

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістр
(ступінь вищої освіти)

на тему **Дослідження принципів побудови корпоративної мережі IP-телефонії на основі гнучкого комутатора**

Виконав: студент б курсу, групи 601ТТ
спеціальності 172 «Телекомунікації та
радіотехніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Горжій Д.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Жученко О.С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

Полтава - 2022 рік

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і
робототехніки
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій
 Ступінь вищої освіти Магістр
 Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автоматики,
 електроніки та телекомунікацій

_____ О.В. Шефер
 “ ____ ” _____ 202_ р.

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Горжію Дмитру Олексійовичу

1. Тема проекту (роботи) **«Дослідження принципів побудови корпоративної мережі IP-телефонії на основі гнучкого комутатора» керівник проекту (роботи) Жученко Олександр Сергійович, канд. техн. наук, доцент, затверджена наказом вищого навчального закладу від “12” 08 2022 року № 544 фа**
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 07.12.2022 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи): схема розташування вузлів комутації пакетів, ресурс для додатків IP телефонії, ресурс для додатків даних.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): аналіз загальної будови корпоративної мережі IP-телефонії. Гнучкий комутатор Softswitch; розробка схеми корпоративної мережі IP-телефонії на основі гнучкого комутатора FreePBX; інсталяція та конфігурування гнучкого комутатора FreePBX, IP-терміналів у мережі на основі віртуальних машин; дослідження процедур керування викликами за допомогою аналізатора протоколів Wireshark; визначення вимог до необхідної пропускну здатності трактів корпоративної мережі (або необхідної продуктивності гнучкого комутатора FreePBX).
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 1) Створення віртуальних машин в ПЗ VirtualBox.
 - 2) Об'єднання віртуальних машин в мережу.
 - 3) Підключення акаунту sipnet у софтіфоні YateClient.
 - 4) Налаштування IP-АТС FreePBX та створення мережі телефонії.

- 5) Створення віртуальних номерів.
 - 6) Перевірка справності віртуальних номерів.
 - 7) Аналіз SIP потоків тестового дзвінка на сервер sipnet за допомогою ПЗ Wireshark.
 - 8) Аналіз SIP потоків телефонної мережі FreePBX.
 - 9) Знаходження пропускну здатності трактів передавання мережі.
6. Дата видачі завдання 01.09.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1	Підготовка матеріалів до оглядово-аналітичної частини дипломної роботи	27.09.2022 р.	Пл. 1,2
2	Розробка розділу оглядово-аналітичного характеру	11.10.2022 р.	Пл. 3,4
3	Розробка розділів спеціальної частини	18.10.2022 р.	Пл. 5,6,7
		10.11.2022 р.	Пл. 8,9,10
4	Підготовка демонстраційного матеріалу, доповіді, подання роботи на рецензію та затвердження	07.12.2022 р.	Пл. 11,12,13

Магістрант _____ Горжій Д.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Жученко О.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	5
ВСТУП.....	7
1. ПОНЯТТЯ КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ ІР-ТЕЛЕФОНІЇ. SOFTSWITCH ТА ЙОГО АРХІТЕКТУРА.....	7
1.1 Корпоративна мережа	9
1.2 Поняття корпоративної мережі ІР-телефонії	10
1.3 Корпоративна мережа ІР-телефонії на базі VoIP-шлюзів.....	11
1.4 Корпоративна мережа ІР-телефонії на базі ІР-АТС.	13
1.5 SoftSwitch	15
1.6 Архітектура SoftSwitch	16
1.7 Приклади SoftSwitch	18
2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ІНСТАЛЯЦІЇ ТА КОНФІГУРУВАННЯ ГНУЧКОГО КОМУТАТОРА FREEPBX У ВІРТУАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ	24
2.1 Програмне забезпечення Oracle VM VirtualBox	24
2.2 Створення та налаштування віртуальних машин	27
2.3 Об'єднання віртуальних машин в мережу в ПЗ VirtualBox.....	36
2.4 Створення мережі телефонії за допомогою ІР-АТС FreePBX.....	41
3. АНАЛІЗ ПОТОКІВ ПРОТОКОЛУ SIP ЗА ДОПОМОГОЮ ПЗ WIRESHARK..	50
3.1 ПЗ Wireshark.	50
3.2 Аналіз потоків тестового дзвінка на сервер Sipnet.....	53
3.3 Аналіз SIP потоків телефонної мережі FreePBX.	57
4. РОЗРАХУНОК ТРАФІКА ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ОБЛАДНАННЯ.....	63
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68
ДОДАТОК А	69
ДОДАТОК Б	83
ДОДАТОК В	90

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

BICC	- bearer independent call control	Протокол незалежного керування викликом від несучого каналу
CAS	- channel associated signaling	Сигналізація по виділеному каналу
CRM	- multifrequency code receiver	Приймач мультичастотного коду
DID	- Direct Inward Dialing	Прямий вхідний набір
DISA	- Direct Inward System Access	Прямий внутрішньосистемний доступ
GNU GPL	- GNU General Public License	Ліцензія на вільне програмне забезпечення
GSM	- Global System for Mobile Communications	Глобальна система мобільного зв'язку
GUI	- graphical user interface	Графічний інтерфейс користувача
IAX	- Inter-Asterisk eXchange protocol	Протокол обміну VoIP даними між IP-PBX Asterisk
ISC	- Internet Systems Consortium license	Дозвільна ліцензія вільного програмного забезпечення опублікована Internet Systems Consortium
ISDN	- Integrated Services Digital Network	Цифрова мережа з інтегрованими послугами
IVR	- Interactive Voice Response	Інтерактивне голосове меню
MGCP	- Media Gateway Control Protocol	Протокол управління медіашлюзами
NGN	- Next Generation Network	Мережа наступного покоління
IP-PBX	- Internet Protocol i Private Branch Exchange	Автоматична телефонна станція на основі протоколу IP

RTCP	- Real-Time Transport Control Protocol	Протокол, що надає застосункам, що працюють за протоколом RTP, механізм реагування на зміни в мережі
RTP	- Real-time Transport Protocol	Протокол передачі даних в режимі реального часу
SIP	- Session Initiation Protocol	Протокол встановлення сесії
SIP-T	- Session Initiation Protocol for Telephones	Протокол встановлення сесії для телефонів
SRTP	- Secure Real-time Transport Protocol	Безпечний протокол передачі даних в реальному часі
TCP	- Transmission Control Protocol	Протокол керування передаванням
TLS	- Transport Layer Security	Протокол захисту транспортного рівня
VoIP	- voice over IP	Передача голосу через IP
VPN	- Virtual Private Network	Віртуальна приватна мережа
XML	- eXtensible Markup Language	Стандарт побудови мов розмітки ієрархічно структурованих даних
XMPP	- eXtensible Messaging and Presence Protocol	Відкритий мережевий протокол для швидкого обміну повідомленнями та інформацією про присутність між користувачами мережі Інтернет
АПК		Апаратно-програмний комплекс
АТС		Автоматична телефонна станція
ТМЗК		Телефонна мережа загального користування

ВСТУП

Актуальність роботи полягає в тому, що IP-телефонія поступово витісняє традиційну телефонію і активно використовується в різних підприємствах. На відміну від аналогових і мобільних засобів зв'язку, IP-телефонія передає голосовий сигнал по бездротовим інтернет-каналам, завдяки цьому спілкування через Всесвітню мережу не потребує прокладання телефонних ліній. Також не потрібно купувати обладнання для офісної АТС. Віртуальна АТС на основі IP-телефонії підтримує ряд корисних функцій, які недоступні звичайному телефону, а ціни на послуги та тарифи значно дешевші ніж у традиційних системах.

Метою даної роботи є дослідження та аналіз загальної будови корпоративної мережі IP-телефонії, її переваг в порівнянні із традиційними системами зв'язку, ознайомлення з поняттям Softswitch, його архітектурою та прикладами. Створення та налаштування віртуальних машин та об'єднання їх в мережу. Побудова корпоративної мережі IP-телефонії на основі IP-АТС FreePBX. Дослідження процедур керування викликами за допомогою аналізатора протоколів Wireshark. Розрахунок трафіка пропускної здатності та продуктивності обладнання.

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є мережа IP-телефонії та методи її побудови за допомогою програмного комутатора, налаштування IP-АТС FreePBX.

Задачі дослідження:

1. Дослідження особливостей IP-телефонії.
2. Дослідження програмного комутатора, його архітектура та приклади SoftSwitch.
3. Створення віртуальних машин та побудова мережі в ПЗ VirtualBox.
4. Дослідження побудови мережі IP-телефонії на основі IP-АТС FreePBX.
5. Дослідження процедур керування викликами за допомогою аналізатора протоколів Wireshark.
6. Розрахунок трафіка пропускної здатності та продуктивності обладнання.

Розглянемо детальніше переваги віртуальної АТС на основі ІР-телефонії.

По-перше, мережі аналогової телефонії вже давно застаріли і не задовільняють потреби корпорацій. Досить гнучка система ІР-телефонії може задовольнити всі потреби у зв'язку та швидкості передачі різних її видів.

По-друге, перевага інтернет телефонії в порівнянні з аналоговою полягає в тому, що з її допомогою можна добре заощаджувати. Як правило, при переході на ІР телефонію витрати сильно скорочуються вже з першого місяця користування.

По-третє, можна легко управляти даними. ІР телефонія дозволяє отримати доступ до будь-яких статистичних даних, а також встановлювати рамки витрачання коштів. Також є можливість встановлення обмежень на вихідне з'єднання з різними абонентами.

І на останок, перевага ІР телефонії полягає в тому, що вона дає можливість оперативно змінювати базу віртуальної АТС: включати або виключати з неї абонентів. Більшість функціональних можливостей реалізується через «хмарні» технології. За допомогою віртуальної АТС, можна побудувати офісну структуру незалежно від масштабів бізнесу.

Дану роботу присвячено дослідженню принципів побудови корпоративної мережі ІР-телефонії на основі гнучкого комутатора. Інтерес до цієї роботи викликає її актуальність, яка полягає в тому, що ІР-телефонія поступово витісняє традиційну телефонію і активно використовується в різних підприємствах. Тому дана робота є актуальною, передбачає розв'язування задач інноваційного, дослідницького характеру.

1. ПОНЯТТЯ КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ IP-ТЕЛЕФОНІЇ. SOFTSWITCH ТА ЙОГО АРХІТЕКТУРА

1.1 Корпоративна мережа

Корпоративна мережа - це мережа, основним призначенням якої є забезпечення роботи конкретного підприємства, якому ця мережа належить. Користувачами мережі компанії є тільки співробітники цієї компанії. На відміну від операторських мереж, корпоративні мережі зазвичай не надають послуг організаціям або зовнішнім користувачам. Залежно від масштабу підприємства, а також складності та різноманіття розв'язуваних завдань розрізняють відомчі, кампусні та корпоративні мережі (термін «підприємство» в цій класифікації набуває вузького значення — велика корпоративна мережа) [1].

Кожна організація являє собою сукупність взаємодіючих елементів (одиниць), кожна з яких може мати власну структуру. Елементи функціонально пов'язані між собою, тобто виконують певні види робіт в рамках одного бізнес-процесу, а також передають інформацію, обмінюються документами, факсами, письмовими та усними розпорядженнями тощо. Крім того, ці елементи взаємодіють із зовнішніми системами, причому їх взаємодія може бути як інформаційною, так і функціональною. Причому така ситуація стосується практично всіх організацій, незалежно від виду діяльності, якою вони займаються – державна установа, банк, промислове підприємство, торгова компанія тощо.

Таке загальне уявлення про організацію дозволяє сформулювати деякі загальні правила побудови корпоративних ІТ-систем, тобто ІТ-систем в масштабі всієї організації.

Корпоративна мережа - це будь-яка мережа, яка працює на основі протоколу TCP/IP і використовує стандарти Інтернет-зв'язку та сервісні програми, які забезпечують доставку даних користувачам мережі. Наприклад, компанія може створити веб-сервер для публікації оголошень, виробничих планів та інших

офіційних документів. Співробітники отримують доступ до необхідних документів за допомогою засобів веб-перегляду.

Веб-сервери корпоративної мережі можуть надавати користувачам послуги, подібні до послуг Інтернету, такі як робота з гіпертекстовими сторінками (містять текст, гіперпосилання, графічні зображення та звукозаписи), надання необхідних ресурсів за запитом клієнтів мережі, а також надання доступу до бази даних. У цьому керівництві всі видавничі послуги називаються «Інтернет-службами» незалежно від того, де вони використовуються (в Інтернеті чи в корпоративній мережі).

Як правило, корпоративна мережа є територіально розосередженою, тобто об'єднує офіси, філії та інші структури, розташовані на значній відстані один від одного. Правила побудови корпоративної мережі істотно відрізняються від правил створення локальної мережі. Це обмеження є фундаментальним при проектуванні [1].

1.2 Поняття корпоративної мережі IP-телефонії

В даний час практично немає організацій, яким не потрібні дзвінки за межі місцевої телефонної мережі. Як мінімум потрібен зв'язок між кількома географічно рознесеними філіями однієї компанії або дзвінки на мобільні телефони співробітників, що є еквівалентом міжміського/міжнародного дзвінка. Тому зниження вартості телефонного зв'язку є актуальним завданням для кожної компанії [2].

Для вирішення проблеми зниження витрат на зв'язок необхідно використовувати мультисервісні мережеві технології, зокрема IP-телефонію. IP-телефонія — це технологія, яка забезпечує передачу голосу через мережі даних, включаючи Інтернет. Завдяки цьому значно скорочуються витрати на зв'язок.

Основними елементами корпоративної IP телефонної мережі є IP АТС і VoIP шлюзи в залежності від можливостей побудови мережі. Шлюз VoIP — це пристрій, який з'єднує телефонні лінії (офісний комутатор, телефон, факс) з одного боку, та

з IP-мережею (наприклад, Інтернетом або корпоративною мережею даних) з іншого. Такі VoIP шлюзи встановлені в кожній філії компанії, завдяки чому всі філії, окрім звичайних телефонних каналів, отримують додаткові канали телефонного зв'язку через IP-мережу [2].

Переваги бізнес IP-телефонної мережі:

- суттєве зниження вартості міжміських та міжнародних розмов;
- можливість практично необмеженого підключення інших ліній;
- єдина система маршрутизації викликів та єдиний план нумерації у відділенні та мережі відділень;
- аудіоконференції з учасниками віддалених філій;
- можливість організації системи єдиної звітності (уніфікованого зв'язку) для всіх співробітників компанії, в тому числі і для тих, хто у відрядженнях;
- можливість використання технологій шифрування, наприклад VPN, для підвищення безпеки телефонних розмов;
- можливість скорочення витрат на побудову мережі передачі даних і телефонної мережі підприємства завдяки інтеграції мереж передачі даних і телефонного зв'язку;
- зниження загальної вартості утримання мережі передачі даних та телефонної мережі підприємства;
- можливість організації одного корпоративного або розподіленого call-центру.

Існує кілька підходів до побудови корпоративних мереж IP-телефонії, які ми розглянемо докладніше.

