio на сьогодні (включаючи останню версію 12 Athens) повністю підтримує InterBase 2020 та його вбудовані версії (IBToGo/IBLite), які й встановлюються разом із RAD Studio.

– До версій Professional включена ліцензія розробника InterBase, тоді як редакції Enterprise і Architect постачаються з ліцензіями IBToGo 2020. Ця версія ToGo пропонує шифрування даних, оновлені функції роботи з поданнями та просту синхронізацію матеріалів застосунку за підпискою без обмежень на розмір файлу бази даних.

– Розширена та оновлена протекція поширених баз даних. Середовище розробки тепер пропонує покращену роботу з численними СУБД, забезпечуючи надійну інтеграцію й ефективне керування даними.

– Модернізація DataSnap. Удосконалена платформа DataSnap забезпечує більш ефективну роботу з багаторівневими застосунками, прискорює обмін даними між клієнтом і сервером та підвищує надійність і стабільність веб-служб.

– Повністю оптимізований модуль для версії Architect. Отримайте розширені можливості версії Architect завдяки оновленому модулю, що включає ліцензії сімейства Idera, забезпечуючи додаткові інструменти та підвищену функціональність для розробки та управління застосунками.

– Ліцензія Sencha ExtJS Professional. Створюйте сучасний та функціональний веб-інтерфейс, використовуючи JavaScript і ExtJS, завдяки

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

повноцінній ліцензії ExtJS Professional, яка відкриває доступ до всіх можливостей фреймворку.

– Дозвіл на розгортання InterBase ToGo. Інтегруйте надійне сховище даних у свої застосунки за допомогою InterBase ToGo – гнучкої, вбудованої та зашифрованої бази даних, яка забезпечує безпечне зберігання і швидкий доступ до інформації.

– Ліцензія на розподілене розгортання RAD Server. Ця ліцензія дозволяє організувати масштабоване розгортання RAD Server, що робить її ідеальним рішенням для серверних застосунків у архітектурі мікросервісів.

– Ліцензія AquaData Studio. Забезпечує потужні інструменти для глибокого та ефективного аналізу баз даних, дозволяючи швидко отримувати інсайти та оптимізувати роботу з інформацією.

2.3 Розгорнута постановка завдання

Відповідно до технічного завдання на випускню кваліфікаційну роботу за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, реалізації підлягає програмне забезпечення, яке призначено для системи передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP.

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

а) виконати аналіз існуючих систем-аналогів для виявлення їх позитивних і негативних якостей. Результати аналізу взяти до уваги в подальших розробках;

б) підібрати 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, яке дасть можливість реалізувати поставлену технічним завданням задачу. Побудувати блок-схеми алгоритмів програми та підпрограми;

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

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) оформити висновки про виконаний обсяг робіт та отримані результати.

К6ПЗ-2026

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

Структура програмного забезпечення насамперед визначається переліком функцій, які повинна забезпечувати система. У цій роботі передбачено автоматизацію системи управління корпорацією шляхом упровадження ІР-зв'язку. Для корпоративної телекомунікаційної мережі можна виділити такі основні функції:

- забезпечення якісного ІР-зв'язку між відділами корпорації;
- забезпечення диференційованого зв'язку між окремими відділами та структурами;
- підтримка режиму проведення конференц-зв'язку;
- реалізація конференцій у форматі відео;
- створення та ведення бази корпоративних телефонних номерів;
- можливість редагування та оновлення інформації в базі групових номерів.

Проектне програмне забезпечення має забезпечувати виконання всіх перелічених функцій, проте з різним рівнем реалізації. Основною метою структури організації зв'язку в межах корпорації є підвищення оперативності прийняття управлінських рішень, зростання продуктивності праці та зменшення кількості обчислювальних помилок завдяки автоматизації процесів оброблення інформації. Крім того, система повинна сприяти ефективному й безпечному зберіганню даних, а також забезпечувати зручний доступ до необхідної інформації.

Завданням корпоративної системи зв'язку є формування єдиної комунікаційної інфраструктури, яка забезпечує ефективне управління завдяки використанню технологій ІР-телефонії.

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

IP-телефонія — це технологія, яка дозволяє використовувати IP-мережу для організації та проведення міжнародних та міжміських телефонних дзвінків, а також передачі факсимільних повідомлень у реальному часі. Сьогодні існують два основних способи передавання голосових пакетів через IP-мережу: через загальну мережу Інтернет або за допомогою виділених каналів. У першому варіанті пропускна здатність мережі залежить від її завантаженості даними, голосовими пакетами тощо, що призводить до різноманітних затримок під час передавання. Використання виділених каналів, призначених виключно для голосових пакетів, дозволяє забезпечити фіксовану або майже фіксовану швидкість передачі. Виходячи зі структури мережі, реалізованої провайдером IP-телефонії, принцип її роботи виглядає наступним чином (найпоширеніший варіант – дзвінок з апарату на апарат або передача факсу між факсимільними апаратами).

Для здійснення дзвінка необхідно набрати міський номер телефонного шлюзу з будь-якого телефонного апарату чи таксофону, що переводиться у тоновий режим. Дзвінок по цифрових чи аналогових мережах надходить на телефонний шлюз, який рухається до сервера голосових меседжів для відтворення голосових підказок та інформування про залишок коштів на рахунку. Після проведення ідентифікації та автентифікації користувача необхідно ввести шифр країни, міста та потрібний номер телефону. Увесь процес взаємодії з телефонним шлюзом здійснюється через голосовий канал. Після цього телефонний шлюз дає з'єднання з віддаленим шлюзом через виділений канал. Віддалений шлюз у зворотному порядку з'єднується з тим, кому телефонують. Коли з'єднання встановлено, обидва шлюзи починають обмін IP-пакетами, в які упаковується голосовий сигнал.

Апаратне забезпечення. У ролі інтерфейсної плати ISDN застосовуються спеціальні плати для обробки голосу, підключені послідовно через шину SCBus. При роботі з функцією пригнічення відлуння одна плата здатна підтримувати біля 8 ліній, а при застосуванні технології повного усунення ефекту відлуння — до 4 ліній. Зовні телефонний шлюз виконаний у вигляді промислового комп'ютера, який вмонтовано в 19-дюймову стійку. У тій же мережі розміщено

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

голосовий сервер, який відповідає за відтворення голосових підказок та інформування про залишок коштів на рахунку. Сервер являє собою стандартний IBM-сумісний комп'ютер із відповідним програмним забезпеченням.

Програмне забезпечення. Для кодування голосу застосовується стандарт GSM. У IP-мережі голосові дані передаються по протоколу UDP зі швидкістю 13,5 Кбіт/с, що значно знижує затримки при передаванні пакетів. Передача факсимільних повідомлень здійснюється на тій же швидкості, проте з використанням протоколу TCP/IP, який забезпечує гарантовану доставку. Наприклад, при одночасній роботі 30 ліній потрібний канал з пропускнуою здатністю не більше 512 Кбіт/с, з яких лише 405 Кбіт/с використовуються для IP-телефонії. Решту ширини каналу реально використовувати для доступу до Інтернету без погіршення якості голосового зв'язку. Шлюз приєднується до мережі Ethernet, яка, у свою чергу, під'єднана до маршрутизатора. Максимально допустима затримка в каналі складає 400 мс. При більшій затримці використання функцій придушення ефекту відлуння стає неефективним, через що на програмному рівні обробка відлуння здійснюється з буферизацією, за замовчуванням встановленою на 80 мс.

Рівні архітектури IP-телефонії

Архітектуру технології VoIP можна схематично подати у вигляді двох рівнів. Нижній рівень формує базову IP-мережу з маршрутизацією пакетів, тоді як верхній рівень відповідає за відкриту систему управління обслуговуванням викликів.

Нижній рівень представляє собою комбінацію стандартних Інтернет-протоколів: RTP працює поверх протоколу UDP, який, у свою чергу, розташований у стеку TCP/IP над протоколом IP. Ієрархія RTP/UDP/IP фактично виконує роль транспортного механізму для передачі мовного трафіку. У лініях з маршрутизацією пакетів IP для забезпечення надійності передачі завжди передбачені механізми повторної відправки втрачених пакетів. За рекомендаціями ITU-T, затримка передачі на одному курсі не повинна

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

перевищувати 150 мс.

Розглянемо протокол TCP/IP. Transmission Control Protocol/Internet Protocol є промисловим стандартом стеку мережевих протоколів, розробленим для глобальних мереж:

- це завершений і водночас ходовий стандарт, що має багаторічну історію застосування;
- більшість великих мереж передають основний обсяг трафіку саме через TCP/IP;
- забезпечує метод доступу до мережі Internet;
- стек TCP/IP слугує основою для створення корпоративних intranet-мереж, що використовують транспортуючі послуги Internet та гіпертекстову технологію WWW;
- підтримується всіма сучасними операційними системами;
- забезпечує гнучке з'єднання різномірних систем як на рівні транспортних підсистем, так і на рівні прикладних сервісів;
- є масштабованою міжплатформенним середовищем для клієнт-серверних додатків.

Протоколи TCP/IP організовані за чотирирівневою моделлю.

Найнижчий, четвертий рівень, дорівнює фізичному та каналному рівням моделі OSI. На цьому рівні TCP/IP підтримує всі поширені стандарти фізичного та каналного рівнів: для місцевих мереж це Ethernet, Token Ring, FDDI, Fast Ethernet, 100VG-AnyLAN; для глобальних мереж — протоколи точка-точка SLIP і PPP, а також протоколи пакетно-комутованих мереж X.25 та Frame Relay. З появою нових технологій локальних або глобальних мереж вони швидко інтегруються в стек TCP/IP завдяки розробці стандарту, що визначає спосіб інкапсуляції IP-пакетів у відповідні кадри.

Наступний, третій рівень, відповідає за міжмережну взаємодію та здійснює передачу пакетів із застосуванням різних транспортних технологій місцевих мереж, регіональних мереж, спеціалізованих ліній зв'язку тощо. Основним протоколом на цьому мережевому рівні є протокол IP.

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Наступний, другий рівень, вважається основним. На цьому рівні працюють протокол управління передачею TCP та протокол дейтаграм юзера UDP. TCP гарантує надійну доставку повідомлень між лелекими прикладними процесами завдяки встановленню віртуальних з'єднань. UDP, навпаки, передає прикладні пакети у формі дейтаграм, подібно до IP, виконуючи лише функцію посередника між мережним протоколом та різними прикладними процесами.