1.3 Корпоративна мережа IP-телефонії на базі VoIP-шлюзів

Цей варіант найпростіший і найменш функціональний. В цьому випадку в кожному з відділень встановлюється VoIP шлюз, який підключається до вільних

портів офісної АТС, якщо в офісі її немає, або в АТС немає вільних портів, то є окремі пристрої, які підключаються до шлюзу VoIP, та використовуватимуться лише для внутрішніх дзвінків компанії. Таким чином компанія отримує додаткові канали зв'язку через Інтернет, які можуть використовуватися для безкоштовного телефонного зв'язку між філіями компанії. Приклад даного варіанту ми можемо розглянути на Рисунку 1.1

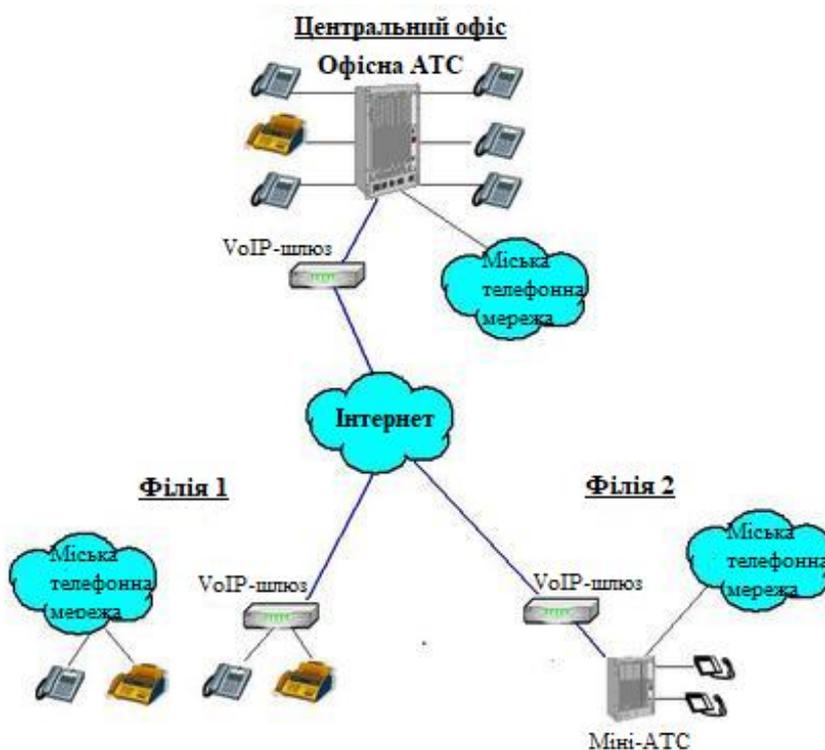


Рисунок 1.1 – Корпоративна мережа IP-телефонії на базі VoIP-шлюзів

Перевагою цього варіанту є низька ціна пристрою.

Недоліки цього варіанту - потрібні вільні порти в офісній АТС, необхідно перепрограмувати офісну АТС, додавання нових відділень (VoIP шлюзів) потребує перепрограмування всіх VoIP шлюзів, немає можливості підключити відділення або віддалених співробітників, які не мають статичну IP-адресу до мережі [2].

1.4 Корпоративна мережа IP-телефонії на базі IP-АТС

Описані вище можливості побудови корпоративної IP-телефонної мережі покликані вирішити проблему зниження вартості телефонних розмов між офісами компанії. Якщо компанія зацікавлена в побудові багатофункціональної системи зв'язку, яка з'єднає всі відділення, необхідно встановити IP АТС. Завдяки встановленню IP АТС вдається не тільки знизити вартість телефонних розмов, але й організувати єдиний простір спілкування для всіх співробітників компанії незалежно від їх місцезнаходження (з єдиним планом нумерації, єдиною системою розмежування прав абонентів і єдиною системою управління).

При такій організації зв'язку повністю виключається традиційний міжміський зв'язок і міжнародний зв'язок (між офісами), що значно скорочує витрати компанії. З іншого боку, працівники відділення зовсім не відчують територіальної дистанції – спілкування між ними відбувається просто шляхом набору внутрішнього номера абонента.

Крім того, саме IP АТС надає користувачеві різні види послуг - широкий набір сервісних функцій, завдяки яким підвищується ефективність роботи співробітників компанії, економиться робочий час, продуктивність і ефективність управлінських рішень значно підвищуються. Приклад даного варіанту ми можемо розглянути на Рисунку 1.2.

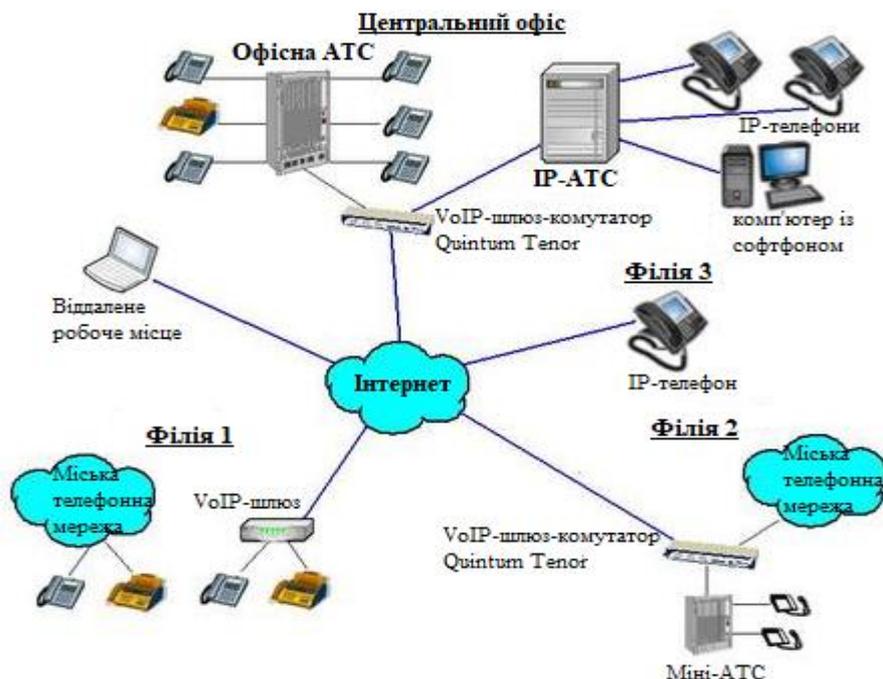


Рисунок 1.2 – Корпоративна мережа ІР-телефонії на базі ІР-АТС

Основні параметри та особливості ІР АТС:

- функції маршрутизації викликів – різні способи розподілу вхідних викликів між абонентами, прямий внутрішній доступ до системи (DISA), прямий набір вхідних викликів (DID), груповий виклик, черга викликів;
- функція управління викликом - утримання виклику, перехоплення виклику, переадресація виклику;
- офісні функції - голосове меню (IVR), контроль відвідуваності, запис розмов, конференц-зв'язок, прослуховування розмов, голосова пошта, електронний факс;
- системні функції - визначення прав користувача, централізоване визначення прав учасників, авторизація користувача з правами підключення, ведення статистики викликів.

Крім того, всі ці можливості доступні всім абонентам ІР-АТС, незалежно від того, в якому офісі вони знаходяться. Також слід зазначити, що ІР- АТС надає можливість необмеженого збільшення кількості абонентів, як в головному офісі,

так і у філіях, а також можливість підключення співробітників, які працюють вдома, до телефонної мережі підприємства.

У цьому варіанті організації мережі корпоративної IP-телефонії в головному офісі встановлюється серверний або програмно-апаратний комплекс IP-АТС, який забезпечує управління дзвінками між усіма учасниками корпоративної мережі. Абоненти можуть підключатися до мережі різними способами: віддалені офіси підключаються через VoIP-шлюз, віддалені робочі місця через IP-телефони або комп'ютери з програмним забезпеченням IP-телефонів (софтфон), мобільні співробітники через смартфони з вбудованим SIP-клієнтом. Таким чином, усі співробітники компанії, які підключені до Інтернету, є учасниками корпоративної мережі IP-телефонії і можуть безкоштовно дзвонити будь-якому іншому учаснику мережі [2].

1.5 SoftSwitch

Софтсвіч (англ. Softswitch — програмний комутатор, також використовується назва «софтсвіч») — гнучкий програмний комутатор, що забезпечує функції телефонного зв'язку, один з основних елементів мережі зв'язку нового покоління NGN. Програмний комутатор використовується для керування мережею NGN і призначений для відділення функцій керування з'єднанням від функцій комутації. Програмний комутатор може працювати з великою кількістю абонентів і взаємодіяти з серверами додатків, підтримуючи відкриті стандарти. Він є носієм інтелектуальних можливостей IP-мереж, координуючи управління обробкою телефонних викликів, сигналізацію та функції, які забезпечують підключення однієї або кількох мереж. Програмний комутатор може бути програмним забезпеченням (звідси слово «soft») на будь-якому сервері чи віртуальній машині, або АРК — спеціальним пристроєм із встановленим програмним забезпеченням, або навіть мережевим кластером серверів чи пристроїв із встановленим програмним забезпеченням, які діють як єдине ціле [3].

У ході розвитку телефонних мереж і мереж передачі даних склалася концепція NGN, яка забезпечує конвергенцію IP-телефонних мереж з ТФОП, ISDN, інтелектуальними мережами, мережами мобільного зв'язку та Інтернетом. Для роботи з усіма мережами та типами сигналізації було розроблено програмний комутатор Softswitch, який став ядром мультисервісної мережі.

Міжнародний консорціум Softswitch ISC (International Softswitch Consortium), пізніше перейменований на IPCC (International Packet Commu), був створений у 1999 році як перша організація, яка займається забезпеченням дотримання стандартів Softswitch і забезпеченням сумісності різних технологій Softswitch. IPCC включала робочі групи, які обговорювали архітектуру, послуги, протоколи та маркетингові питання Softswitch.

Корпорація Lucent Technologies була першим виробником, який продемонстрував Softswitch як комерційний продукт. Це сталося в 2001 році на виставці СеВІТ. Цей Softswitch є багатофункціональною програмованою системою керування, яка дозволяє операторам швидко створювати та розгортати нові служби у своїх мережах IP та АТМ.

Worldcom і Level 3 були першими, хто реалізував розширені програмні зони комутації [3].

1.6 Архітектура SoftSwitch

Відповідно до моделі архітектури Softswitch, розробленої Консорціумом IPCC, доступні чотири рівні функціональності:

- транспортна площина - відповідає за транспортування повідомлень через мережу зв'язку. Включає транспортний домен IP, домен взаємодії та домен доступу відрізнений від IP;
- рівень управління голосовими та сигнальними послугами – керує основними елементами мережі IP-телефонії. Включає драйвер медіашлюзу, агент підключення, гейткіпер;

- сервісно-програмний рівень – здійснює управління послугами в мережі. Містить сервери додатків і сервери ДВО (інші види послуг);
- рівень операційного управління – займається активацією абонентів і послуг, обслуговуванням, виставленням рахунків та іншими операційними завданнями.

Основним завданням Softswitch є координація різних протоколів сигналізації обох мереж одного типу, наприклад, при поєднанні мереж H.323 і SIP, а також коли мережі комутації каналів взаємодіють з мережами IP.

Основними типами сигналізації, які використовуються програмними комутаторами, є сигналізація для керування з'єднанням, сигналізація для різних програмних комутаторів, які взаємодіють один з одним, і сигналізація для керування транспортними воротами. В даний час основними протоколами сигналізації для управління викликами є SIP-T, OKS-7 і H.323. Опціонально використовується базовий протокол доступу ISDN, E-DSS1, протокол абонентського доступу через інтерфейс V5, а також чинна сигналізація виділених каналів сигналізації CAS [3].

Основними протоколами сигналізації для керування транспортним шлюзом є MGCP і Megaco/H.248, а основними протоколами сигналізації для зв'язку між програмними комутаторами є SIP-T і BICC.

Завдяки доступу до різноманітних мереж і програм на базі Softswitch набагато простіше організувати різноманітні види послуг і додаткові види послуг:

- Повний набір сучасних телефонних послуг, таких як інтелектуальна маршрутизація викликів на основі доступності абонента, очікування виклику, тристороння конференція, утримання та переклад виклику, паркування та прослуховування, багатоканальні групи абонентів тощо.
- Призначення прямих міських номерів до будь-якої з ліній, дозвіл або блокування окремих видів вхідного/вихідного зв'язку на них, отримання статистики дзвінків.

- Широкі можливості підключення та відключення послуг на певній телефонній лінії за допомогою кодів активації, набраних з телефону, через веб-інтерфейс, через голосовий портал IVR, через меню телефону.
- Голосові послуги, такі як голосова пошта, з можливістю відправки отриманого повідомлення на електронну пошту тощо.

Сьогодні прийнято розділяти Softswitch на наявність/відсутність абонентської бази та взаємодію з кінцевими пристроями.

Софтсвіч IV класу призначений для організації транзитного центру в мережах деяких операторів. Він здійснює маршрутизацію та розподіл з'єднань в IP-мережах на транкінговому рівні, забезпечуючи транзит і перерозподіл трафіку, отриманого з регіональних сегментів [3].

Програмний комутатор Class V - програмні комутатори класу 5 відрізняються здатністю працювати безпосередньо з кінцевими користувачами мережі та надавати їм як транспортні послуги, так і додаткові види послуг (ДВО) [3].

Існують також універсальні або комбіновані рішення, які називаються класом 4/5.

1.7 Приклади SoftSwitch

Створенням програмних комутаторів Softswitch для мереж зв'язку наступного покоління (NGN) займаються багато відомих компаній: Avaya, Nokia Siemens Networks, Alcatel-Lucent, Ericsson, Unify, Nortel, Cisco, Huawei, Samsung та інші.

Рішення для корпоративних мереж зв'язку:

- 3CX - IP-АТС для внутрішніх корпоративних комунікацій.
- Avaya Aura – IP-АТС та розвинена екосистема пов'язаних продуктів (шлюзів, серверів, телефонних пристроїв). Виробництво: США.
- CommuniGate Pro - сервер електронної пошти та IP-телефонії.

- Cisco Call Manager Express (CME) та Unified Call Manager (CUCM) – IP-АТС та більш складне багатoproфільне рішення. Виробництво: США.

Рішення для операторів зв'язку:

- Huawei SoftX 3000 – багатoproфільна платформа для обслуговування від кількох сотень тисяч до кількох мільйонів абонентів. Виробник КНР. Заснована на власному устаткуванні.
- Iskratel SI-3000 – апаратно-програмний комплекс операторського рівня. Виробництво: Словенія.
- BroadSoft UC-ONE (BroadWorks) - АПК. Виробництво: Канада. З 2017 року є частиною продуктів Cisco і більше не розвивається.

Спільноти програмістів з усього світу розвивають такі програмні комплекси, які, за належного рівня знань, можуть використовуватися як конструктор для створення відповідного вузла зв'язку.

Одним з найпопулярніших безкоштовних Softswitch є Asterisk та його похідні (FreePBX, Elastix). Серед систем з відкритим кодом відомі також yate і FreeSWITCH, що набирає популярності. Розглянемо деякі з них.

Asterisk

Asterisk – інструмент для організації корпоративної АТС (УПАТС).

Це вільне рішення комп'ютерної телефонії (зокрема VoIP) з відкритим вихідним кодом від компанії Digium, спочатку розроблене Марком Спенсером. Додаток працює на операційних системах Linux, FreeBSD, OpenBSD та Solaris та ін. Ім'я проекту походить від назви символу "*" (англ. asterisk - "зірочка") [4].

Asterisk в комплексі з необхідним обладнанням має всі можливості класичної АТС, підтримує безліч VoIP-протоколів і надає багаті функції управління дзвінками, серед них:

- Голосова пошта.
- Конференц зв'язок.
- IVR (інтерактивне голосове меню).

- Центр обробки дзвінків (постановка дзвінків у чергу та розподіл їх за абонентами, використовуючи різні алгоритми).
- Call Detail Record (докладний запис про виклик).
- Інтеграція із CRM-системами.

FreeSwitch

FreeSwitch – інструмент для створення телекомунікаційного вузла зв'язку та обслуговування VoIP-трафіку. Це відкрита телефонна платформа, що розповсюджується у вихідних кодах, створена для задоволення потреб у керованих голосом або текстом системах, що масштабуються від софтфону до софтсвіча. FreeSWITCH може бути використаний як комутатор, АТС, медіа шлюз або медіа сервер для додатків IVR, що використовують прості або XML скрипти для управління алгоритмом обробки дзвінка. Підтримує різні протоколи, такі як SIP, H.323, IAX2 і Google Talk, що дозволяє взаємодіяти з sipX, OpenPBX, Bayonne, Yate, або Asterisk [5].

FreeSWITCH підтримує багато сучасних можливостей SIP, таких як присутність/BLF/SLA, TCP TLS і sRTP. Він може використовуватися як прозорий проксі-сервер з проксуванням медіапотоків або без нього, працювати з T.38 (проксування та перетворення T.38 в T.30 і назад) та інші протоколи.