Верхній, перший рівень називається прикладним. Упродовж багаторічного застосування різними країнами та організаціями стек TCP/IP накопичив значну кількість прикладних протоколів та сервісів. Серед них особливо поширені такі протоколи, як FTP для передачі файлів, Telnet для емуляції терміналу, SMTP для електронної пошти в мережі Internet, а також гіпертекстові послуги доступу до віддалених даних, зокрема WWW, та багато інших.

Основою транспортних механізмів стеку протоколів TCP/IP є протокол міжмережної взаємодії — Internet Protocol (IP). Основні функції протоколу IP включають:

- передача адресної інформації різних типів між мережами у стандартизованому форматі;
- формування та розбір пакетів під час їх передавання між мережами з різною максимально допустимою довжиною пакета.

До складу IP-пакету входять: заголовок, поле даних. Теоретично найбільша довжина поля даних лімітована розміром відповідного поля в заголовку і становить 65 535 байтів. Але при передавання через різні типи мереж довжина пакета визначається з урахуванням максимальної довжини пакета протоколу нижнього рівня, який переносить IP-пакети. Наприклад, для кадрів Ethernet вибирають пакети з найгабаритнішою довжиною 1500 байтів, що вміщуються у поле даних кадру.

Протокол транспортного рівня UDP призначений для передавання даних між прикладними процесами без забезпечення гарантованої доставки, тому його

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

пакети можуть загубитися, повторитися або надійти в іншому порядку, ніж було відправлено.

У протоколах TCP/IP протокол TCP, подібно до UDP, функціонує на транспортному рівні. Його призначення полягає у забезпеченні надійної передачі інформації між прикладними механізмами завдяки встановленню логічного поєднання.

У протоколі TCP для взаємодії з прикладними процедурами застосовуються порти, кожному з яких надається певний номер. Існують стандартні, зарезервовані номери портів (наприклад, 21 використовується службою FTP, а 23 — Telnet), тоді як менш поширені застосунки можуть використовувати довільно вибрані локальні номери.

Розглянемо верхній рівень керування обслуговуванням запитів на встановлення зв'язку. Таке керування передбачає ухвалення рішень щодо напрямку спрямування виклику та способу встановлення з'єднання між абонентами. Основним інструментом цього процесу є телефонні системи сигналізації. Їх розвиток починався із систем, що використовувалися в декадно-крокових АТС, де функції об'єднання, маршрутизації та створення комутованого розмовного каналу реалізовувалися безпосередньо в тих самих шукачах. Згодом принципи сигналізації вдосконалювалися: з'явилися системи сигналізації через виділені сигнальні канали, багаточастотна сигналізація, протоколи загальноканальної сигналізації, а також передавання функцій маршрутизації до спеціалізованих вузлів обробки мережевих послуг.

У мережах із пакетною комутацією ситуація є складнішою. Мережа, що використовує IP-маршрутизацію пакетів, здатна одночасно підтримувати кілька різних протоколів маршрутизації. Одними із найпопулярніших є EIGRP, IS-IS, OSPF, BGP та інші. Аналогічно, для технологій IP-телефонії також створено низку спеціалізованих протоколів.

Найбільш поширеним вважається протокол **SIP (Session Initiation Protocol)**.

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

SIP – текстовий протокол (подібний HTTP), простий та гнучкий, швидко долає NAT та сміливий практично з усім сучасним обладнанням, орієнтований на підвищення інтелектуальності кінцевих пристроїв і шлюзів, а також на підтримку додаткових сервісів для користувачів.

Ще один протокол **MEGACO / H.248**.

Багатофункціональний протокол MEGACO / H.248, розроблений спільно IETF та ITU-T, перевершує попередників своїми можливостями.

Щоб чіткіше зрозуміти відмінності між протоколами, згаданими вище, доцільно розглянути архітектуру мереж, що будуються на їх основі, а також процедури встановлення та завершення з'єднання з використанням цих протоколів.

До основних елементів мережі належать такі пристрої: термінал (Terminal), шлюз (Gateway), воротар або контролер доступу (Gatekeeper), а також пристрій керування конференціями (MCU).

У сценарії формування з'єднання між парою користувачів передбачається, що вони вже мають інформацію про IP-адреси один одного. У типовій ситуації процес складається з більшої кількості етапів, оскільки в процедурі встановлення з'єднання зазвичай також беруть участь такі елементи мережі, як gatekeeper та шлюзи.

Розглянемо покроково цей спрощений варіант сценарію.

1. Фінішний пристрій юзера А ініціює запит на з'єднання, надсилаючи повідомлення SETUP кінцевому пристрою користувача В.

2. Фінішний пристрій користувача В, який приймає виклик, реагує на повідомлення SETUP повідомленням ALERTING, сигналізуючи про готовність прийняти з'єднання та подаючи абоненту сигнал про вхідний виклик.

3. Опісля того, як юзер В приймає виклик, кінцевому пристрою А надсилається меседж CONNECT, яке містить номер TCP-порту для каналу H.245.

4. Фінішні пристрої через канал H.245 обмінюються даними про типи застосовуваних мовленнєвих кодеків та інші функції обладнання, а також

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

повідомляють один одному номери портів RTP, на які слід передавати інформацію.

5. Створюються логічні канали для передачі голосових даних.

6. Голосові дані передаються двосторонньо за допомогою протоколу RTP, при цьому контроль якості та стану передачі здійснюється через RTCP.

Описана процедура сервісу виклику ґрунтується на протоколі H.323 версії 1. У версії 2 протоколу H.323 передбачено можливість передавати інформацію для створення логічних каналів безпосередньо в повідомленні SETUP протоколу H.225.0, без застосування H.245. Такий підхід отримав назву «швидкий старт» (Fast Start) і дозволяє зменшити кількість обмінів даними під час встановлення з'єднання. Окрім організації ключового з'єднання, мережі H.323 підтримують надання другорядних послуг згідно з рекомендаціями ITU H.450.X. Контроль якості техпідтримки здійснюється протоколом RTCP, причому обмін RTCP-інформацією виконується лише між завершальними пристроями, які й беруть участь у виклику.

Другий підхід до організації мереж IP-телефонії базується на застосуванні протоколу SIP (Session Initiation Protocol). SIP є текстово орієнтованим протоколом і входить до складу глобальної мультимедійної архітектури. Ця архітектура також включає протокол бронювання ресурсів (RSVP, RFC 2205), транспортний протокол для передачі даних у реальному часі (RTP, RFC 1889), протокол потокової передачі мультимедіа (RTSP, RFC 2326), протокол відтворення параметрів з'єднання (SDP, RFC 2327) та протокол повідомлень про мультимедіа-сесії (SAP). Проте робота SIP не залежить від використання будь-якого з цих протоколів.

3.2 Розробка структурної схеми

Для встановлення правильності виконання цієї задачі було проведено численні розрахунки та експериментальні дослідження. Особлива увага

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

приділялася цьому процесу, оскільки будь-яка помилка в обчисленнях могла спричинити низку негативних наслідків. Налаштування та перевірка правильності програмних рішень здійснювалися у кілька етапів:

- математична верифікація окремих модулів;
- математична верифікація всієї системи шляхом побудови логічної схеми на основі математичної логіки;
- практична ревізія підпрограм, при якій окремо тестується процедурна логіка кожної підпрограми;
- практичне тестування всієї системи в роботі, при якому до програми вводяться різні дані, а результати на виході порівнюються з очікуваними показниками.

Для підтвердження коректності роботи програми було використано експериментальні файли у різних аудіоформатах, а також проведено бесіди зі спеціалістами у цій галузі.

Мова проектування та роботи з даними у програмі відзначається простотою, а взаємодія користувача з системою мінімально залежить від попереднього вивчення програми. Користувачем програми є особа, яка має базові знання програмування. Під час розробки я прагнула, щоб програма відповідала таким критеріям:

Швидкодія. Програма забезпечує стабільну роботу з максимальною кількістю останніх абонентів одночасно (селективний зв'язок).

Надійна охорона. Гарантувати надійне та безпечне передавання даних через мережу зв'язку.

Економічність. Розроблена система може працювати на будь-якому персональному комп'ютері та застосовувати відносно швидкі алгоритми захисту зв'язку, не потребуючи дорогого обладнання.

Зручність і швидкість. Програма дозволяє оперативно створювати приклади та виклад теоретичного матеріалу для користувача.

Доступ до системних ресурсів. Користувача цікавить лише

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

інформаційне та змістове наповнення системи, а деталі фізичного зберігання даних залишаються непомітними.

Перш ніж розпочати розробку системи, необхідно сформувати уявлення про такі аспекти:

- які складові частини можна виділити в системі;
- отримати розуміння щодо функцій і призначення кожної складової частини;
- з'ясувати, яка саме інформація та якого рівня деталізації необхідна клієнту для кожного компоненту;
- встановити, які процеси передачі та обробки даних реалізуються в кожному фрагменті;
- методи зберігання та обробки аудіоінформації в системі;
- визначити апаратне забезпечення, на якому передбачається реалізація системи;
- методи та принципи функціонування системи;
- визначити, чи потребує система адаптації та налаштування при зміні певних умов.

Для створення програми попередньо були створені функціональна схема, структурні схеми, схема системи керування, схема процесів та блок-схеми алгоритму програми. Розглянемо їх детальніше.

У ході практичної реалізації теоретичних принципів розробки системи, описаних вище, була створена структурна схема системи.

В процесі практичної реалізації теоретичних принципів розробки системи, додатково розглянутих вище, була розроблена структурна схема системи.

Структурна схема розробленої системи зображена на рисунку 3.1. На ній показано структуру.

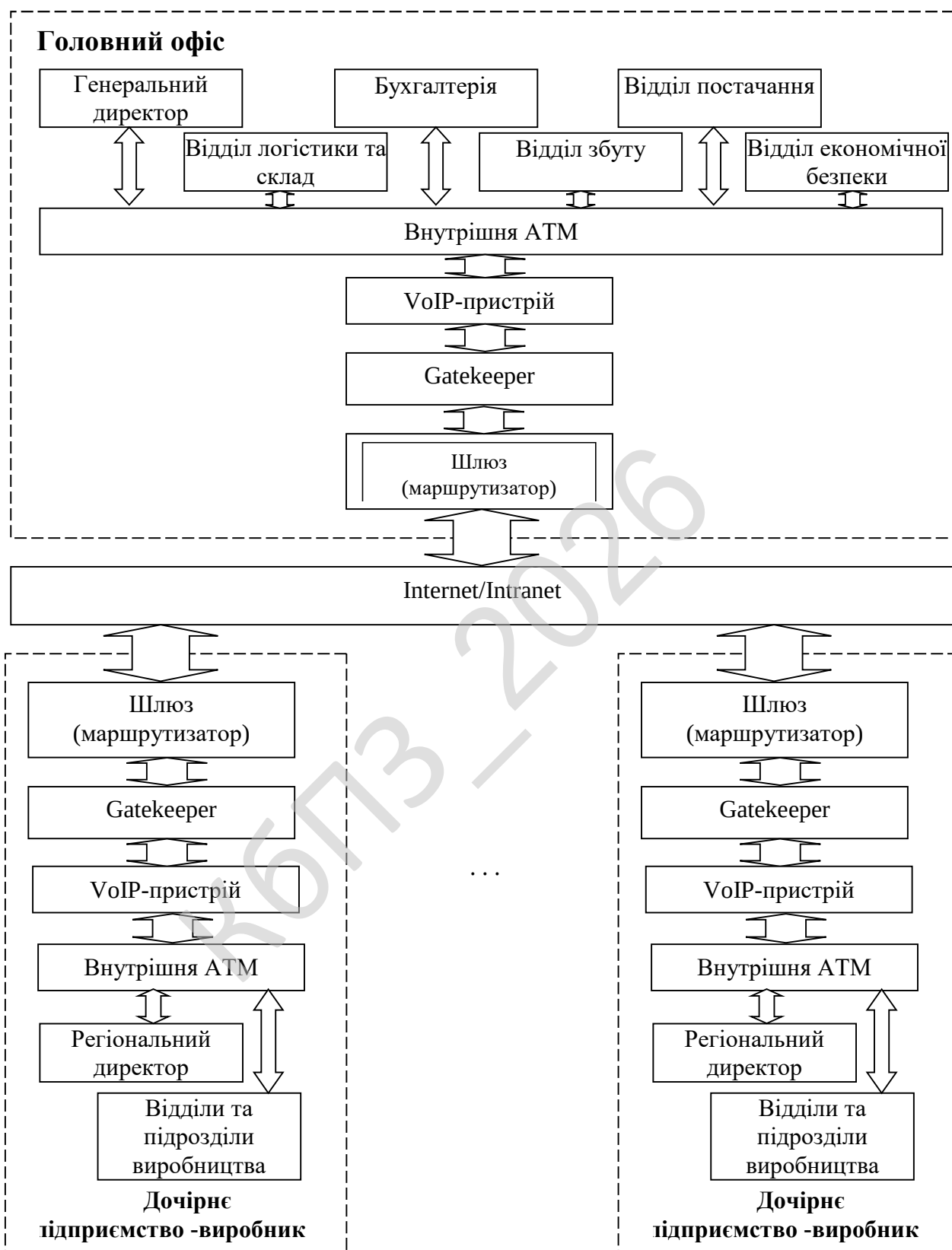


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

Структурна схема дає змогу наочно відобразити ключові компоненти системи та зв'язки між ними. Під час її розроблення основна увага приділялася вже існуючим програмним рішенням і їхнім довідковим модулям. Аналіз рисунка 3.1 дає можливість чітко зрозуміти принцип функціонування програми. Розглядаючи схему зверху вниз – від пристрою до кінцевого програмного продукту – можна побачити, що завдяки внутрішньому пулу доступу, який забезпечує захищені канали зв'язку, такі користувачі, як генеральний директор і підрозділи бухгалтерії, логістики, складу, збуту та економічної безпеки, мають змогу ефективно взаємодіяти з дочірніми виробничими структурами. Ця взаємодія реалізується через внутрішню АТМ-мережу та налагоджену технічну інфраструктуру. Технічна складова обміну даними забезпечується за рахунок використання технології VoIP, воротаря та маршрутизатора, що гарантує стабільність і керованість комунікацій.

3.3 Розробка функціональної схеми

Функціональна схема дозволяє відстежити можливі шляхи передавання сигналів між окремими функціональними блоками системи. При цьому тонка стрілка позначає напрямок руху сигналів між блоками, тоді як товста відображає мережеву взаємодію.

Розглянемо ключові функціональні зв'язки між центральним офісом і дочірніми підприємствами. Із головного офісу, використовуючи ІР-технології, здійснюється комунікація з дочірніми структурами, зокрема з такими абонентами, як регіональний директор і відповідні підрозділи. Система підтримує різні режими зв'язку залежно від кількості учасників, а також забезпечує їх облік за допомогою бази даних.

Функціональна схема розробленої системи зображена на рисунку 3.2.

З рисунку видно, що розроблена система складається з наступних частин:

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

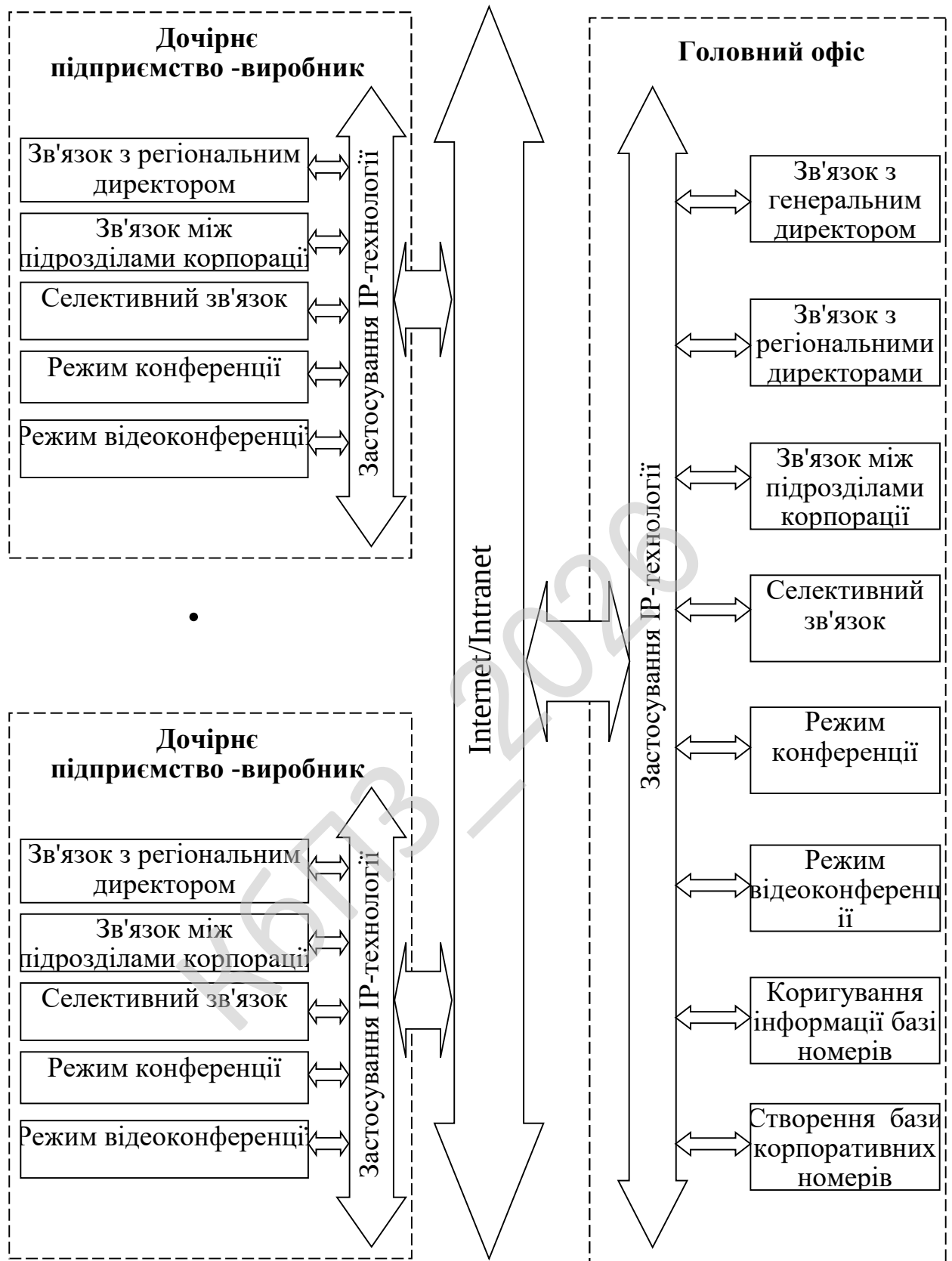


Рисунок 3.2 – Функціональна схема системи

3.4 Розробка діаграми процесів

Одним із вирішальних нюансів в процесі розробки будь-якого програмного продукту являється продумана коаліція структури потоків та процесів у системі. Звернемося до діаграми процесів: вона надає чітке уявлення про принципи функціонування програмного забезпечення та особливості взаємодії його складових у цілому.

Діаграма процесів розробленої системи зображена на рисунку 3.3.