Також підтримує вузько- та широкопосмугові кодеки, що робить його ідеальним мостом старих пристроїв у майбутнє. Голосові канали та конференції можуть працювати на частотах 8, 16, 32 та 48 kHz та дозволяють об'єднувати канали з різними частотами [5].

Yate

Yate (англ. Yet Another Telephony Engine — ще одна телефонна система) — вільна і безкоштовна програмна VoIP-система, призначена для створення телефонних IP-АТС з широкими можливостями.

Yate підтримує основні протоколи IP-телефонії, такі як SIP, H.323 та IAX, а також передача медіа-даних за протоколами RTP/RTCP за допомогою G.711 або з

кодуванням різними кодеками - GSM 06.10, iLBC, Speex, AMR-NB. Прийом та передача факсів методами G.711-inband (A-law або μ -law) та T.38. Для роботи з текстовими повідомленнями існує підтримка SIMPLE та протоколу XMPP (Jabber), а також його розширення Jingle [6].

Дистрибутиви Yate включають серверну та клієнтську частину, саме тому можна говорити про повноцінну систему VoIP.

Серверна частина yate є сервером IP-телефонії, з підтримкою стандартних функцій, таких як реєстрація кінцевих терміналів, обробка і маршрутизація викликів, взаємодія з VoIP-шлюзами. На сервері можуть реалізовуватися додаткові послуги, такі як IVR, call-центр, карткова телефонія.

Клієнтська програма YateClient для кінцевих користувачів має простий графічний інтерфейс, це класичний програмний телефон (софтфон) з підтримкою обміну текстовими повідомленнями за протоколом XMPP.

Сервер та клієнт yate можуть працювати під управлінням операційних систем Windows, Linux (Mandriva, Ubuntu та ін.), Mac OS. YateClient, крім іншого, також доступний для FreeBSD [6].

FreePBX

FreePBX являє собою веб-орієнтований GUI (графічний інтерфейс користувача) з відкритим вихідним кодом, який використовується для контролю та управління Asterisk (PBX), - open source сервер зв'язку. Простими словами це безкоштовний портал для керування АТС Asterisk за допомогою веб-інтерфейсу. FreePBX поширюється під ліцензією GNU General Public License (GPL), ліцензії з відкритим вихідним кодом. Цей програмний пакет може бути встановлений вручну або у складі попередньо налаштованого дистрибутива FreePBX, до якого входять: операційна система, Asterisk та FreePBX GUI з дотриманням усіх залежностей [7].

FreePBX Distro – найбільш оптимальна система для впровадження телефонії на базі Asterisk у компаніях малого, середнього та навіть великого бізнесу. Належить компанії Sangoma Technologies Corporation.

В цілому FreePBX дуже схожа на звичайну аналогову АТС з набором вхідних і вихідних ліній. Це один із найдоступніших і перевірених дистрибутивів для Asterisk. У базовій версії користувачі мають безкоштовні внутрішні дзвінки та дзвінки на зовнішні лінії. Є можливість записувати розмови, налаштовувати голосове меню і пошту, а також відправляти повідомлення на електронну пошту.

Усі ці функції можна використовувати, підключивши програмну АТС провайдера, але такі рішення мають ряд обмежень порівняно з FreePBX. Цей дистрибутив найкраще підходить для компаній із 10-100 співробітниками.

FreePBX варто використовувати з кількох причин. По-перше, в ньому є все необхідне для створення повноцінної офісної IP-АТС. По-друге, FreePBX постійно оновлюється. По-третє, FreePBX має хорошу систему безпеки, оскільки не має стандартних паролів, окрім того, програма безпеки Fail2Ban встановлюється разом з дистрибутивом, вона не дозволяє стороннім користувачам підбирати паролі та отримувати доступ до системи. Також, встановлення FreePBX не потребує особливих навичок завдяки простоті інтерфейсу.

Користувачі FreePBX мають доступ до повного спектру функцій, які пропонує віртуальна АТС:

- безкоштовні дзвінки всередині системи;
- інтеграція з усіма найпопулярнішими CRM системами;
- відеоконференція;
- меню IVR;
- гнучка переадресація дзвінків;
- голосова пошта;
- факс;
- запис розмови;
- статистика завантаження.

АТС на базі FreePBX легко масштабуються, що дозволяє збільшити кількість абонентів або зовнішніх ліній. Для цього достатньо встановити додатковий шлюз або підключити програмне забезпечення (телефони), можлива також інтеграція з

телефонними лініями. Також можна налаштувати переадресацію на стаціонарні та мобільні номери [7].

В даному розділі розглядалося поняття корпоративної мережі IP-телефонії, переваги перед аналоговими системами зв'язку, її побудови на базі VoIP-шлюзів та на базі IP-АТС, також було розглянуто що таке Softswitch, його архітектура та приклади програмних комутаторів. Виходячи з цього розділу, можна зрозуміти що IP-телефонія має ряд переваг, таких як:

Економія. Підключення та використання IP-телефонії набагато дешевше встановлення звичайних телефонів. Різниця особливо помітна, коли вам потрібно дзвонити в інші міста або країни.

Полегшення роботи на відстані. У компаніях з великою кількістю офісів і філій є необхідність забезпечення хорошої комунікації між співробітниками. І встановлення IP-телефонії вже багато років вважається найкращим вирішенням цієї проблеми.

Функціональність. Встановивши IP-телефонію, ви не тільки отримаєте дешевий і зручний спосіб телефонного зв'язку, а ще й розширені можливості такого зв'язку. За допомогою додаткових сервісів ви можете налаштувати голосову поштову скриньку, автовідповідач, запис розмов, конференції та багато іншого.

Просте підключення. На відміну від звичайної телефонії, при налаштуванні IP-з'єднання не потрібно прокладати багато кабелів і встановлювати багато дорогого обладнання. Весь процес підключення займає дуже мало часу, а всі пристрої займають небагато місця.

Об'єднання в АТС. У великих компаній часто виникають проблеми зі зв'язком через те, що вони підключені до кількох телефонних станцій одночасно. Встановивши IP-телефонію, можна об'єднати їх і значно спростити маршрутизацію дзвінків.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ІНСТАЛЯЦІЇ ТА КОНФІГУРУВАННЯ ГНУЧКОГО КОМУТАТОРА FREEPBX У ВІРТУАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

2.1 Програмне забезпечення Oracle VM VirtualBox

Oracle VM VirtualBox - найпопулярніше у світі крос-платформне програмне забезпечення для віртуалізації з відкритим кодом - дозволяє розробникам швидше постачати код за рахунок можливості запускати на одному пристрої кілька операційних систем. ІТ-департаменти та постачальники рішень використовують VirtualBox для зниження операційних витрат та скорочення термінів, необхідних для безпечного розгортання додатків у локальних середовищах та у хмарі. На Рисунку 2.1 можна побачити інтерфейс програми [8].

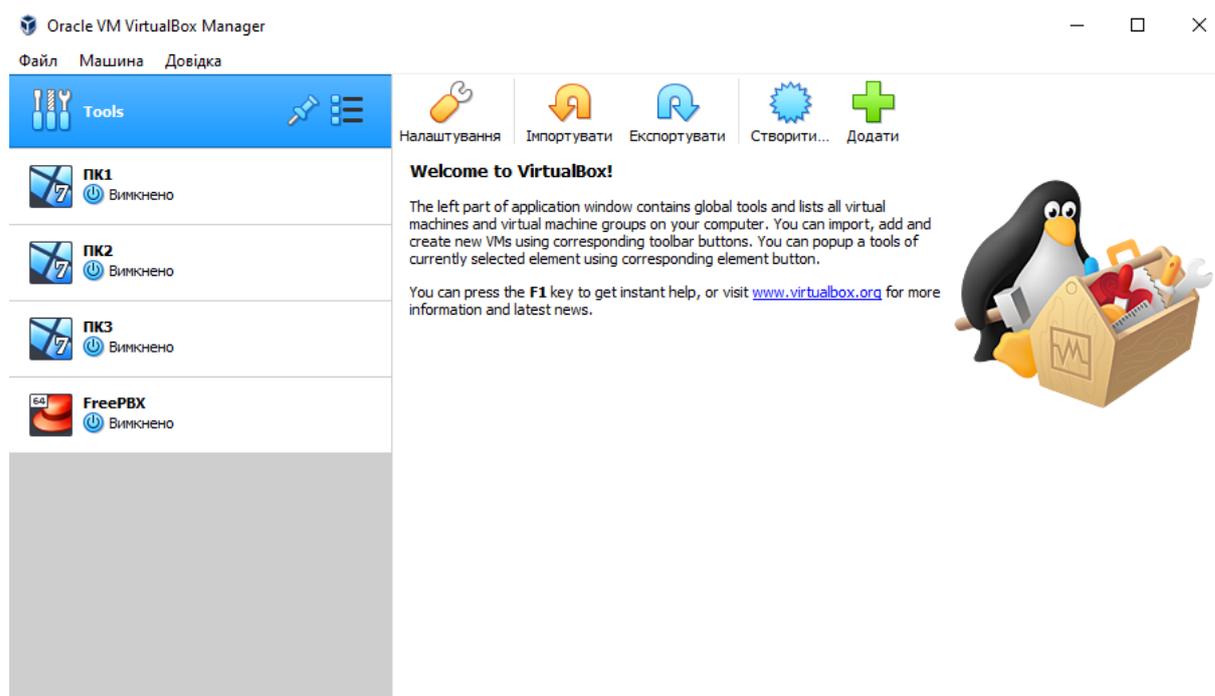


Рисунок 2.1 – Інтерфейс ПЗ Oracle VM VirtualBox

В даній роботі це ПЗ буде використовуватися для створення декількох віртуальних машин на базі Windows 7 Home Basic та однієї машини з ІР-АТС FreePBX.

Тепер розглянемо які можливості нам надає VirtualBox:

- Скорочення витрат на ІТ. Крос-платформне ПЗ для віртуалізації з відкритим кодом та низькими накладними витратами знижує операційні витрати ІТ-відділів за рахунок зменшення кількості необхідних конфігурацій робочих станцій та серверів.

- Запуск на будь-якому настільному комп'ютері. ІТ-команди можуть запускати на хості з будь-якою операційною системою (ОС) архітектури x86 одне рішення, здатне підтримувати широкий спектр версій ОС на віртуальних машинах (ВМ) і тим самим значно спрощувати свої середовища розробки. Серед хостових операційних систем, що підтримуються, — Windows, Linux і macOS.

- Швидке прийняття. Завдяки зручному графічному інтерфейсу та потужному командному рядку розробники легко можуть працювати з кількома операційними системами з одного комп'ютера. Консолідація робочих навантажень за допомогою VirtualBox дозволяє запускати робочі навантаження практично будь-яких масштабів: кількість віртуальних ЦП може становити до 32.

- Швидке та просте розгортання. Використовуючи блоки Vagrant у поєднанні з VirtualBox, ІТ-команди можуть легко надати віртуальним машинам розробки попередньо налаштоване програмне забезпечення Oracle і автоматизувати процес випуску коду для виробництва.

- Надішліть до Oracle Cloud одним натисканням кнопки. Завдяки вбудованому графічному інтерфейсу розробники можуть легко імпортувати та експортувати віртуальні машини у стандартному форматі OVF як локально, так і в хмарі. Завдяки Oracle Cloud Infrastructure відправляти або завантажувати віртуальну машину можна лише одним натисканням кнопки.

- Раціоналізація тесту. Фахівці з контролю якості можуть використовувати один фізичний пристрій для тестування продуктів на кількох платформах і версіях ОС, зменшуючи складність свого середовища та потребу в ресурсах.

- Покращена підтримка клієнтів. Фахівці служби підтримки можуть легко створювати різні клієнтські середовища в одній системі, що означає, що вони можуть швидше вирішувати проблеми користувачів.

- Запуск старих програм на новому обладнанні. VirtualBox дозволяє продовжити життя застарілих програм, дозволяючи їм працювати на сучасному обладнанні.

- Створюйте багаторівневі демонстрації на одному пристрої. Маркетологи можуть легко продемонструвати складні багаторівневі рішення потенційним клієнтам, використовуючи готові середовища з кількома віртуальними машинами та мережевими топологіями прямо на своїх ноутбуках.

- Захист програм з обмеженим доступом. VirtualBox дозволяє легко розповсюджувати зображення критично важливих програм на робочий стіл з обмеженим доступом для віддалених працівників у ситуаціях, коли VPN-з'єднання недостатньо. Це дозволяє організаціям підвищити безпеку шляхом реалізації рольового доступу до наборів даних у таких програмах.

- Зашифровані робочі області. VirtualBox захищає з'єднання з обмеженими програмами за допомогою 256-бітних ключів шифрування, гарантуючи, що користувачі не можуть завантажувати або зберігати дані на віддалених пристроях. Це дає IT-лідерам можливість заощадити час і гроші на редизайні обмежених програм, одночасно задовольняючи вимоги віддаленого доступу до цих програм.

VirtualBox має три пакети:

- Базовий пакет. Базовий пакет, ліцензований згідно з GPL v2, дозволяє розробникам легко розробляти та тестувати міжплатформні програми за допомогою основних функцій Oracle VM VirtualBox, зокрема: кросплатформні гостьові та хост системи; міграція віртуальних машин між хостами без перерви; до 32 vCPU; підтримка формату OVF.

- Пакет розширення. Пакет розширення, ліцензований згідно з ліцензією VirtualBox Personal Use and Evaluation License (PUEL), дозволяє нам консолідувати більше робочих навантажень за допомогою додаткових функцій, зокрема: віртуальні USB пристрої; підтримка протоколу віддаленого робочого столу VirtualBox (VRDP); перенаправлення веб-камер і PCI-пристроїв на хост-систему; завантажувальна ПЗУ Intel PXE; шифрування образу диска; інтеграція з Oracle Cloud Infrastructure.

- Oracle VM VirtualBox Enterprise. Організації можуть придбати Oracle VM VirtualBox Enterprise, щоб оптимізувати свою роботу. Цей пакет включає комерційні ліцензії та технічну підтримку, а саме: постійна підтримка фахівцями Oracle базового пакета та пакета розширення; можливість використання кількох підключень до віддаленого робочого столу (VRDP) на віртуальних машинах; зручний централізований моніторинг завантажень пакетів розширень VirtualBox і перевірка дотримання вимог під час їх встановлення; перевірка, що всі екземпляри VirtualBox оновлені та мають останні патчі безпеки [8].

2.2 Створення та налаштування віртуальних машин

Після встановлення програмного забезпечення VirtualBox потрібно створити віртуальну машину. Натискаємо на кнопку «Створити» в головному меню і бачимо вікно створення нової віртуальної машини (Рисунок 2.2). Задаємо ім'я машині, вказуємо шлях за яким буде встановлена машина, а також обираємо її тип і версію і натискаємо кнопку «Далі».