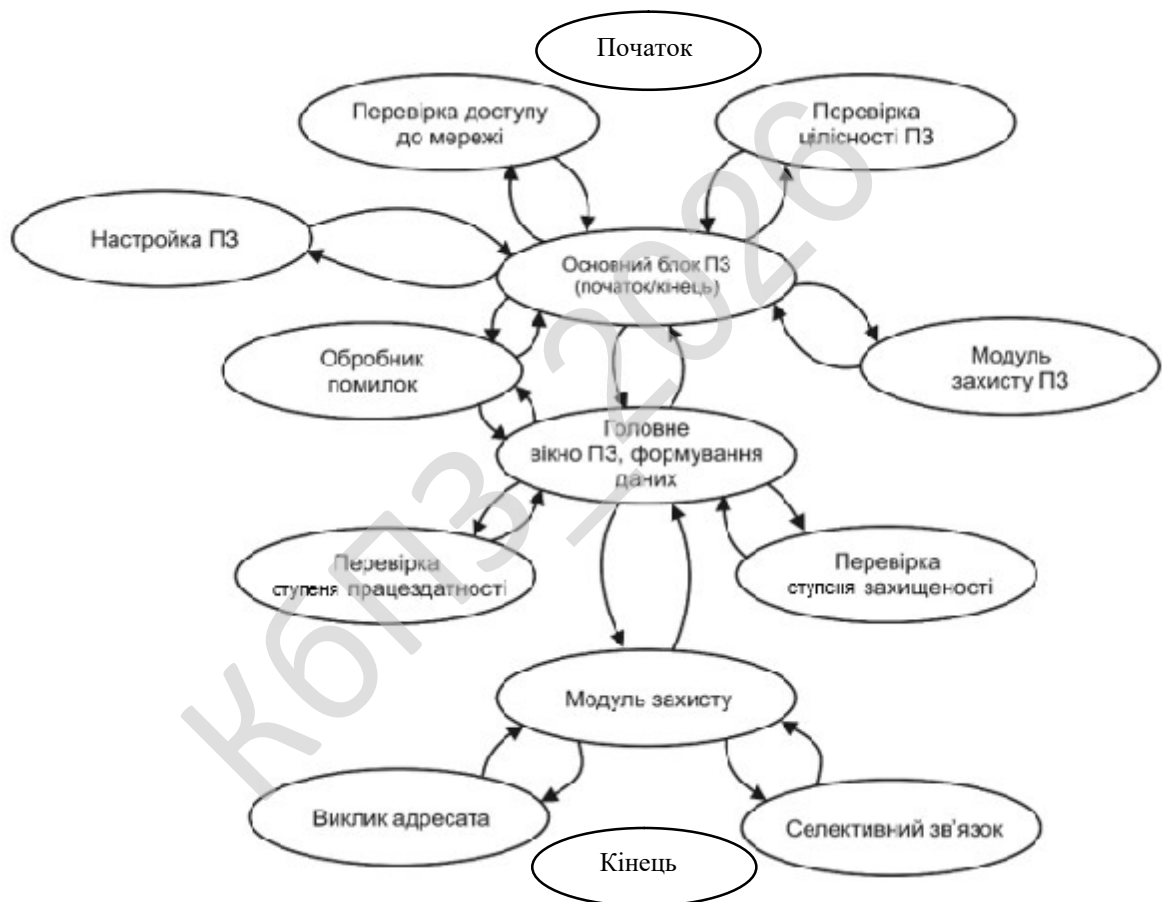


Рисунок 3.3 – Схема взаємодії процесів

Програма починає та завершує свою роботу в початковому елементі діаграми – «Основний блок ПЗ (початок/кінець)», який слугує відправною точкою для аналізу. Рухаючись за напрямками стрілок, можна простежити

загальну логіку взаємодії між блоками та їхню ієрархічну інтеграцію. Особливо помітною є взаємодія основного модуля з базовими функціями, без яких стабільна робота програмного забезпечення є неможливою. Перед встановленням з'єднання з кінцевим користувачем система здійснює перевірку рівня захищеності та працездатності каналу зв'язку, проходить через модуль безпеки, після чого ініціює виклик конкретного абонента або групи абонентів (селективний режим). У випадку виникнення проблем програмне забезпечення залучає механізм обробки похибок, який надає можливість знайти та вирішити проблему.

Отже, проаналізувавши опис системи, структурну та функціональну схеми системи, діаграму взаємобміну процесів логічно перейти до опису блок-схем базової програми, та підпрограм, які застосовуються, для реалізації системи.

К6ПЗ-2026

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

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

4.1 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

Початковим етапом, без якого неможливе створення програмного забезпечення, є розроблення блок-схем. Саме вони формують основу стратегії побудови ПЗ, тому точність і деталізація таких схем безпосередньо впливають на кінцевий результат роботи програми. Обираючи відправну точку для побудови схем, було враховано, що з огляду на вибрану мову програмування та технічні засоби, система матиме об'єктно-модульну архітектуру. Розроблюваний проєкт потребує оптимізації на високому рівні, а також особливої уваги до ключових компонентів: модуля захисту каналів зв'язку з використанням IP-технологій, механізму обробки помилок і аудіомодуля. Кінцевим результатом має стати повноцінний програмний продукт із продуманою ціною політикою та реалізованою системою знижок для користувачів.

На рисунку 4.1 представлено базову блок-схему програмного забезпечення. За детального аналізу видно, що система структурована на кілька ключових блоків або груп блоків, зокрема таких як:

- Блок, що відповідає за початкову ініціалізацію типів даних, констант, змінних, класів, масивів і графічних елементів.
 - Блок, призначений для підключення допоміжних файлів і зовнішніх ресурсів.
 - Блок, що здійснює пошук і зчитування файлів програмного забезпечення.
- У разі їх відсутності ініціюється завершення роботи програми з виведенням відповідного повідомлення користувачу. Локальне сповіщення реалізовано за допомогою функції MessageDlg з набору WinAPI32.
- Блоків налагодження на робочий режим.

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

- Блок, що відповідає за реалізацію підпрограми обміну даними та організацію зв'язку.
- Блок, призначений для коректного завершення роботи програми.

К6ПЗ_2026

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

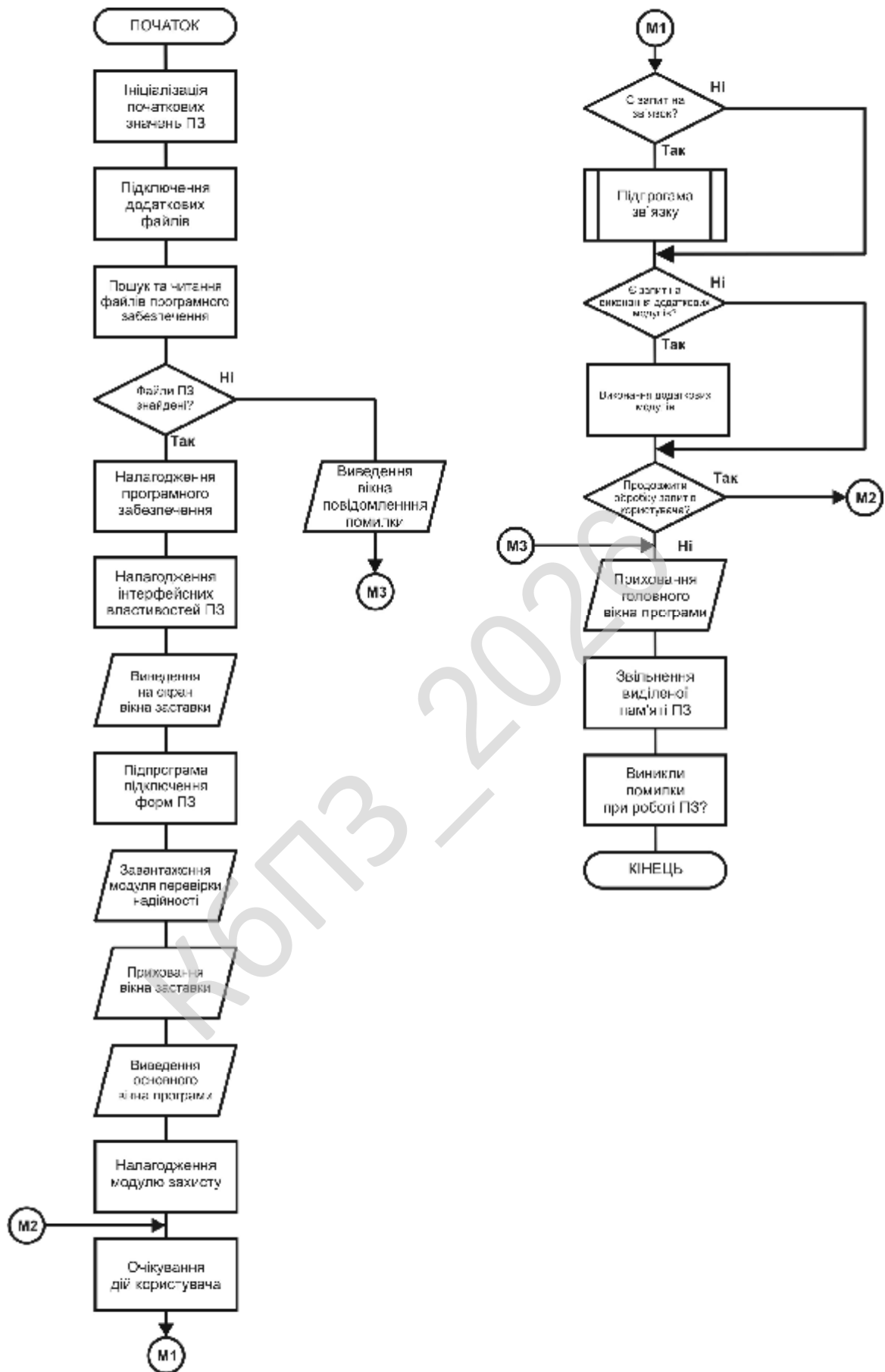


Рисунок 4.1 – Блок-схема програми

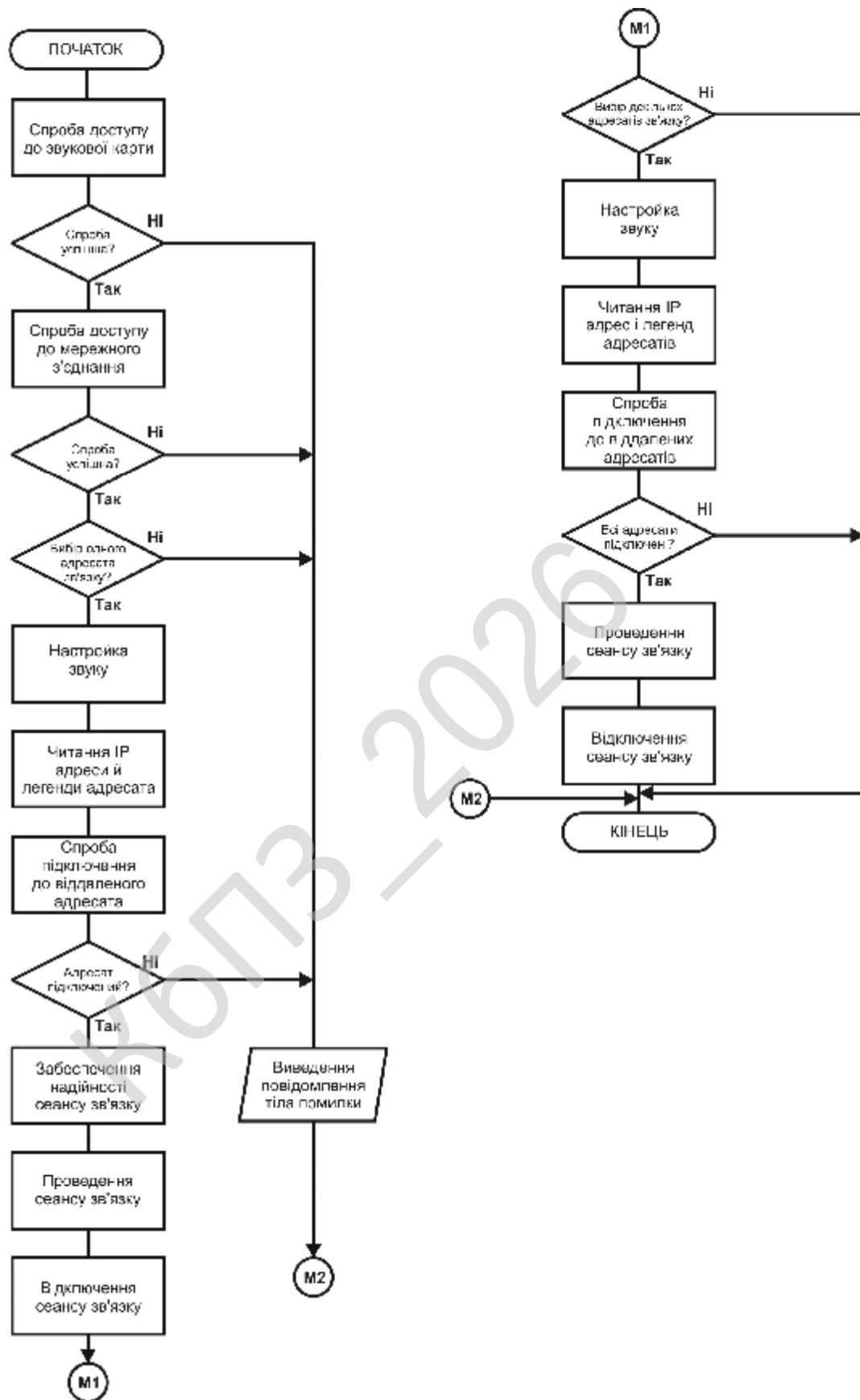


Рисунок 4.2 – Блок-схема підпрограми зв'язку

Блок підпрограми зв'язку, показаний на рисунку 4.2, ілюструє ключовий алгоритм перевірки та функціонування каналу зв'язку.

У цьому блоці, залежно від обраного адресата, здійснюється спроба підключення до мережі (Internet/Intranet), визначається один або кілька адресатів, а також налаштовується та проводиться сеанс зв'язку.

Для передавання голосу через IP-канали, як зазначалося вище, необхідно трансформувати аналоговий потік у цифровий, тобто перевести безперервний сигнал у дискретний. При цьому навіть на перший погляд принципово різні сигнали – безперервні та дискретизовані – мають численні спільні властивості і перебувають у жорсткій функціональній залежності, визначеній теоремою дискретизації, відомою також як теорема Котельникова.

Реальний безперебійний сигнал має спектр, в якому більшість енергії сконцентрована в певній обмеженій лінії частот. Це пояснюється тим, що пристрої для формування та перетворення повідомлень і сигналів, включаючи канали зв'язку, мають обмежену смугу пропускання. Властивість часу з обмеженим спектром абсолютно визначається її моментальними значеннями, вимірними через певні відрізки часу:

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

де F_m - максимально висока частота спектру сигналу.

Це положення становить суть теореми Котельникова.

Теорема дискретизації, тобто теорема Котельникова або теорема Уїттекера, формулюється наступним чином: безперервна функція $X(t)$ з обмеженим спектром, тобто така, що її спектр не містить

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

складові з частотами за межами смуги $f \in (-F_m, F_m)$, які повністю визначаються послідовністю її значень у дискретні моменти часу $X(t)X(t)X(t)$, взяті з кроком $\Delta t < 1/F_m$. Іншими словами, безперервна детермінована функція часу $X(t)$ з

обмеженим спектром може бути представлена у вигляді ряду по ортогональних часових функціях:

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

з коефіцієнтами, які дорівнюють значенням функції $X(i\Delta t)$. Такий розклад, відомий як ряд Котельникова, записується у вигляді: $X(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} X(i\Delta t)\Psi_i(t)$.

Властивості функції відрахувань проявляються таким чином:

1. Вона рівняється 1 при $t = i\Delta t$ і дорівнює 0 у всіх других точках $t = j\Delta t$; $j \neq i$
2. Спектр у неї однаковий в межах лінії частот від $-F_{\min}$ до $F_{\max}$ але дорівнює 0 за межами цієї смуги.
3. Вона характеризується ортогональністю:

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

Якщо функцію $f(t)$ з обмеженим спектром аналізувати на кінцевому проміжку часу T , кількість переданих дискрет визначається співвідношенням $T/\Delta t = 2F_m T$. Параметр $F_m T$ отримав назву бази сигналу.

Доведення наведеної теореми базується на прямій відповідності між сигналами та їхніми спектрами. Інакше, однаковість сигналів передбачає однаковість їхніх спектрів, і протилежно – якщо спектри двох сигналів співпадають, то й самі сигнали теж збігаються.

Технологічний процес включає два ключові етапи: збір та обробку даних за IP-адресами з подальшим формуванням відповідної легенди, а також безпосередню роботу програми в режимі IP-телефонії та селективного зв'язку. Ці етапи можуть реалізуватися у будь-який час і охоплюють операції введення, з'єднання та інші дії, що здійснюються програмно відповідно до єдиної алгоритмічної схеми. Програму сформовано в середовищі Delphi. Робота з нею

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

стартує з відображення інформаційного вікна та активації системи меню і реалізується у діалоговому та подійному режимах. Під діалогом розуміють надання користувачу кількох альтернатив з подальшою обробкою його вибору. Діалогова система містить головне меню з відповідними спливаючими підменю та спеціальні діалогові вікна. Подіями вважаються як дії користувача (наприклад, натискання функціональних клавіш), так і програмні події, такі як з'єднання через IP-технологію.

Програма включає такі ключові модулі.

Головна процедура включає налаштування робочого середовища, формування основного вікна програми, створення системи головного меню з відповідними підменю та їх активацію.

Процедура роботи з головним меню передбачає запуск відповідної функції. Процедура введення даних відповідає за внесення інформації у бази даних IP-адрес та пов'язаних легенд, контролює допустимість введених значень та забезпечує можливість вибору даних зі списку.

Факультативні процедури та функції забезпечують обробку запитів і повідомлень, формування списків для вибору IP-адрес і легенд, а також контроль правильності введених даних.

Усі модулі програми взаємопов'язані через дані, що надходять на вхід та формуються на виході. Дані в модулі отримуються через взаємодію з користувачем, а також через параметри й документи інформаційної бази. Обмін інформацією між модулями здійснюється виключно через збережені документи.

Дані можуть надходити через діалог як прямим, так і непрямым способом. Прямий спосіб передбачає введення інформації за шаблоном або за конкретними запитомі реквізитів. Непрямий спосіб реалізується через меню логічних альтернативних запитів, наприклад «так» або «ні». У цьому випадку дані, що потрапляють у модуль, визначені алгоритмом заздалегідь, проте зовні вони відображаються як відомі користувачу фрази.

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Параметри (мова) – це вхідні дані, представлені конкретними значеннями, що передаються суміжним модулям (функціям) у оперативній пам'яті.

Перелік первісних даних

Вхідна інформація – усі дані, необхідні для розв'язання завдання, які можуть зберігатися на різних носіях: первинних документах, електронних носіях або в пам'яті персонального комп'ютера. Для розроблюваної в дипломному проекті корпоративної системи зв'язку з використанням ІР-технологій вхідними даними виступають мова або відеоматеріал.

Для передачі мови через телефонну лінію мовну інформацію спочатку перетворюють в аналоговий електросигнал. З розвитком цифрових мереж зв'язку з'явилася потреба кодувати цей аналоговий сигнал у цифрову форму на стороні передавача та декодувати його назад в аналоговий формат на стороні приймача.

Процес трансформації аналогового звукового сигналу в цифрову форму називається – аналіз (інакше цифрове кодування мови), тоді як зворотне відтворення аналогового сигналу здійснюється шляхом синтезу або декодування мови.

Мета кожної схеми кодування полягає в отриманні цифрової послідовності, яка забезпечує мінімальну швидкість передачі та дозволяє декодеру відновити вихідний мовний сигнал із найменшими спотвореннями.

Під час перетворення звукового сигналу у цифровий вид відбуваються два основні процеси: дискретизація, тобто отримання дискретних у часі відліків амплітуди сигналу, та квантування, тобто дискретизація цих відліків за амплітудою. Обидві функції виконують так звані аналого-цифрові перетворювачі (АЦП), які у сучасних АТС встановлюються на платах абонентських комплектів, а при передачі мови через ІР-мережі – у терміналах користувачів (комп'ютерах або ІР-телефонах).

У контексті систем зв'язку процес аналого-цифрового перетворення відомий як імпульсно-кодова модуляція (ІКМ).

Для зменшення необхідної швидкості передавання біт використовують

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

нелінійний (логарифмічний) закон квантування, при якому під квантування підлягає не амплітуда сигналу, а її логарифм. Це дозволяє здійснити «стиск» динамічного діапазону сигналу, а під час відновлення сигналу виконується зворотна операція.

На даний час застосовують два основні типи ІКМ: кодування за m -законом та за A -законом. Завдяки процесу стиску сигнал із амплітудою, що спочатку кодується 12–13 бітами, передається всього 8 бітами. Основна відмінність між цими типами полягає у деталях стиску: кодування за m -законом переважно застосовується для сигналів із малою амплітудою та низьким відношенням сигнал/шум. У Північній Америці прийнято кодування за m -законом, а в Європі – за A -законом, тому при міжнародному зв'язку часто необхідне перетворення між цими законами, за яке відповідає країна, що використовує m -закон. У обох варіантах кожен відлік закодовується 8 бітами, тобто єдиним байтом, який реально сприймати як окремий звуковий фрагмент. Щоб передати послідовність наведених фрагментів потрібна пропускна здатність каналу 64 Кбіт/с. Оскільки ІКМ – перша стандартна технологія, широко застосована в цифрових системах передачі, саме 64 Кбіт/с встановили як всесвітній стандарт для цифрових мереж усіх видів, забезпечуючи високоякісну передачу мови. Проте така висока якість у системах ІКМ досягнута за рахунок явно надлишкової, з сучасної точки зору, швидкості передачі даних.