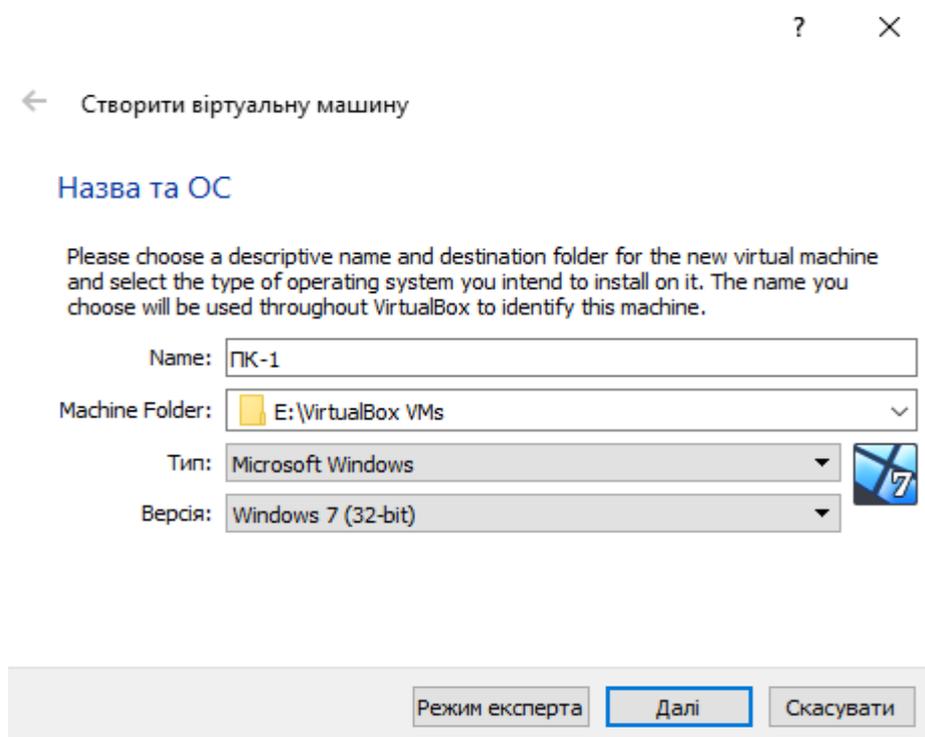


Рисунок 2.2 – Назва та ОС створюваної машини

В наступному вікні (Рисунок 2.3) потрібно виділити об'єм оперативної пам'яті для нашої віртуальної машини. Так як мій ПК має 4 ГБ оперативної пам'яті на цій машині буде встановлена не дуже вимоглива Windows 7 Home Basic (32-bit), а для поставлених задач вистачить 512 МБ RAM.

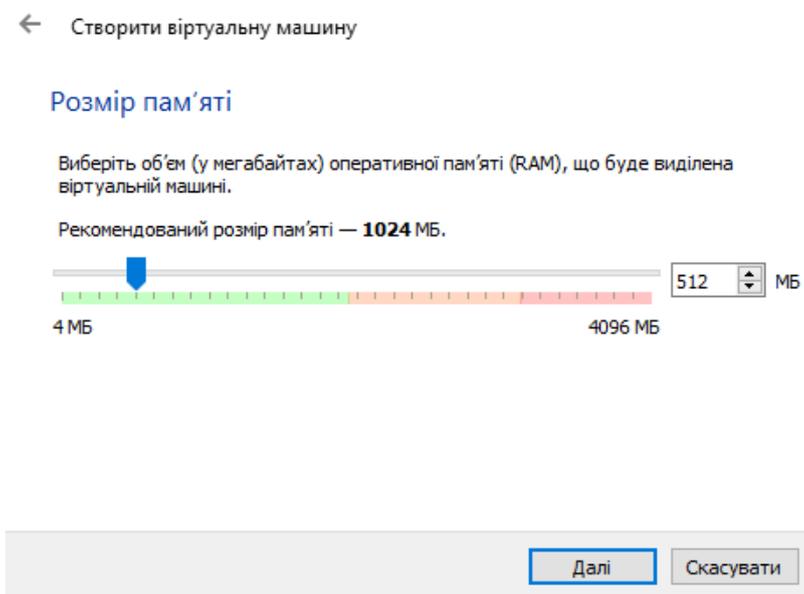


Рисунок 2.3 – Виділення RAM

Наступним кроком (Рисунок 2.4) потрібно створити віртуальний жорсткий диск. Також тут є варіанти не додавати жорсткий диск, або ж використовувати існуючий файл віртуального жорсткого диска.

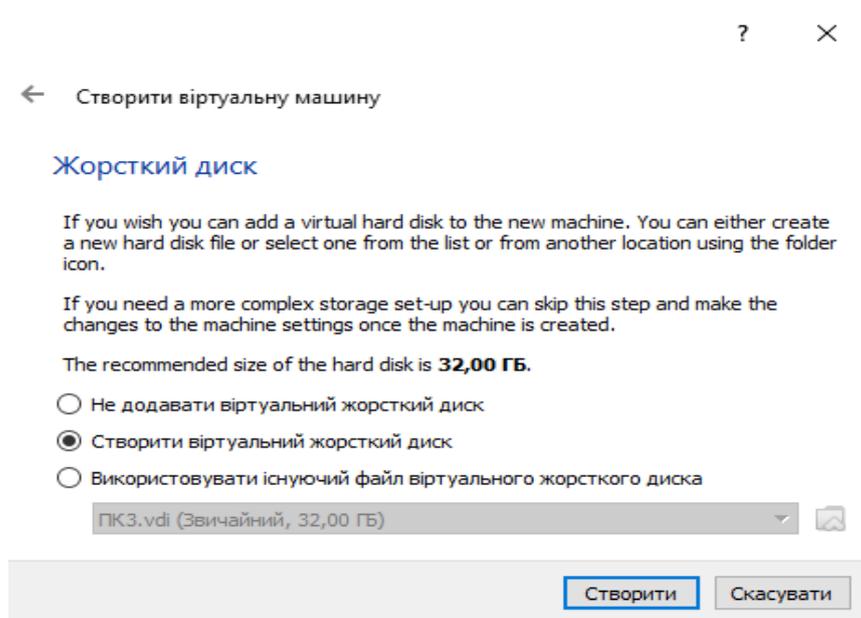


Рисунок 2.4 – Створення віртуального жорсткого диска

Обираємо тип жорсткого диска VDI (Рисунок 2.5), так як потреби використовувати віртуальний жорсткий диск з іншим ПЗ віртуалізації немає.

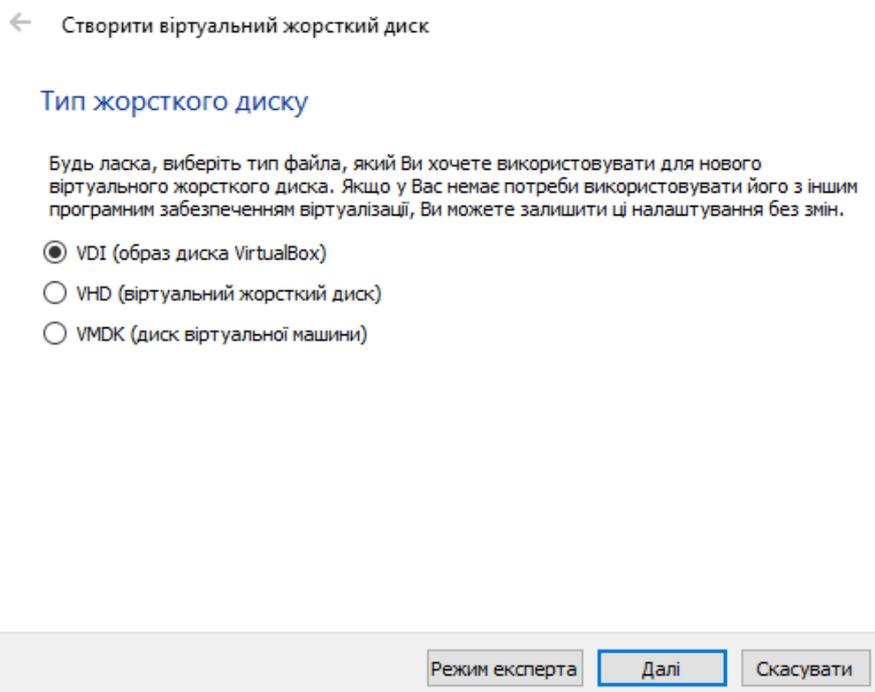


Рисунок 2.5 – Тип жорсткого диска

Наступним етапом (Рисунок 2.6) обираємо динамічно визначене зберігання на фізичному жорсткому диску, це дозволить займати місце на моєму жорсткому диску тільки при його заповненні.

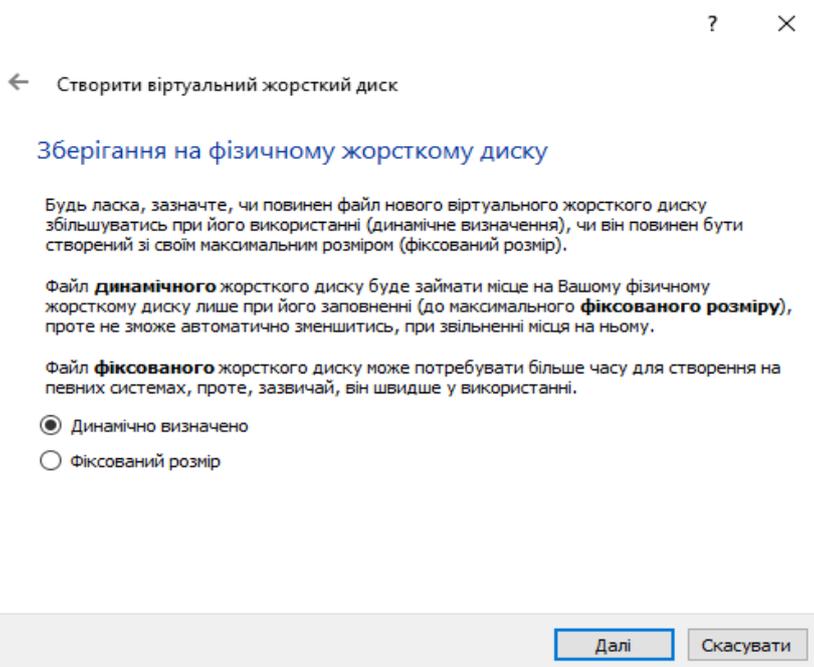


Рисунок 2.6 – Зберігання на фізичному жорсткому диску

В наступному вікні (Рисунок 2.7) вказуємо шлях за яким буде створено наш віртуальний жорсткий диск та вказуємо його розмір. Для роботи буде достатньо 32 ГБ.

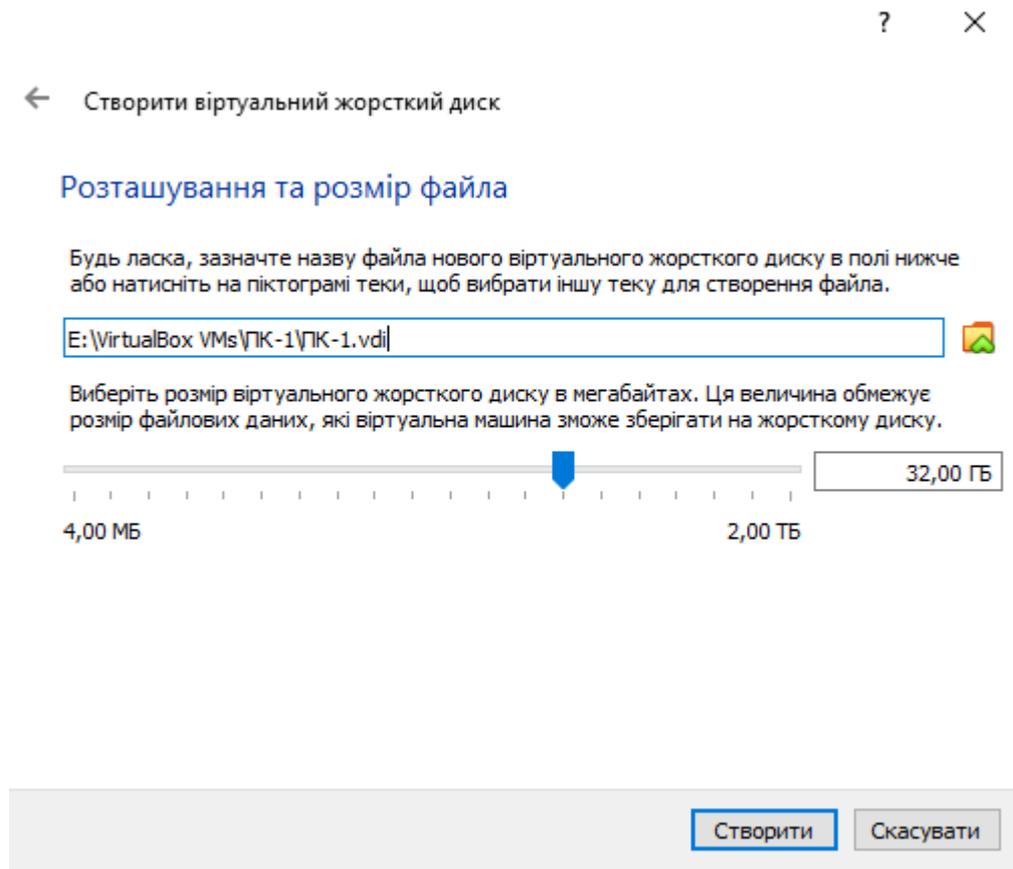


Рисунок 2.7 – Розташування та розмір файла

На Рисунку 2.8 ми бачимо що наша машина вже створена і тут показані її налаштування, але це ще не все, машина ще не готова до запуску так як до неї ще не додано образ диску з операційною системою.

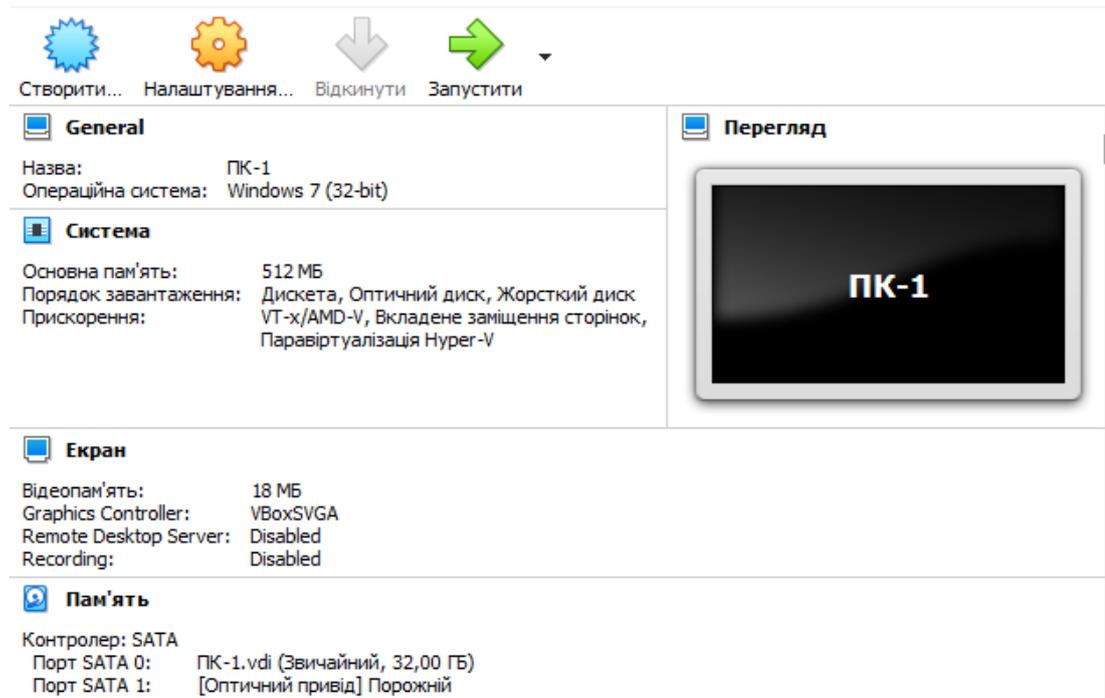


Рисунок 2.8 – Вікно віртуальної машини та її основні налаштування

Для того щоб додати образ ОС потрібно відкрити Налаштування > Пам'ять і на місці пуского диска обрати завантажений образ (Рисунок 2.9).

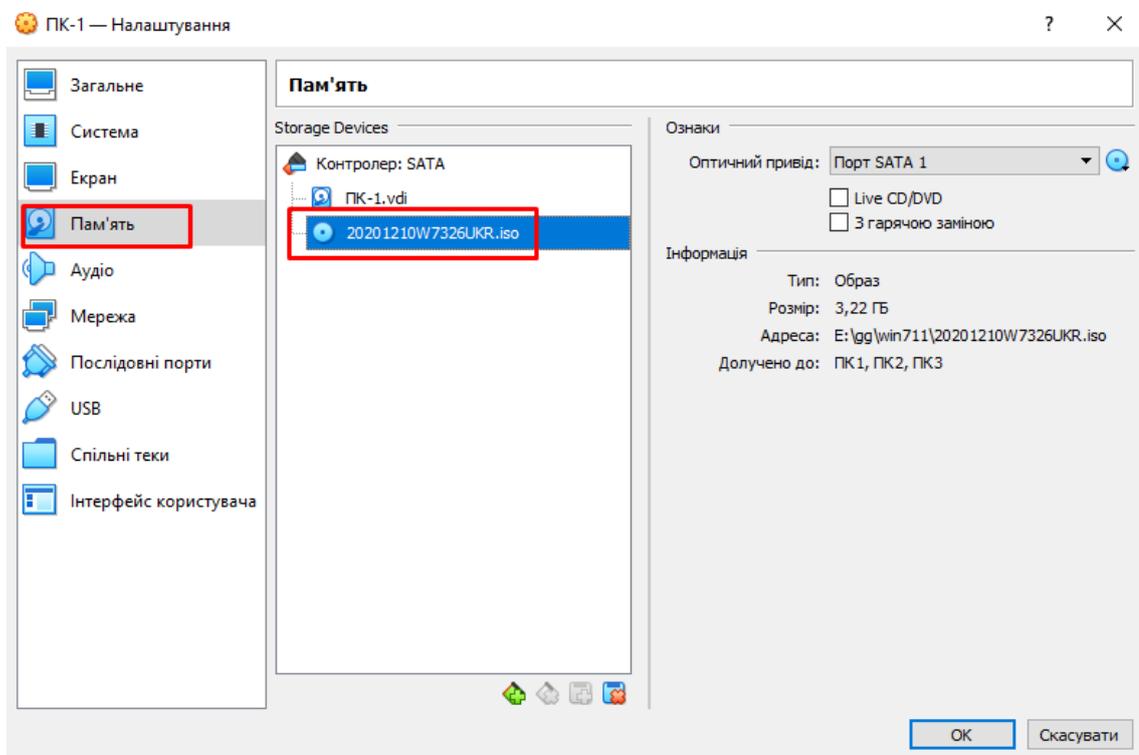


Рисунок 2.9 – Підключення образу ОС

Після того як додали образ можна запускати віртуальну машину. Далі починається інсталяція Windows 7. Першим кроком обираємо мову, формат часу та розкладку клавіатури (Рисунок 2.10).

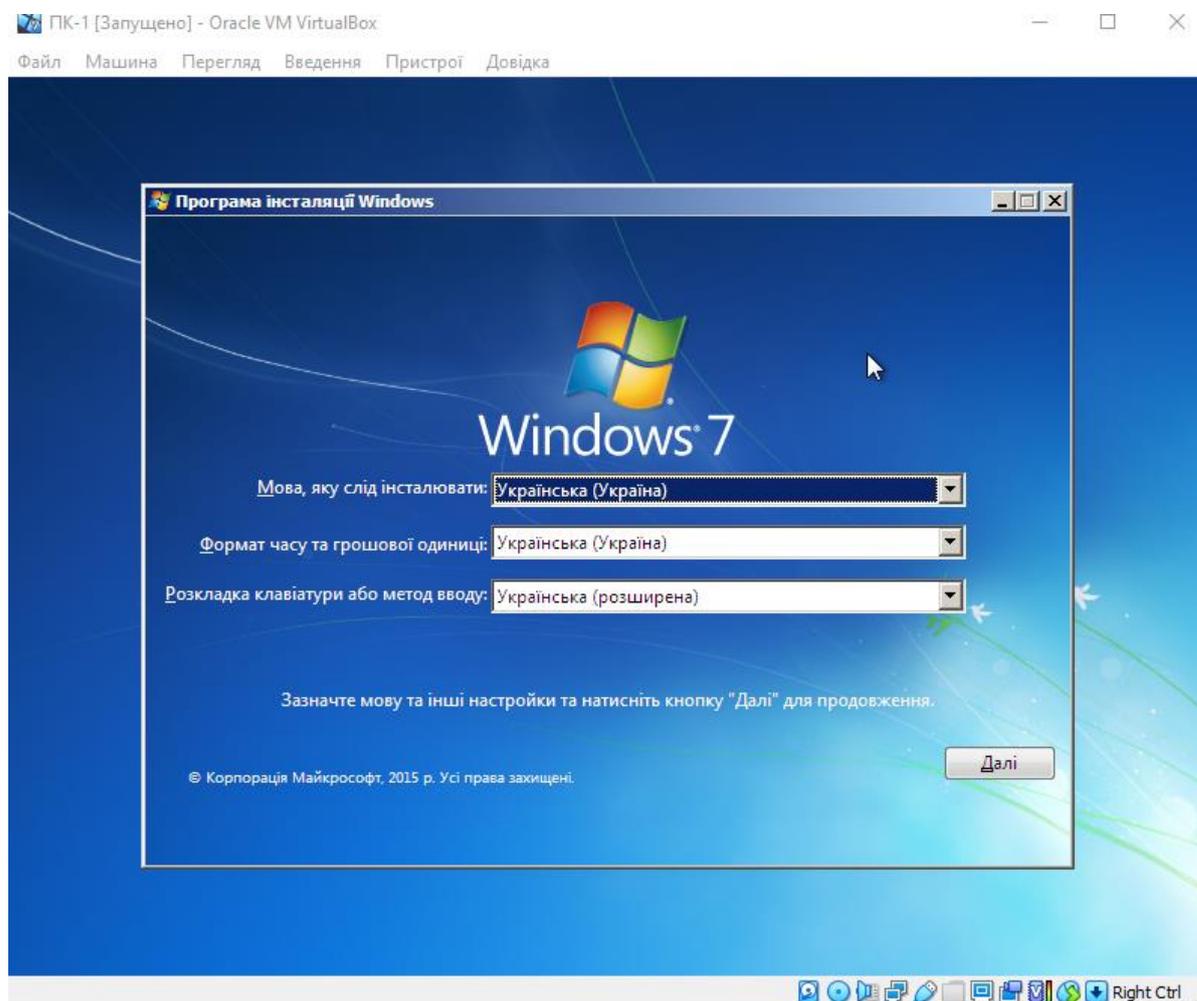


Рисунок 2.10 – Початок інсталяції Windows

Завантажений образ має різні версії ОС, потрібно обрати Windows 7 Home Basic, вона не вимоглива і має всі потрібні функції (Рисунок 2.11).

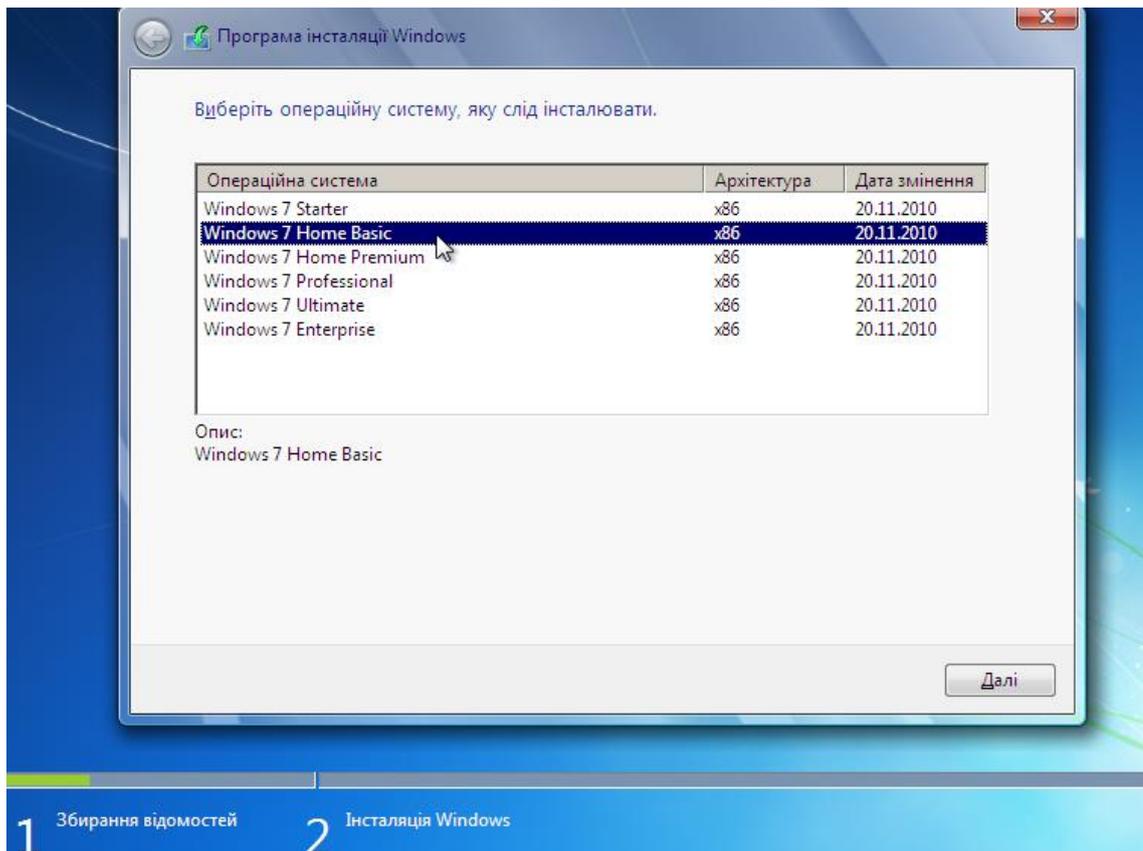


Рисунок 2.11 – Обираємо операційну систему

Тепер потрібно прийняти умови ліцензійної угоди (Рисунок 2.12)

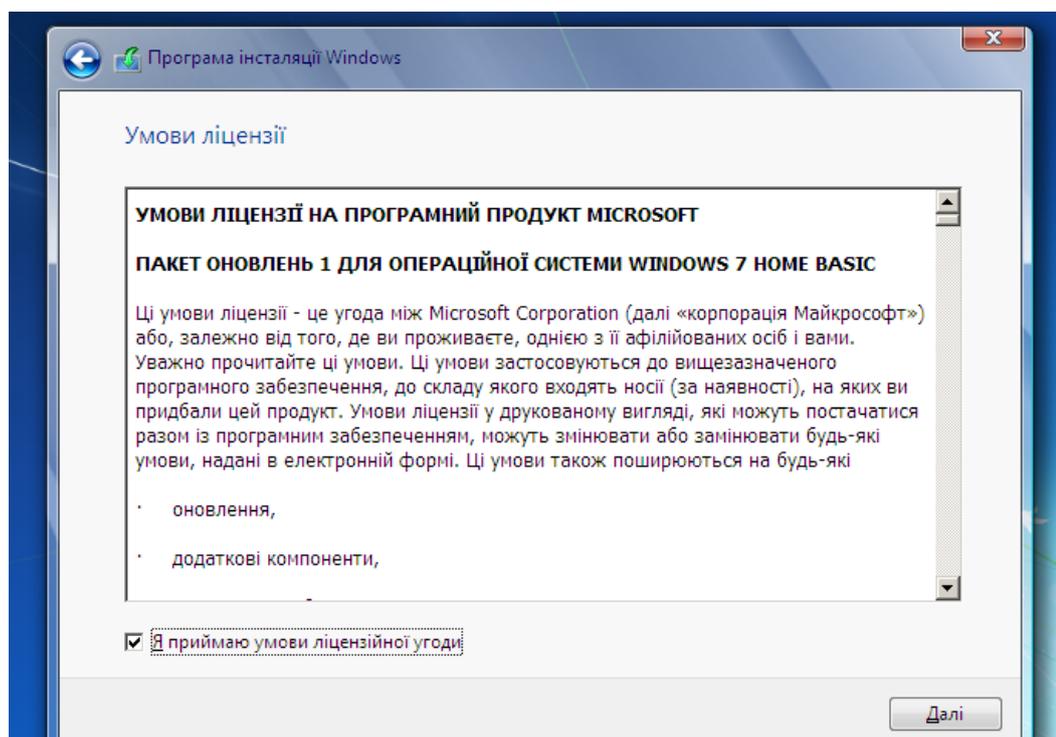


Рисунок 2.12 – Умови ліцензії

В наступному вікні використовуємо настроюваний тип інсталяції, так як потрібно інсталювати лише Windows (Рисунок 2.13).

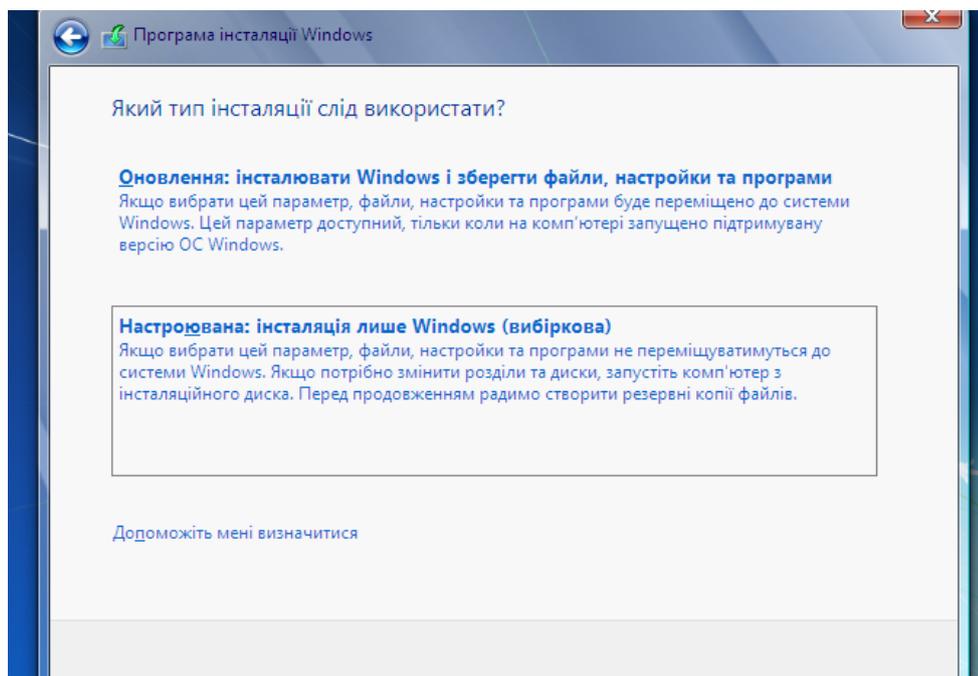


Рисунок 2.13 – Типи інсталяції

Створюємо диски і розподіляємо пам'ять між ними. Інсталюємо ОС на один із них (Рисунок 2.14).

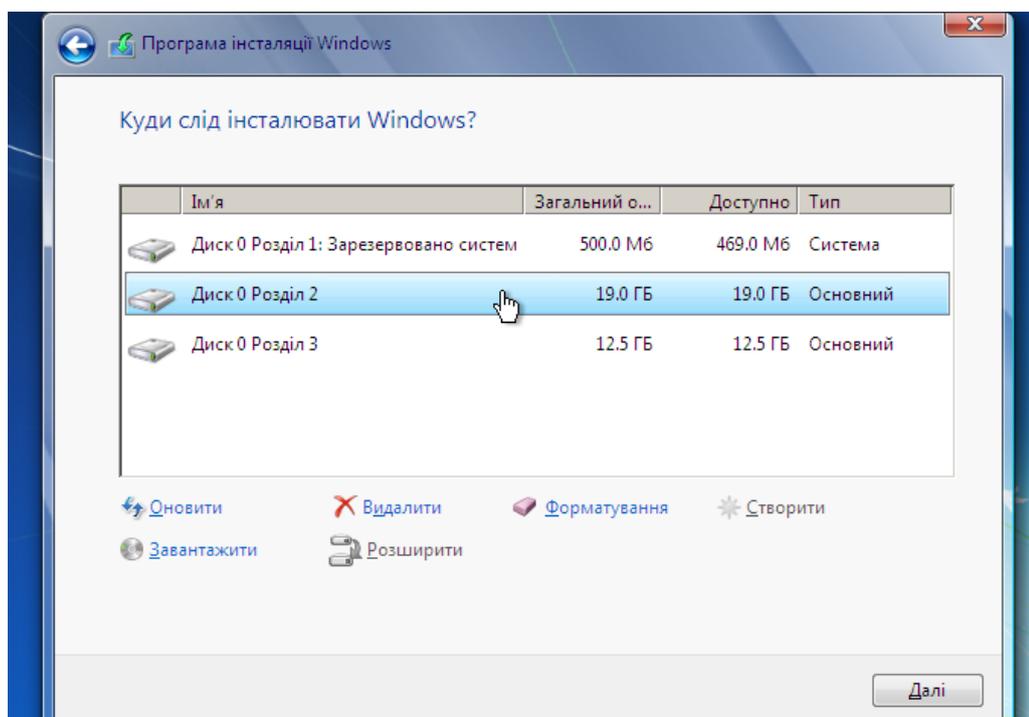


Рисунок 2.14 – Створення дисків

Після того як було обрано диск для системи, починається її встановлення на ПК (Рисунок 2.15). Чекаємо на її завершення.