Для зменшення надмірності ІКМ та зниження вимог до смуги пропускання цифрова послідовність, отримана в результаті трансформації аналогового мовного сигналу в цифрову форму, підпадає під математичні обробки, які можуть мінімізувати швидкість передавання. Ці зміни «сирого» цифрового потоку у потік мінімальної швидкості називають «стиском» (іноді – кодуванням, при цьому ІКМ розглядають як початкову точку для подальшої обробки даних). Існує багато методів стиснення мовної інформації, які умовно поділяють на три групи: кодування форми сигналу (waveform coding), кодування вихідної інформації (source coding) та гібридне кодування, що поєднує обидва підходи.

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Кодування форми сигналу. Імпульсно-кодова модуляція (ІКМ) сама по собі є базовим прикладом кодування форми сигналу. Проте більш цікаві складні алгоритми, які дають можливість зменшити вимоги до смуги пропускання. Методи кодування форми сигналу ґрунтуються на тому, що між рандомними значеннями кількох упорядкованих відліків існує певна залежність. Це дає змогу з максимальною точністю прогнозувати значення будь-якого відліку на основі кількох попередніх значень.

При розробці алгоритмів кодування зазначена закономірність застосовується парою основних способів. Перший спосіб полягає в адаптації параметрів квантування відносно до характеру даних. У такому варіанті крок квантування змінюється, що дозволяє зменшити число біт, необхідних для кодування відліку, водночас уникнути значного звуження динамічного діапазону кодера. Є алгоритми, які змінюють параметри квантування в межах вимовних складів, інші – на основі статистичного аналізу амплітуди сигналу за короткі проміжки часу. Другий підхід – диференціальне кодування, або лінійне пророкування. Тут замість безпосереднього кодування вхідного сигналу кодується різниця між сигналом і його «передбаченим» значенням, обчисленим на основі двох-трьох попередніх значень. Метод має назву – лінійне пророкування, оскільки ативує лише лінійні функції попередніх значень. Найпростішим прикладом цього підходу є дельта-модуляція (ДМ), в якій кодується лише знак різниці між сусідніми відліками сигналу, тобто лише одним бітовим значенням, забезпечуючи передачу мінімальної інформації про зміну сигналу.

Алгоритм, побудований на зазначених принципах, відомий як алгоритм адаптивної диференціальної імпульсно-кової модуляції (АДІКМ, G.726). Він визначає утворення сигналу похибки пророкування та його подальше адаптивне квантування. Незважаючи на високі характеристики алгоритму, АДІКМ фактично не використовується для передачі мовлення в мережах із пакетною комутацією, оскільки він дуже чутливий до втрат цілих блоків відліків, що виникають при

втраті пакетів. Це порушує синхронізацію між кодером і декодером та призводить до значного погіршення якості відтворення мови навіть при незначній ймовірності втрат.

Перелік вихідних даних

Під час проєктування корпоративної системи зв'язку на основі IP-технологій встановлено, що початковими даними виступають мовні сигнали або відеопотік у точці приймання інформації. На перший погляд може здатися, що найбільш складним завданням для обладнання IP-телефонії є вузькосмугове кодування мови, яке потребує значних обчислювальних ресурсів. Проте це не зовсім так: алгоритми мовного кодування є стандартизованими, добре описаними та широко реалізованими – зокрема, існують ефективні рішення для всіх поширених DSP-платформ. Водночас обладнання IP-телефонії має виконувати низку інших функцій, методи реалізації яких не регламентуються стандартами і можуть суттєво відрізнятися.

На передавальному боці обладнання IP-телефонії функціонує за досить простим принципом: «закодував, передав і більше не обробляє». Натомість на стороні прийому ситуація значно складніша. Пакети даних надходять із мережі з варіативною затримкою, що змінюється випадковим чином. До того ж вони можуть прибувати в іншому порядку, ніж були відправлені, а частина з них узагалі може втрачатися. Приймальна сторона повинна компенсувати всі ці проблеми, формуючи на виході стабільний аудіопотік із правильною тактовою синхронізацією. Вона може створюватися або на основі отриманих даних, або надходити з телефонної мережі загального користування через канали Е1. Узгодження мовних потоків із локальним тактовим сигналом досягається шляхом непомітного для слуху коригування тривалості пауз у відтворюваному сигналі. Крім того, система має підтримувати передачу факсимільних повідомлень у режимі реального часу з автоматичним виявленням сигналів факс-апаратів, а також забезпечувати коректну передачу та відтворення сигналів DTMF на стороні приймача.

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Команди багаточастотного набору (DTMF) являють собою звичайні аудіосигнали, що передаються телефонним каналом. У цифрових телефонних мережах їх передача не викликає труднощів, оскільки кодування за стандартом G.711 не встановлює обмежень щодо типу звукових даних. Це означає, що незалежно від того, чи йдеться про мовлення, модемні сигнали або тонові послідовності, усі вони коректно передаються та відтворюються на стороні приймача.

Вузькосмугові кодеки досягають зменшення бітрейту завдяки використанню особливостей саме мовного сигналу. Через це сигнали DTMF, проходячи крізь такі кодеки, зазнають спотворень і в результаті можуть некоректно або взагалі не розпізнаватися на стороні прийому.

Коли абоненту телефонної мережі загального користування потрібно передати додаткові дані у віддалену систему вже після встановлення з'єднання, важливо гарантувати надійну доставку DTMF-сигналів через IP-телефонію. Якщо взаємодіюча система працює за простим сценарієм «запит–відповідь» і очікує введення, то точний момент і тривалість сигналу не мають вирішального значення. Проте в більш складних випадках, коли користувач повинен, наприклад, натиснути клавішу «#» одразу після відтворення певної інформації, виникає потреба у значно точнішій часовій синхронізації передачі сигналів.

Наявні способи передавання DTMF-сигналів у мережах IP-телефонії.

– Обов'язковий підхід передбачає використання спеціальних повідомлень протоколу H.245, у яких передаються цифрові символи, а також знаки «*» і «#». У цьому випадку застосовується надійне з'єднання TCP, що гарантує збереження інформації без втрат. Водночас через специфіку роботи TCP можливі суттєві затримки під час передачі.

– Нестандартний підхід може застосовуватися в терміналах H.323v2 за умови застосування процедури fastStart і відсутності каналу H.245. У цьому випадку для передавання DTMF-сигналів створюється окрема RTP-сесія, де передаються закодовані значення натиснутих клавіш, а також параметри сигналів

– їх амплітуда і тривалість. За потреби може використовуватися та сама сесія, що й для передачі мовлення, але з іншим типом корисного навантаження. Використання RTP забезпечує синхронізацію сигналів із реальним часом, що є вагомою перевагою цього методу.

Загалом перший підхід вважається більш пріоритетним, однак під час міжнародних з'єднань або при взаємодії з віддаленими системами, де потрібна чітка часова прив'язка введення, може виникнути потреба у використанні другого методу. Водночас шлюзи IP-телефонії повинні обов'язково фільтрувати спотворені DTMF-сигнали, що пройшли через основний голосовий канал. Інакше під час їх подальшого відтворення можливі небажані ефекти, такі як накладання або дублювання сигналів.

На підставі проведеного огляду можливостей обладнання IP-телефонії можна дійти висновку, що, попри наявність стандартизованих алгоритмів кодування мовлення, у розробників залишається значний потенціал для роботи, спрямованої на подальший розвиток і вдосконалення цієї технології.

4.2 Захист розробленого програмного забезпечення

Для захисту спроектованого програмного забезпечення рекомендовано застосовувати алгоритм ММВ, який базується на комбінуванні операцій різних алгебраїчних категорій. ММВ є ітеративним алгоритмом, що включає лінійні операції (XOR та застосування ключа) і одночасне використання чотирьох великих оборотних нелінійних підстановок. Ці підстановки формуються шляхом множення за модулем $2^{32}-1$ із фіксованими множниками. В результаті утворюється алгоритм із 128-бітовим ключем і 128-бітовим блоком даних.

Алгоритм ММВ працює з 32-бітовими підблоками тексту (x_0, x_1, x_2, x_3) та 32-бітовими підблоками ключа (k_0, k_1, k_2, k_3), що значно полегшує його реалізацію на модернових 64-бітових процесорах. Шість разів у процесі обробки застосовується нелінійна функція f , чергуючись з операцією XOR. Всі індексні

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

обчислення виконуються за модулем 4, і операції алгоритму можна записати наступним чином:

$$x_i = x_i \oplus k_i \text{ для } i = 0..3$$

$$f(x_0, x_1, x_2, x_3)$$

$$x_i = x_i \oplus k_{i+1} \text{ для } i = 0..3$$

$$f(x_0, x_1, x_2, x_3)$$

$$x_i = x_i \oplus k_{i+2} \text{ для } i = 0..3$$

$$f(x_0, x_1, x_2, x_3)$$

$$x_i = x_i \oplus k_i \text{ для } i = 0..3$$

$$f(x_0, x_1, x_2, x_3)$$

$$x_i = x_i \oplus k_{i+1} \text{ для } i = 0..3$$

$$f(x_0, x_1, x_2, x_3)$$

$$x_i = x_i \oplus k_{i+2} \text{ для } i = 0..3$$

$$f(x_0, x_1, x_2, x_3)$$

Функція f реалізується в три етапи:

1. $x_i = c_i * x_i$ для $i = 0..3$ (Якщо всі вхідні значення при множенні дорівнюють одиниці, то результат також буде складатися виключно з одиниць).
2. Якщо найменший значущий біт $x_0 = 1$, то $x_0 = x_0 \oplus C$. Якщо найменший значущий байт $x_3 = 0$, то $x_3 = x_3 \oplus C$.
3. $x_i = x_{i-1} \oplus x_i \oplus x_{i+1}$ для $i = 0..3$.

Всі індексні обчислення проводяться за модулем 4. Множення на першому кроці здійснюється за модулем $2^{32}-1$. Особливий випадок алгоритму: якщо другий множник дорівнює $2^{32}-1$, результат також приймає значення $2^{32}-1$. Для роботи алгоритму застосовуються наступні константи:

$$C = 2\text{aaaaaaa}, c_0 = 025\text{f1cdb}, c_1 = 2 * c_0, c_2 = 2^3 * c_0, c_3 = 2^7 * c_0.$$

Константа C є «найпростішою» константою без кругової симетрії, з високою трійковою вагою та нульовим молодшим значущим бітом. Константа c_0 має додаткові унікальні властивості. Константи c_1 , c_2 і c_3 представляють собою

зсунутих варіантів c_0 і використовуються для захисту алгоритму від атак, що експлуатують симетрію.

Розшифрування проводиться у зворотному порядку: етапи 2 і 3 є самими собою інверсними. На першому етапі замість c_i застосовується c_{i-1} . Значення c_{0-1} дорівнює 0dad4694.