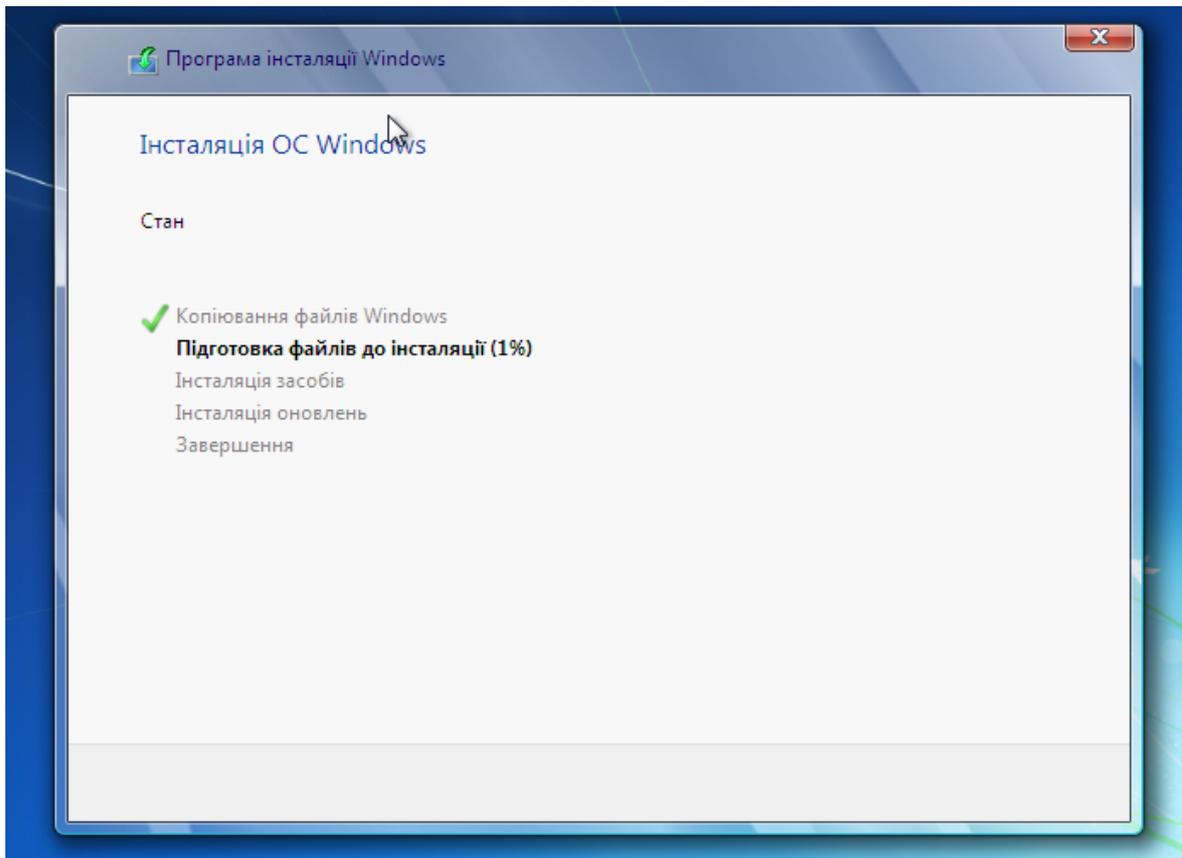


Рисунок 2.15 – Встановлення ОС

По завершенню встановлення пишемо ім'я користувача і визначаємось які оновлення потрібні для нашого ПК. Віртуальна машина повністю готова до роботи (Рисунок 2.16).

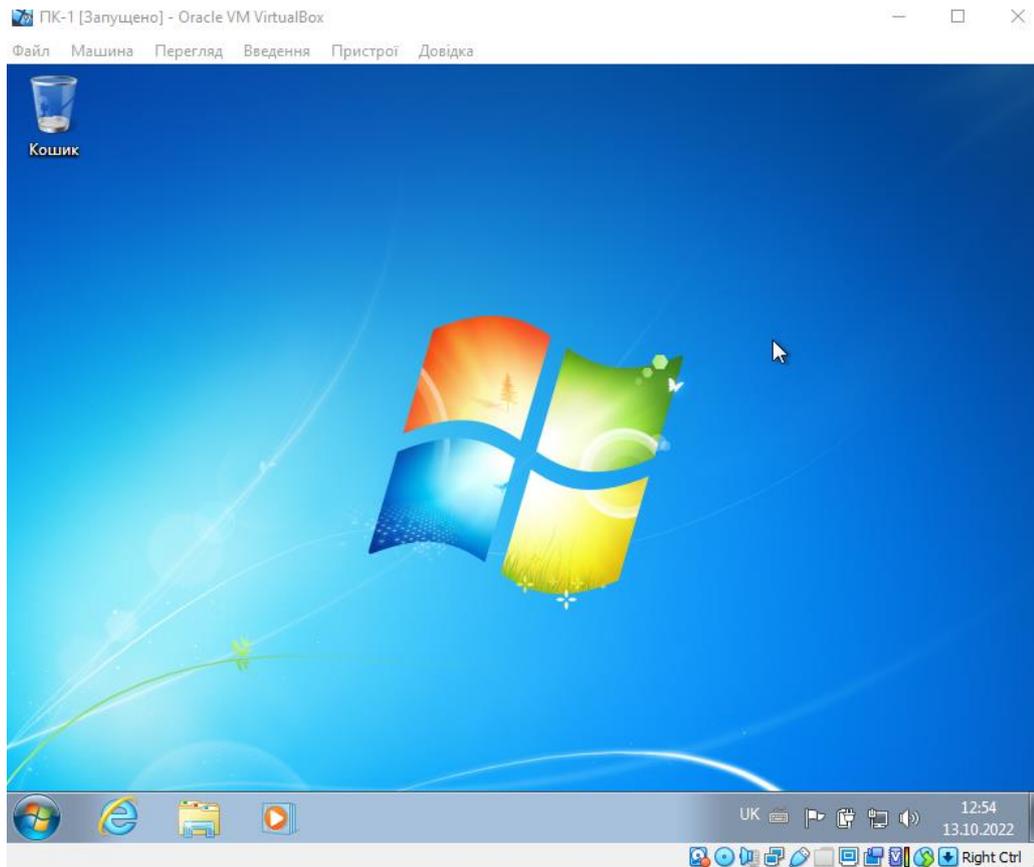


Рисунок 2.16 – Готова віртуальна машина

Повторюємо все вище описане в цьому підрозділі для створення ще двох таких віртуальних машин.

2.3 Об'єднання віртуальних машин в мережу в ПЗ VirtualBox

Створивши три віртуальні ПК на базі ОС Windows 7, можемо об'єднати їх в одну локальну мережу в ПЗ VirtualBox.

Для цього потрібно на кожній віртуальній машині відкрити «Налаштування» і перейти у вкладку «Мережа» (Рисунок 2.17), ставимо галочку навпроти пункту «Ввімкнути мережевий адаптер», під'єднуємо до проміжного адаптера (мережевого моста). Режим мережного моста дозволяє віртуальній машині виступати в ролі реального мережевого пристрою з окремою адресою IP. У полі "Назва" необхідно вибрати мережний інтерфейс, який використовуватиметься для зв'язку із зовнішнім світом. Мінус такого способу полягає в тому, що зовнішні

комп'ютери зможуть отримати доступ до віртуальної машини, а це не дуже добре з точки зору безпеки.

Розгорнувши вкладку «Додатково» обираємо тип адаптера, а навпроти «Змішаного режиму» ставимо «Дозволити всім», це дозволить з οποї машини спостерігати аналізатором протоколів що робиться в мережі.

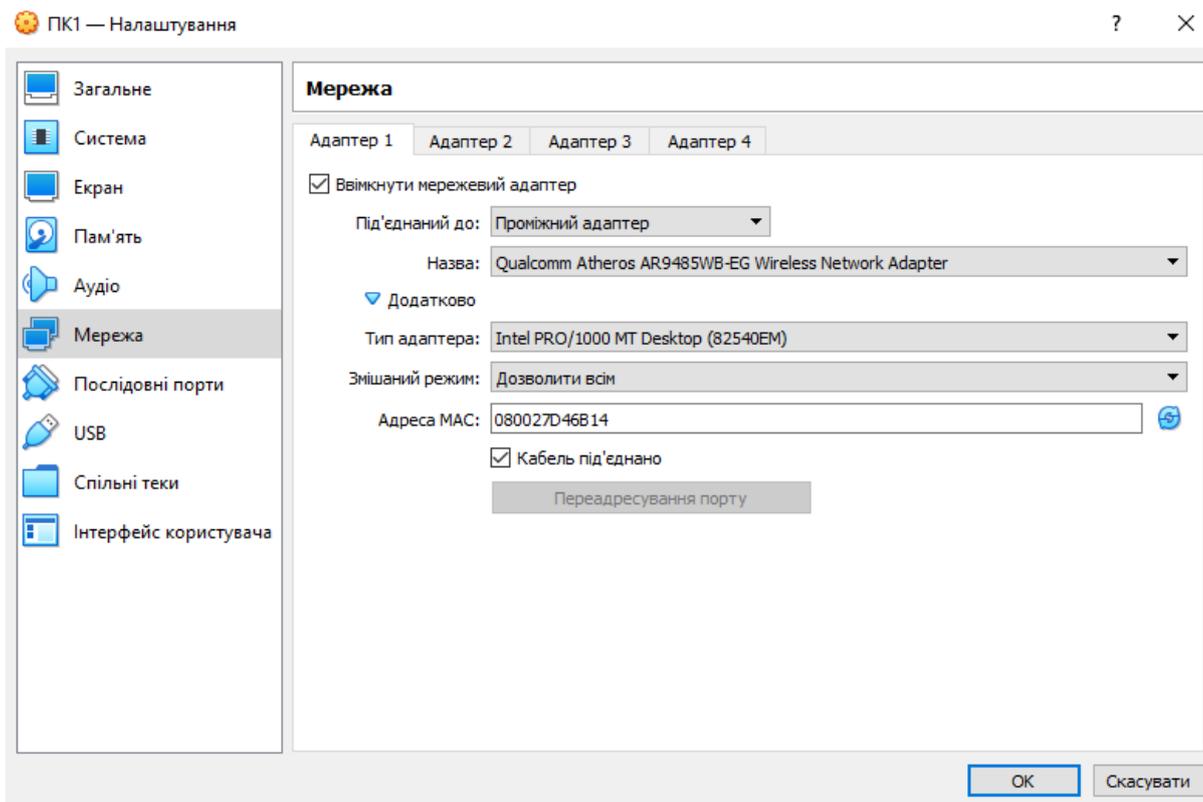


Рисунок 2.17 – Налаштування мережі

Налаштувавши всі ПК, потрібно їх запусити і перевірити стан підключення до мережі. Запускаємо командну строку, для цього на кожному ПК натискаємо комбінацію клавіш Win+R і у вікні яке з'явиться (Рисунок 2.18) вписуємо cmd.

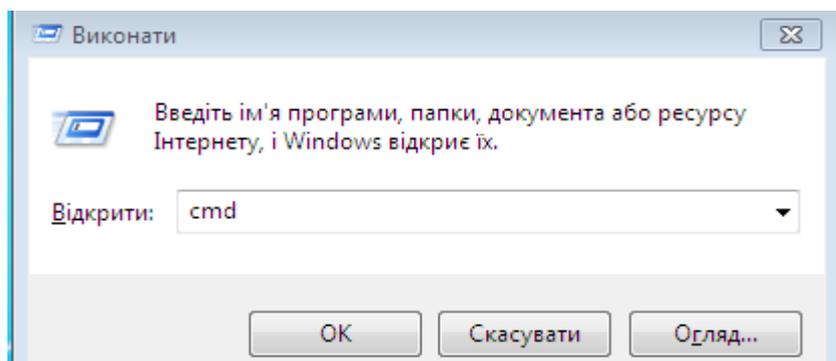
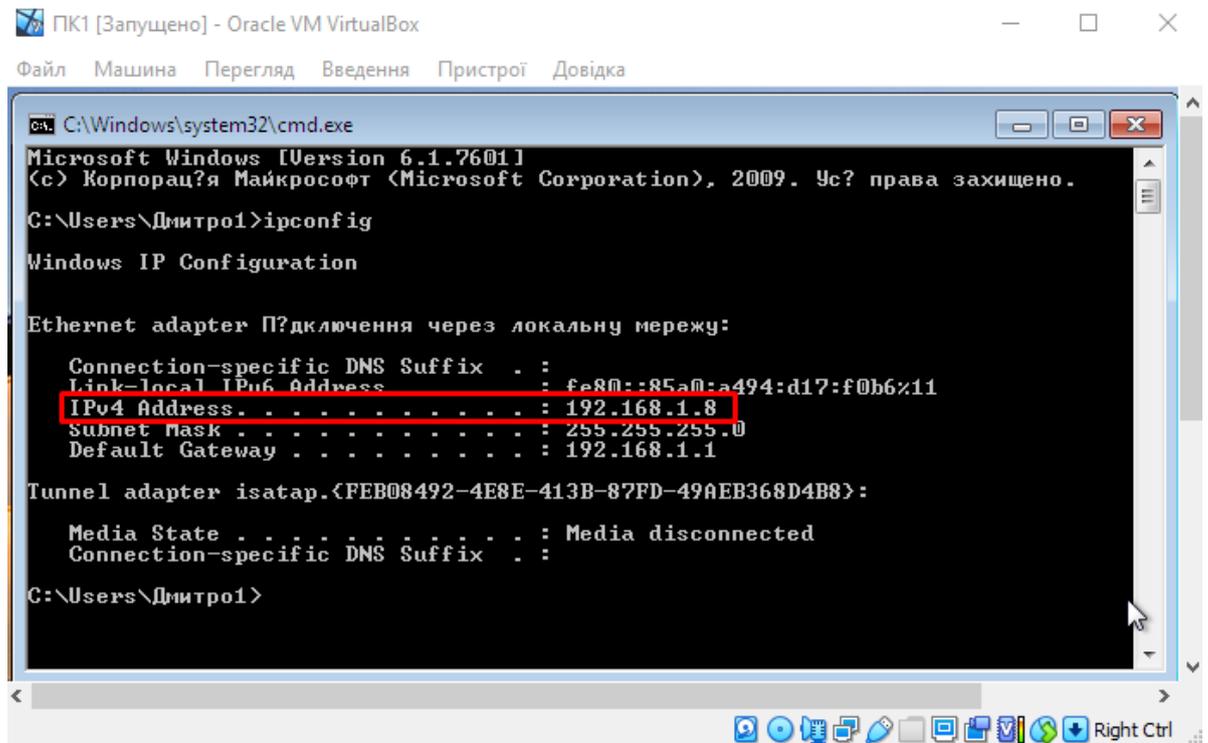


Рисунок 2.18 – Запуск командної строки

Відкривши командний рядок дізнаємося IP адресу на кожній машині ввівши команду ipconfig (Рисунок 2.19).



```
ПК1 [Запущено] - Oracle VM VirtualBox
Файл Машина Перегляд Введення Пристрої Довідка
C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
(c) Корпорація Майкрософт (Microsoft Corporation), 2009. Усі права захищено.
C:\Users\Дмитро1>ipconfig

Windows IP Configuration

Ethernet adapter П?дключення через локальну мережу:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::85a0:a494:d17:f0b6%11
    IPv4 Address. . . . . : 192.168.1.8
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 192.168.1.1

Tunnel adapter isatap.<FE808492-4E8E-413B-87FD-49AEB368D4B8>:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . : 

C:\Users\Дмитро1>
```

Рисунок 2.19 – Командний рядок

Дізнавшись IP-адресу кожної машини можемо перевірити їх підключення за допомогою команди ping. Для прикладу на Рисунку 2.20 ми бачимо як з першої машини з IP-адресою 192.168.1.8 відправляємо ping на другий ПК з IP-адресою 192.168.1.4 і на третій 192.168.1.6. Всі повідомлення були успішно відправлені, а отже мережа працює.

```

ПК1 [Запущено] - Oracle VM VirtualBox
Файл Машина Перегляд Введення Пристрої Довідка
C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\Дмитро1>ping 192.168.1.4
Pinging 192.168.1.4 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.4: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.4: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.4: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.4: bytes=32 time<1ms TTL=128
Ping statistics for 192.168.1.4:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms
C:\Users\Дмитро1>ping 192.168.1.6
Pinging 192.168.1.6 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.6: bytes=32 time=3ms TTL=128
Reply from 192.168.1.6: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.6: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.6: bytes=32 time=1ms TTL=128
Ping statistics for 192.168.1.6:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 3ms, Average = 1ms

```

Рисунок 2.20 – Команда ping

На наступному етапі нам потрібно підключити IP-телефонію до наших ПК встановивши програмні IP-телефони і проаналізувати їх за допомогою аналізатора протоколів.