К6ПЗ_2026

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

5 МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Програма має простий та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який зображений на рисунку 5.1.

Встановлення програмного забезпечення на комп'ютер виконується шляхом простого копіювання каталогу IP_TEL_NET на жорсткий диск. Нижче подано склад цього каталогу:

- **IpTel.exe** – виконавчий файл програми;
- **abc.ttf** – файл зі шрифтом;

1. Після запуску програми на екрані з'являється вікно завантаження програмного забезпечення разом із відомостями про автора, яке автоматично закривається (рисунок 5.1).

2. Далі слід переконатися в наявності підключення до мережі. Для цього потрібно перевірити, чи встановлена мережева карта в персональному комп'ютері та чи підключений кабель до мережі. Потім слід переглянути системні налаштування мережної карти: відкрити меню **Пуск** → **Налаштування** → **Мережні підключення** → **Властивості мережного підключення** та перевірити параметри, такі як **IP-адреса**, **шлюз**, **маска підмережі** та **використовуваний протокол (TCP/IP)**.

На мережній карті має світитися зелений індикатор, що свідчить про її справність і готовність до роботи в мережі.

3. Далі слід перевірити налаштування файрволу:

- системи дозволу IP-портів;
- привілеї користувача;
- перевірити поточний стан файрволу та переконатися, що на персональному комп'ютері не працюють одночасно кілька файрволів.

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

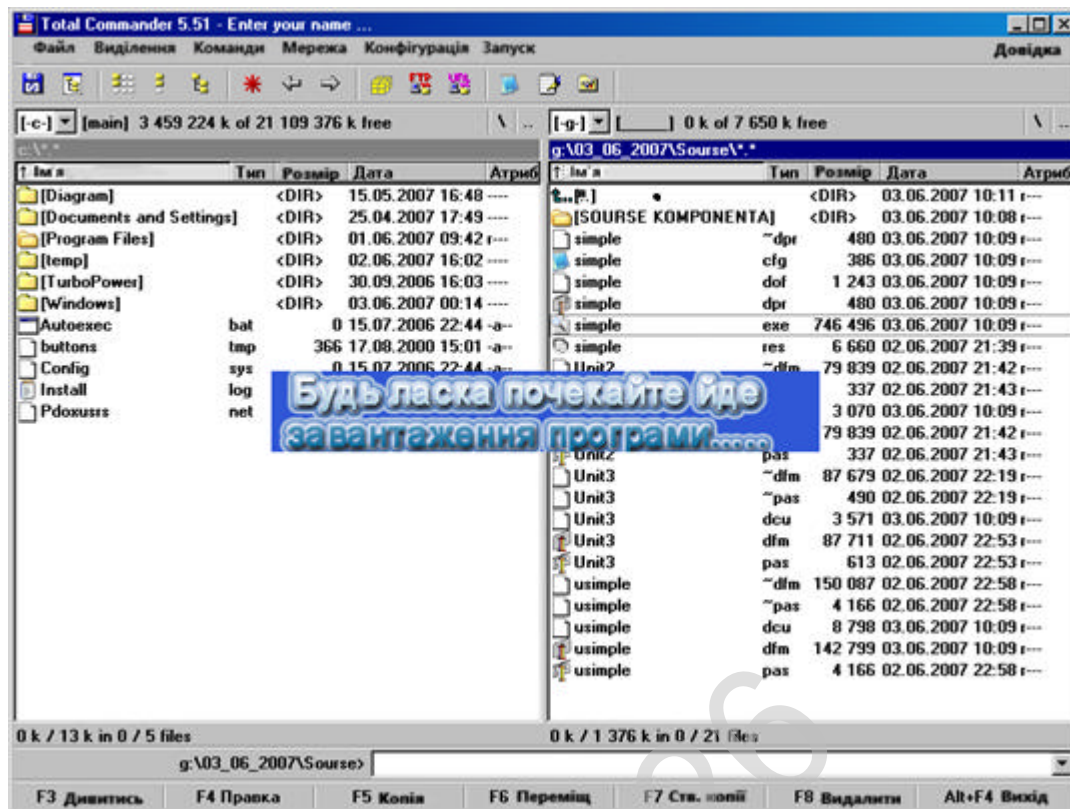


Рисунок 5.1 – Вікно завантаження програмного забезпечення

4. Продивитися систему на зараження вірусами за допомогою антивірусу та фаїрволу або активувати максимальний рівень захисту від шкідливого ПЗ. Антивірусні програми гарантують високий рівень безпеки: виявляють і видаляють усі типи вірусів та троянських програм, блокують шкідливі об'єкти Java/ActiveX і обмежують доступ до небезпечних веб-ресурсів. Захист охоплює всі операційні системи та корпоративні додатки, що використовуються в сучасних мережах, включаючи клієнтські ОС, інтернет-шлюзи, мережеві пристрої для зберігання інформації і ОС мікрокомп'ютерів.

Антивірус установлений для захисту файлових серверів від шкідливого ПЗ. Файлові сервери є однією з найвразливіших складових корпоративної системи: якщо зараження вірусом окремого робочого місця призведе до відмови одного комп'ютера, то ураження файл-сервера може паралізувати роботу всієї структури. До того ж інфікований сервер може залишатися працездатним і одночасно слугувати джерелом вірусів для інших користувачів. Антивірус

встановлюється на сервер і у фоновому режимі перевіряє всі файли, до яких звертаються клієнти. Він підтримує актуальні антивірусні бази та автоматично оновлює їх через Інтернет або локальну мережу. Додатково програма здатна самостійно проводити регулярні перевірки дисків за розкладом, без втручання адміністратора.

Файрвол здійснює контроль всього трафіку на робочій станції, дозволяючи підключатися до комп'ютера лише відомим додаткам та блокуючи шкідливі дані, створені хакерами, вірусним ПЗ, агентами розподілених атак типу «відмова в обслуговуванні», уразливими або несанкціонованими програмами та іншими загрозами, які можуть порушити безпеку даних і працездатність мережі. Мережевий адміністратор може налаштувати файрвол так, щоб його робота була прозорою для користувача – він навіть не помітить наявності брандмауера на своєму комп'ютері.

Антивірусний монітор має здійснювати роботу в режимі фактичного часу, перевіряючи всі файли перед їхнім читанням або записом на наявність вірусів. Такий підхід забезпечує автоматичний захист не лише серверу від клієнтів, а й клієнтів від сервера у разі його зараження. Інфіковані файли автоматично лікуються, видаляються або переміщуються у карантин, після чого адміністратор отримує відповідне повідомлення.

Сканер вірусів можна використовувати для ручної мануальної інспекції дисків на наявність шкідливого ПЗ. Задіявши функції автоматичного розкладу можливо виконувати регулярні перевірки всіх дисків сервера. Такі операції зазвичай плануються на неробочий час для більш ефективного використання ресурсів процесора. Інфіковані файли машинально лікуються, видаляються або переміщуються в карантинну площину, а адміністратор отримує відповідне повідомлення.

Антивірусний щит у фоновому режимі забезпечує безперервну охорону робочого місця від потенційного зараження вірусами. Він перевіряє файли, електронну пошту та веб-джерела безпосередньо під час звернення до них

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

користувачів. У який завгодно час користувач або мережевий адміністратор може ініціювати перевірку локальних або мережних дисків на наявність шкідливого ПЗ. Також можлива автоматична перевірка за заздалегідь встановленим розкладом.

Централізоване управління політикою безпеки дозволяє мережевому адміністратору встановлювати стандартний набір правил для роботи програм і поширювати їх на всю корпоративну мережу або на окремі її сегменти. Це помітно економить термін роботи адміністратора, усуваючи необхідність вручну налаштовувати кожне робоче місце, і категорично виключає ризик зараження вірусами через неправильні налаштування антивірусного ПЗ користувачами.

5. У разі наявності IP-телефону підключіть його відповідно до інструкції користувача, що додається до пристрою.

6. Запустити програмне забезпечення, створене в рамках виконання бакалаврської роботи, на робочих персональних комп'ютерах.

7. Визначити IP-адресу кінцевих пристроїв. Для цього слід виконати такі кроки:

- Зібрати необхідну інформацію у адміністратора локальної мережі.
- Якщо попередній крок виконати неможливо, слід діяти так: відкрийте

Пуск → Налаштування → Мережні підключення, знайдіть ярлик потрібного мережного підключення та клацніть по ньому правою кнопкою мишки. У контекстному меню оберіть **Властивості → Протокол TCP/IP → Вкладка IP-адреса**. Тут буде показано IP-адресу персонального комп'ютера в локальній мережі.

8. Створити базу даних IP-адрес і додати до кожної з них відповідну легенду.

9. Після завершення всіх попередньо описаних дій слід працювати з розробленим програмним забезпеченням відповідно до інструкції користувача.