В якості софту встановимо YateClient. Це безкоштовна програма для кінцевих користувачів, стандартний програмний телефон, що має простий графічний інтерфейс, з підтримкою обміну текстовими повідомленнями за протоколом XMPP.

Запустивши програму створюємо аккаунт і під'єднаємо його до особистого кабінету на sipnet.net (Рисунок 2.21). Попередньо потрібно зареєструватися на sipnet.net, де нам видадуть SIP ID. Даний нам SIP ID це логін від особистого кабінету sipnet, при створенні аккаунта в софті будемо його використовувати в полі «Username», а навпроти «Password» відповідно вводимо пароль від особистого кабінету. Обираємо протокол sip, а сервер sipnet.net.

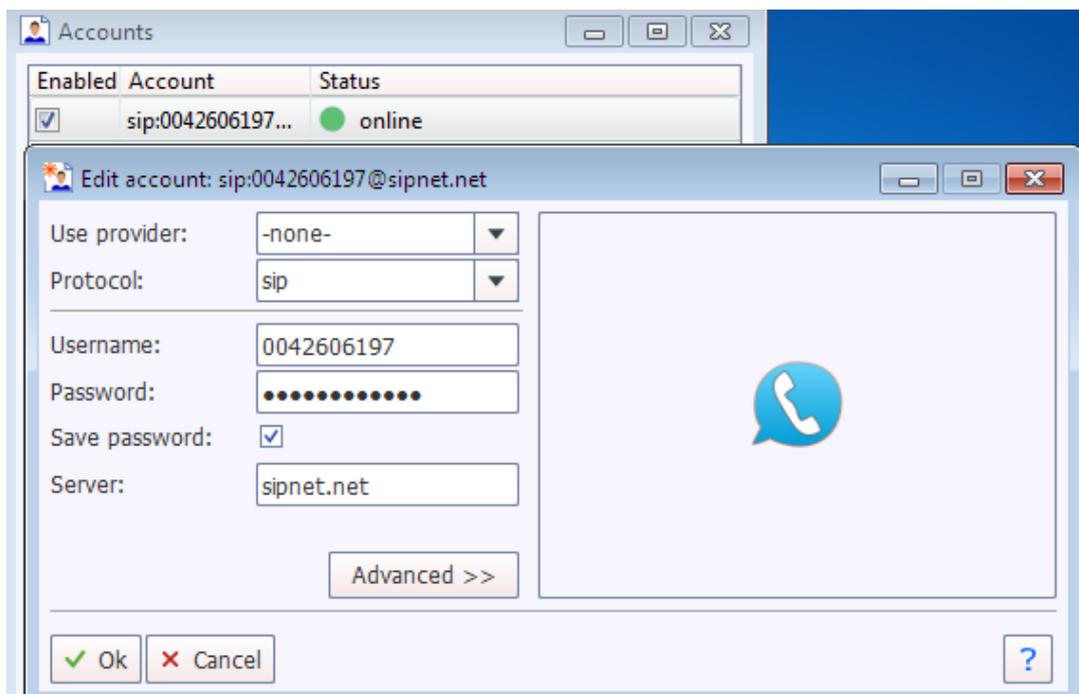


Рисунок 2.21 – Створення аккаунта в YateClient.

Аккаунт створено і його статус зараз онлайн. Перевіримо телефон викликом на Echo-сервер SIPNET з номером 00000 (Рисунок 2.22). Виклик зроблено успішно.

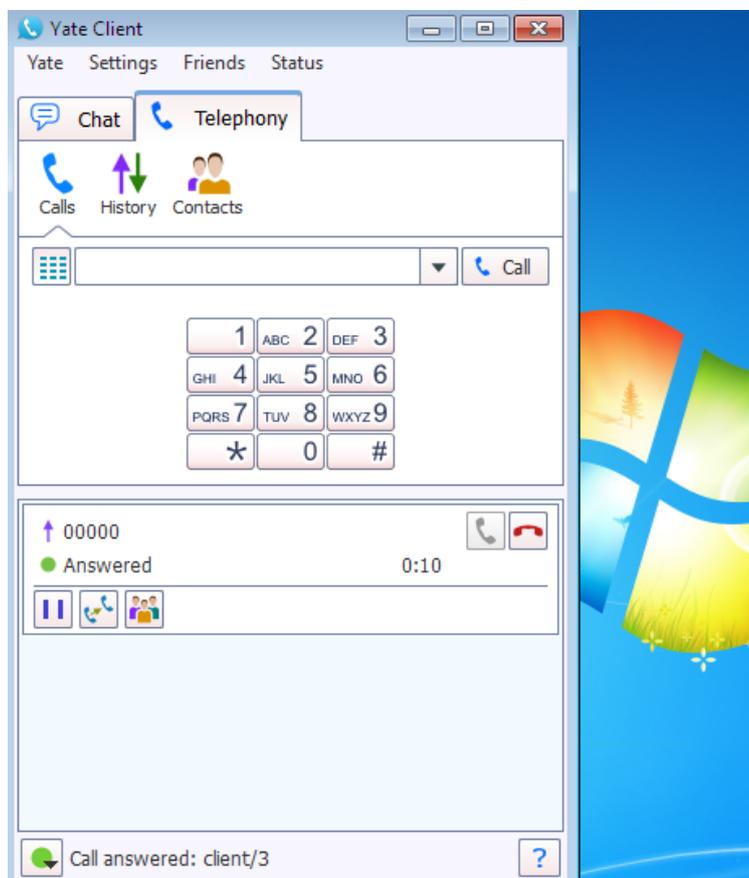


Рисунок 2.22 – Виклик на Сервер SIPNET

2.4 Створення мережі телефонії за допомогою IP-АТС FreePBX.

В даній роботі я вирішив використовувати саме FreePBX з кількох причин: він має все необхідне для створення повноцінної офісної IP-АТС, постійно оновлюється, має хорошу систему безпеки, а її встановлення не потребує особливих навичок завдяки простоті інтерфейсу.

Для початку розглянемо структурну схему нашої майбутньої мережі на Рисунку 2.23.

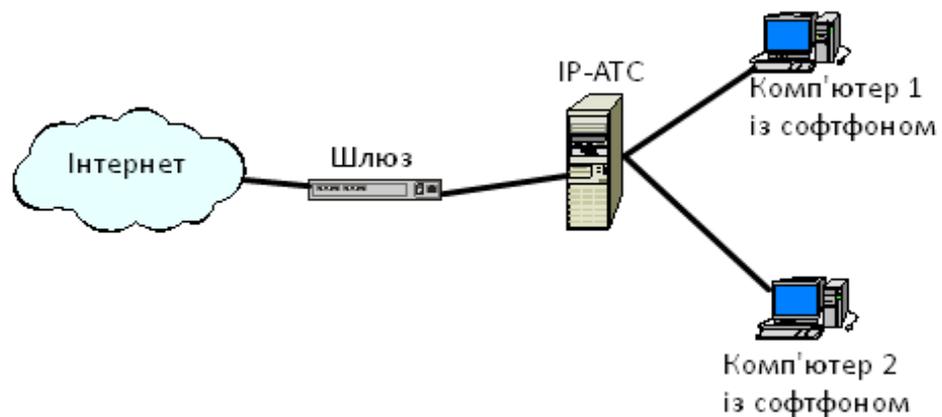


Рисунок 2.23 – Структурна схема мережі

На першому кроці для створення мережі IP-телефонії потрібно створити віртуальну машину в VirtualBox з IP-АТС FreePBX. Процес створення машини з IP-АТС майже нічим не відрізняється від створення на базі Windows. Головна та єдина відмінність полягає в типові ОС. В цьому випадку обираємо тип ОС Linux, а версію Red Hat 64-bit (Рисунок 2.24).

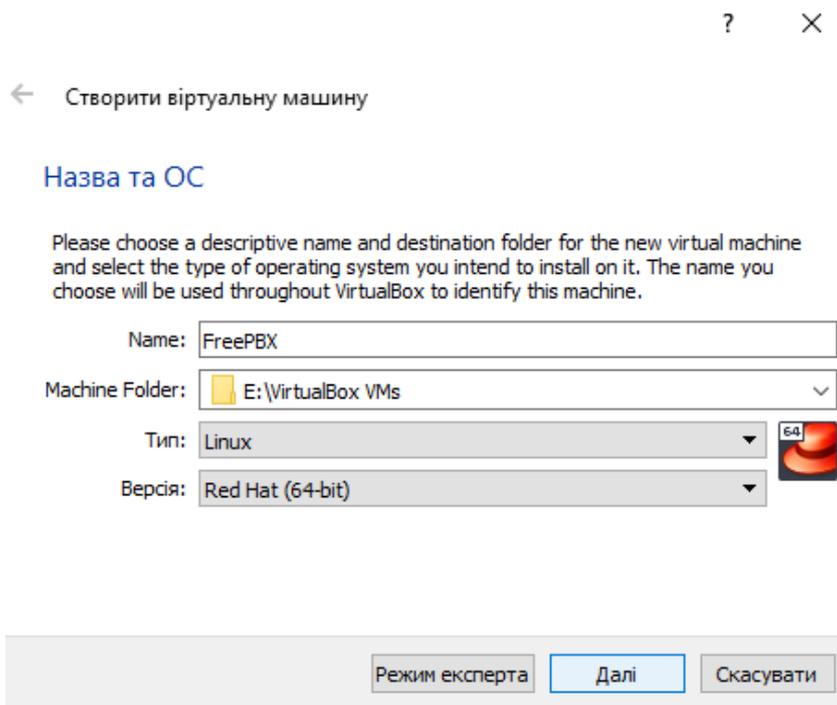


Рисунок 2.24 – Вибір ОС

Пройшовши всі етапи створення віртуальної машини, заходимо в її налаштування і натискаємо на вкладку «Пам'ять» (Рисунок 2.25). На місце пусого диску нам потрібно обрати образ FreePBX, який попередньо було завантажено на офіційному сайті <https://www.freepbx.org>.

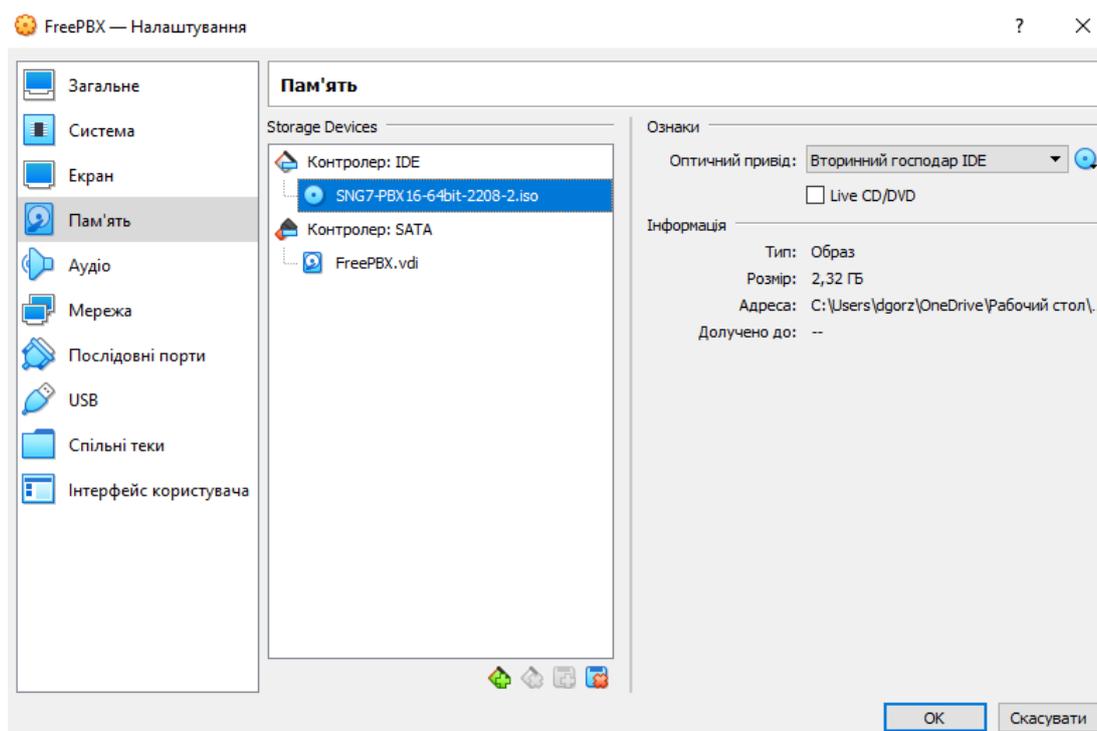


Рисунок 2.25 – Підключення образу FreePBX

Запустивши машину починається встановлення системи. В самому початку буде представлено три комбінації версій FreePBX з Asterisk. Я обрав рекомендовану системою FreePBX 16 (Asterisk 18). В наступному вікні (Рисунок 2.26) обираємо «Graphical Installation – Output to VGA», це стандартна інсталяція.

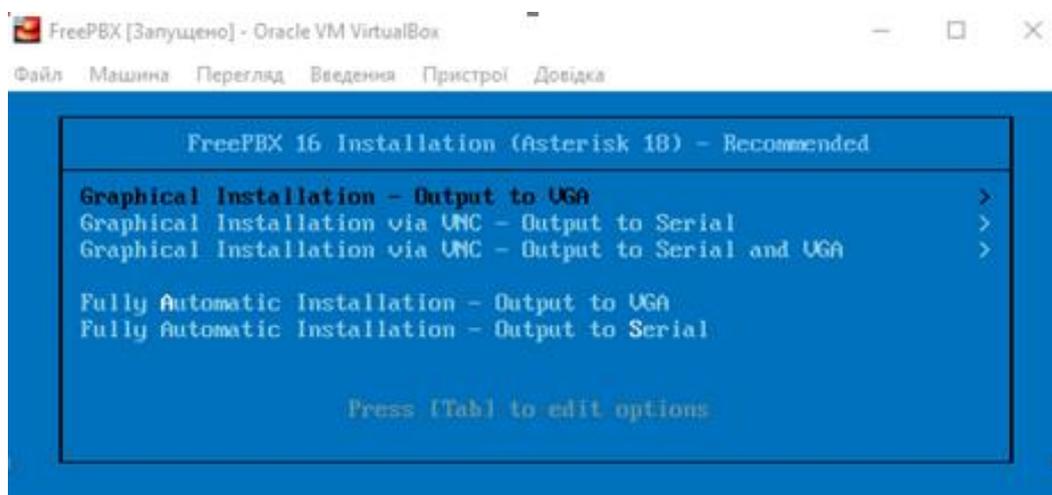


Рисунок 2.26 – Вибір інсталяції

На наступному етапі (Рисунок 2.27) можемо трохи налаштувати сервер, в особливості локалізацію та систему, після чого натискаємо на «Begin Installation».