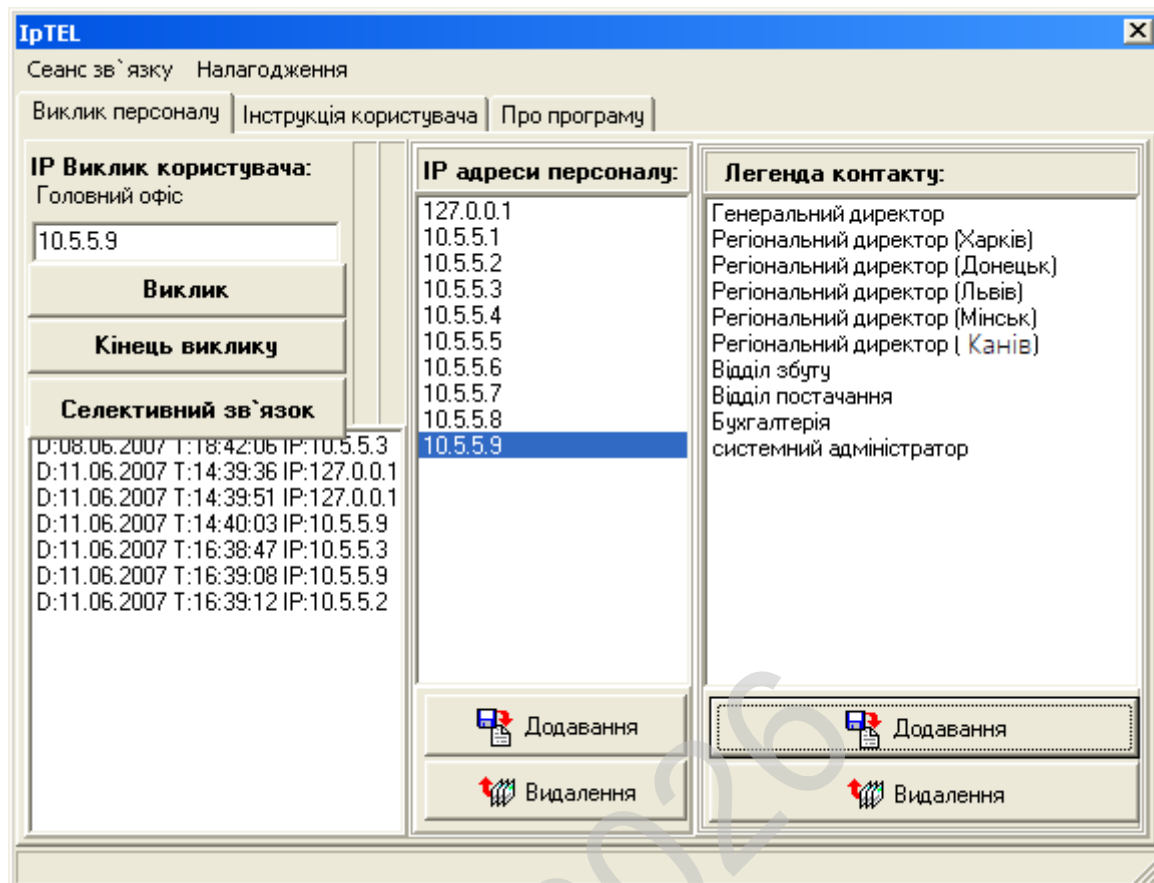


Рисунок 5.2 – Вікно з'єднання з абонентами (головна форма програми)

6 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене в результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти, призначено для системи передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP.

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

Рішення завдання полягало у вирішенні наступних задач:

Був проведений огляд існуючих систем передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP.

Досліджена система передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP.

На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP.

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 Delphi 10.3. Дана мова програмування дозволяє найбільш ефективно обробляти дані призначені для системи передачі аудіо за допомогою протоколів Audio over IP. Це дозволило мінімізувати строк розробки програмного забезпечення, і, як слід, зменшити витрати на його розробку. Запропоноване програмне забезпечення ділиться на

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

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 ММВ.

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.

К6ПЗ-2026

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хорошевська І. & Мартиненко П. (2023). Особливості розроблення мобільного додатку для роботи з відео та аудіо під операційну систему IOS. Вісник Херсонського національного технічного університету. 129-136. 10.35546/kntu2078-4481.2023.3.16.
2. Ісак, Людмила. (2023). Інформаційні технології. Grail of Science. 187-191. 10.36074/grail-of-science.04.08.2023.030
3. Rodrigues, Calvin & Jishnu, E. & Nair, Chandu & Krishnan, M. (2021). A Study on Data Compression Algorithms for Its Efficiency Analysis. 10.1007/978-981-16-3675-2_36.
4. WebRTC: Real-Time Communication in Browsers. W3C. URL: <https://www.w3.org/TR/2025/REC-webrtc-20250313/> (date of access: 22.06.2025 Голь В.Д., Ірха М.С. Системи передачі даних: конспект лекцій. Київ: ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 126 с.
5. Ketshabetswe, Lucia & Adamu, Murtala & Lebekwe, Caspar & Mtengi, Bokani. (2023). Energy-efficient algorithms for lossless data compression schemes in wireless sensor networks. Scientific African. 24. e02008. 10.1016/j.sciaf.2023.e02008.
6. Tarjano, Carlos & Pereira, Valdecy. (2022). An Efficient Algorithm for Segmenting Quasi-Periodic Digital Signals Into Pseudo Cycles: Application in Lossy Audio Compression. IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing. 30. 1694-1703. 10.1109/TASLP.2022.3171969.
7. Dewanti, Reza & Atmaja, Martono & Zakaria, Nanak. (2022). Comparative Analysis of Voice Quality on iLBC and Speex Codecs Server PBX with Voice Comparison Method. Jartel. 12. 145-152. 10.33795/jartel.v12i3.333.
8. Bahatheg, Nadia & Alloqmani, Ahad & Alsaedi, Omimah & Alnanih, Reem & Elrefaei, Lamiaa. (2021). Interactive Learning Tool for Image Compression Using Singular Value Decomposition. 10.1007/978-3-030-73103-8_67.

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

9. Moura, Giovane & Heidemann, John & Hardaker, Wesley & Charnsethikul, Pithayuth & Bulten, Jeroen & Ceron, Joao & Hesselman, Cristian. (2022). Old but Gold: Prospecting TCP to Engineer and Live Monitor DNS Anycast. 10.1007/978-3-030-98785-5_12.

10. Wang, Mingwei & Jing, Tao & Huang, Wenjun. (2022). Research on the Influence of Different Network Environments on the Performance of Unicast and Broadcast in Layer 2 Routing. 10.1007/978-981-16-8656-6_49

11. Togay, Cengiz. (2020). A practical key agreement scheme for videoconferencing. Multimedia Tools and Applications. 79. 10.1007/s11042-020-09136-6.

12. Olutimo, Akinwale & Johnson, Enyenihi & Ekanem, Akpasam. (2022). Development Of Analytical Model For Determination Of Degree Of Urbanisation Parameter Settings Of CCIR Model Based On Hata Model.

13. Cardone, Barbara & Di Martino, Ferdinando & Sessa, Salvatore. (2023). Fuzzy Transform Image Compression in the YUV Space. Computation. 11. 191. 10.3390/computation11100191.

14. A. Sartiukova, O. Markiv, V. Vysotska, I. Shakleina, N. Sokulska, and I. Romanets, "Remote Voice Control of Computer Based on Convolutional Neural Network," 2023 IEEE 12th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), Dortmund, Germany, 2023, pp. 1058–1064, DOI: 10.1109/IDAACS58523.2023.10348808.

15. V. Tymchyshyn, B. Tymchyshyn, A. Melnyk, V. Manzhula, V. Faifura, and I. Romanets, "The System Architecture of the Software for Modeling Harmful Emissions in Soil," 2023 13th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Wrocław, Poland, 2023, pp. 58-62, DOI: 10.1109/ACIT58437.2023.10275416.

16. O. Kochan, O. Osolinskyi, A. Sachenko, V. Kochan, and I. Romanets, "Simulator of Microcontroller's Power Consumption," 2023 IEEE 12th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems:

Technology and Applications (IDAACS), Dortmund, Germany, 2023, pp. 787-792, DOI: 10.1109/IDAACS58523.2023.10348884.

17. M. Dyvak, A. Melnyk, L. Dostalek, V. Ostroverkhov, L. Honchar, and I. Romanets, "Repository of Interval Models of Dynamics of Concentrations of Harmful Emissions of Motor Transport," 2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ruzomberok, Slovakia, 2022, pp. 89-94, DOI: 10.1109/ACIT54803.2022.9913123

18. M. Dyvak, A. Pukas, A. Melnyk, I. Voytyuk, S. Valchyshyn, and I. Romanets, "Software Architecture for Modeling the Interval Static and Dynamic Objects," 2021 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Deggendorf, Germany, 2021, pp. 572-575, DOI: 10.1109/ACIT52158.2021.9548577.

19. 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.

20. Song, Ke-Chen & Zhao, Ying & Huang, Liming & Yan, Yunhui & Meng, Qinggang. (2023). RGB-T image analysis technology and application: A survey. Engineering Applications of Artificial Intelligence. 120. 105919. 10.1016/j.engappai.2023.105919.

21. Wong, Maximilian & Huang, Kenny & Jiang, Jun. (2023). A new digital image shifting method by considering the geometry of camera sensors. Theoretical and Natural Science. 19. 291-298. 10.54254/2753-8818/19/20230602.

22. Hanzi, Liu & Vinu, R.V. & Chen, Ziyang & Liang, Jinyang & Ji-Xiong, Pu. (2024). Compact Snapshot Phase-Shifting Digital Holographic Imaging Systems Using Pixelated Polarization Camera. 10.1007/978-3-031-39062-3_37.

23. Islam, Md & Islam, Orna & Alam, Asraful & Joy, Adil. (2023). A Sound Detector Sensor. 10.13140/RG.2.2.22080.92166

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

24. Nicholls, Chris & Chakravarthy, Kharthik & Tang, Brian & Williams, Benjamin & Bacic, Marko. (2022). On acoustically-modulated jet shear layers and the NyquistShannon sampling theorem. *Physics of Fluids*. 34. 10.1063/5.0118025.

25. Li, Qi & Ding, Yin & Olan, Jorel. (2022). How Audio is Getting its Groove Back: Deep learning is delivering the century-old promise of truly realistic sound reproduction. *IEEE Spectrum*. 59. 46-52. 10.1109/MSPEC.2022.9915633.

26. Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein. *Introduction to Algorithms*. The MIT Press. 2022 1677 p.

27. Will Grant. *101 UX Principles*. Packt Publishing. 2022. 432 p.

28. Nathan Metzler. *Kotlin Programming for Beginners*. Independently published. 2021. 158 p.

29. Henry Lloyd. *Interactive Computer Graphics*. States Academic Press. 2022. 247 p.

30. Ranjan Parekh. *Fundamentals of Image, Audio, and Video Processing Using MATLAB®With Applications to Pattern Recognition*. CRC Press. 2021. 406 p.

31. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kryvinska, N., Chevardin, V., Smirnov, O. «Wireless Network Encryption Stream Ciphers, Computational Modeling, and Security Analysis». *Computational Modeling and Simulation of Advanced Wireless Communication Systems*, 2024, pp. 379–402.

32. Khan, Sadik. (2023). Java Collections Framework and Their Applications in Software Development. 11. 4-10. 10.22214/ijraset.2023.55600.

33. 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.

34. 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.

35. Smirnov, O., Neskorođieva, T., Fedorov, E., Rudakov, K., Neskorođieva, A. «Method Detection Audit Data Anomalies on Basis Restricted Cauchy Machine» CEUR Workshop Proceedings, Volume 3187, 2022.

36. 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>

37. 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.

38. 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.

39. 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.

40. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». CEUR Workshop Proceedings. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.

41. 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.

42. 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.

43. 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.

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

45. 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.

46. 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.

47. 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.

48. 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.

49. 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.

50. 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.

51. 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.

К6ПЗ-2026

					ВКРБ-123.26.0039.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69