Рисунок 2.27 – Налаштування майбутнього сервера

Далі система потребує від нас створити пароль, який використовуватимемо для запуску FreePBX (Рисунок 2.28). Після створення паролю починається встановлення всіх необхідних компонентів.

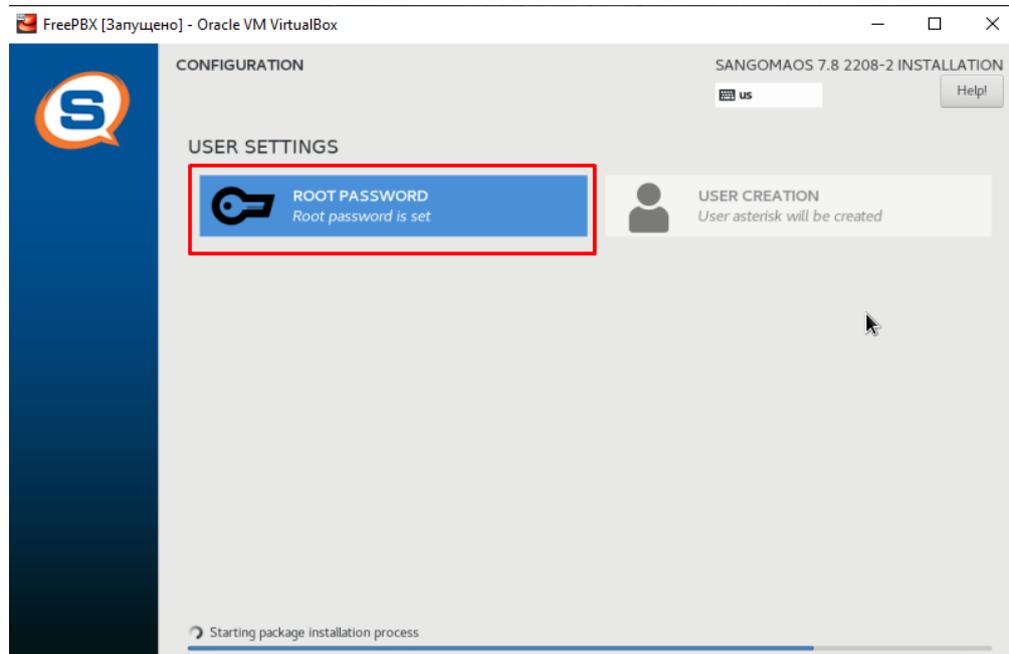


Рисунок 2.28 – Створення паролю

Все пройшло успішно і наша система готова до роботи (Рисунок 2.29).

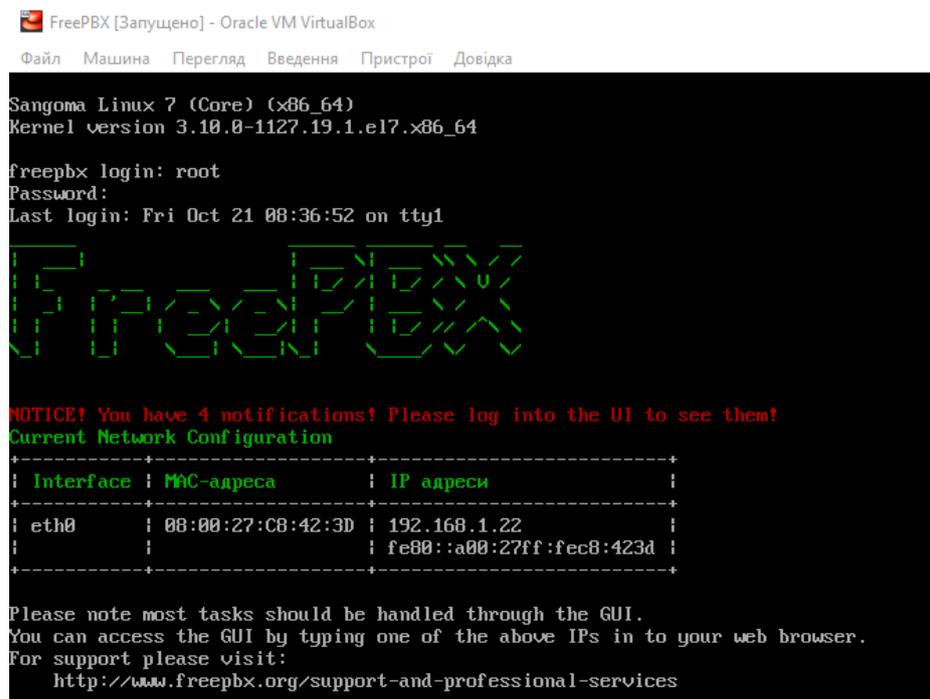


Рисунок 2.29 – Запуск FreePBX

Розглянувши Рисунок 2.29 можемо побачити IP адресу, ввівши яку в браузер ми перейдемо на Web інтерфейс FreePBX, де саме і зможемо налаштувати віртуальну АТС. Далі починається реєстрація користувача і активація системи, після чого відкривається доступ до всіх безкоштовних функцій IP-АТС.

Для початку перейдемо за шляхом Admin>System Admin і відкриваємо налаштування DNS (Рисунок 2.30). Система нас попереджає що буде нормою, щоб на першому місці DNS серверів був 127.0.0.1. Це означає що сервер буде звертатися сам до себе і отримуватиме відклик. Вводимо рекомендований сервер і натискаємо «Submit».

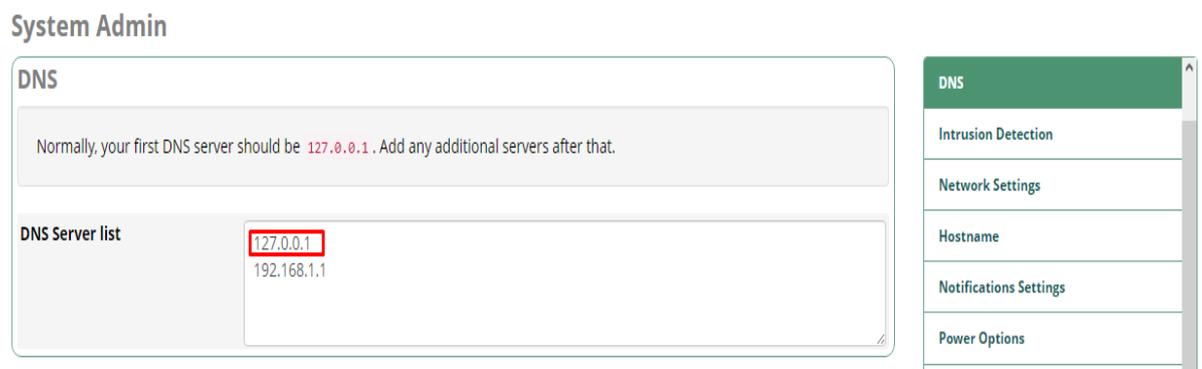


Рисунок 2.30 – Налаштування DNS

Переходимо за шляхом Налаштування>Asterisk SIP Settings (Рисунок 2.31). Тут можемо побачити основні SIP налаштування. Звернемо увагу на функцію «Allow Anonymous Inbound SIP Calls», ця опція дозволяє або забороняє дзінки з невідомих номерів. Задля безпеки рекомендовано не включати цю функцію.

У вкладці «Local Networks» необхідно ввести локальні мережі в яких можуть знаходитися софтфони, телефони, шлюзи та інше активне обладнання. Все інше залишаємо як є.

General SIP Settings | SIP Settings [chan_pjsip]

Security Settings

Allow Anonymous Inbound SIP Calls Так Hi

Allow SIP Guests Так Hi

Default TLS Port Assignment Chan SIP PJSip

NAT Settings

External Address

Detect Network Settings

Local Networks /

/

Add Local Network Field

RTP Settings

RTP Port Ranges Start: End:

RTP Checksums Так Hi

Strict RTP Так Hi

RTP Timeout

RTP Hold Timeout

RTP Keep Alive

Рисунок 2.31 – Налаштування SIP

Задля перевірки коректної роботи IP-АТС створимо віртуальні номери та підключимо їх в наших софтбоках на віртуальних машинах ПК1 і ПК2. Для створення віртуальних номерів переходимо за шляхом Додатки>Додаткові номери та натискаємо на пункт «Швидку створення додаткового номеру». Тут бачимо два кроки (Рисунок 2.32). Обираємо тип каналу SIP, вводимо для себе зручний номер, ім'я та адресу електронної пошти. Все інше залишаємо за замовчуванням.

Швидке створення додаткового номеру

1 Step 1 2 Step 2

Step 1

Type

Extension Number

Display Name

Outbound Caller ID

Адреса електронної пошти

Previous Next Finish

Швидке створення додаткового номеру

1 Step 1 2 Step 2

Enable Find Me/Follow Me Так Hi

ParkingLot

Create User Manager User Так Hi

User Manager Groups

Enable Voicemail Так Hi

Voicemail PIN

Previous Next Finish

Рисунок 2.32 – Створення віртуального номера

Створивши номер, можемо перейти в його редагування (Рисунок 2.33), де можна побачити поле «Secret» з паролем, який використаємо для створення аккаунта в софтоні. Даний пароль можна змінити.

Extension: 110

The screenshot shows the 'Edit extension' page for extension 110. At the top, there are tabs for 'Загальні', 'Voicemail', 'Find Me/Follow Me', 'Розширений', 'Pin Sets', 'Загальні', and 'Інше'. Below the tabs is a header '— Редагувати додатковий номер'. A light blue box contains the text: 'This device uses PJSIP technology listening on Порт 5060 (UDP)'. Below this are several input fields: 'Display Name' (PC1), 'Outbound CID', 'Emergency CID', and 'Secret' (2e721bcf98a4020553e345d3ae9d816b). The 'Secret' field is highlighted with a red rectangular border.

Рисунок 2.33 – Редагування віртуального номеру

Після цього запускаємо Yate Client на віртуальному ПК і додаємо аккаунт зі створеним віртуальним номером. Вводимо той номер і пароль, а в якості сервера IP-адресу нашої IP-АТС. На рисунку 2.34 бачимо що номер підключено.

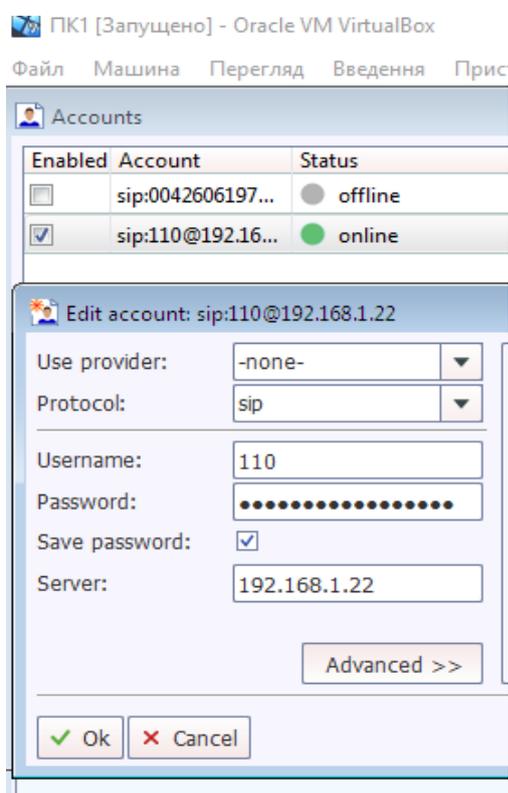


Рисунок 2.34 – Підключення віртуального номеру

Повторюємо попередні дії для створення другого віртуального номеру (Рисунок 2.35) і підключаємо його до соффона другої віртуальної машини.



Рисунок 2.35 – Віртуальні номери

Впевнитись в тому що реєстрування номерів пройшло успішно можна за шляхом Звіти>Asterisk Info. В пункті «Channels» (Рисунок 2.36) бачимо наші номери і їхній статус онлайн, а отже все працює.

Channels			
Tech	Resource	Status	Channel Count
PJSIP	220	ONLINE	0
PJSIP	110	ONLINE	0

Рисунок 2.36 – Статус номерів

Перевіримо чи працюють наші віртуальні номери. Зателефонуємо з ПК1 на ПК2. Як бачимо на Рисунку 2.37, з'єднання встановлено успішно.

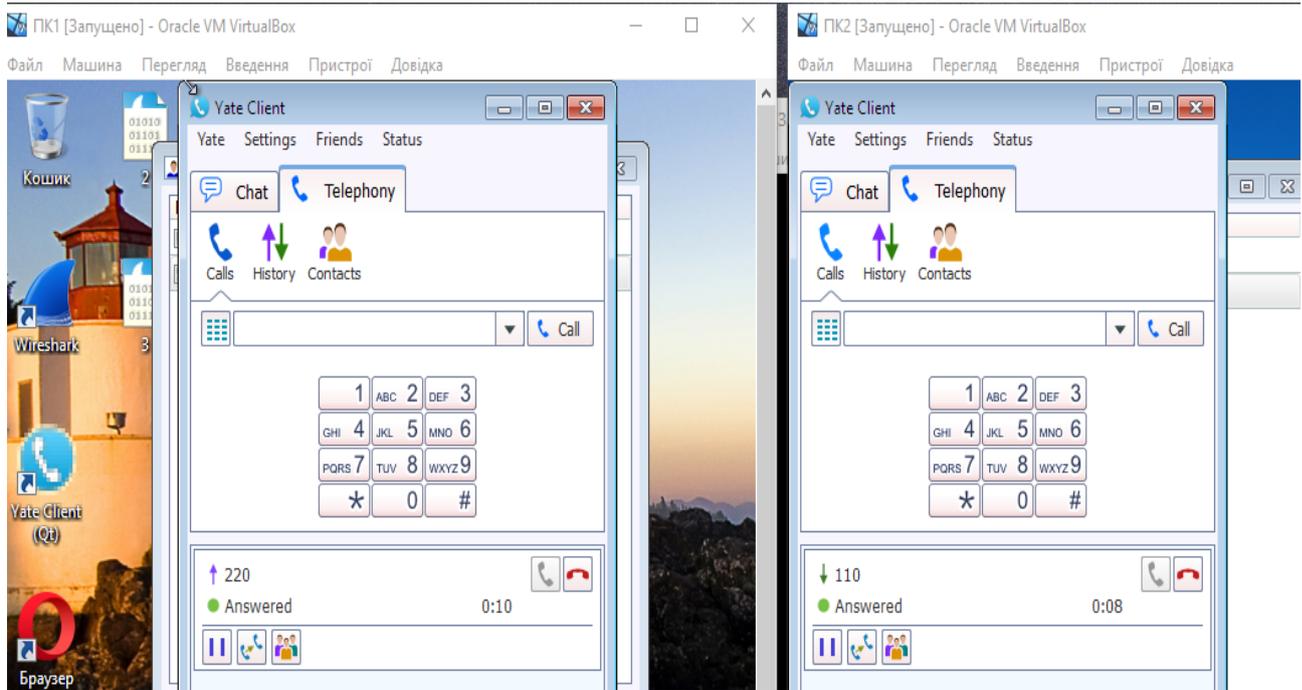


Рисунок 2.37 – Дзвінок з ПК1 на ПК2

В даному розділі було розглянуто ПЗ VirtualBox, створено в ньому віртуальні машини та об'єднано їх в одну мережу. Підключили до них IP-телефонію за допомогою софтів YateClient і виконали тестовий дзвінок на sipnet.net.

Також розглядалося встановлення віртуальної машини з IP-АТС FreePBX, яка має все необхідне для створення повноцінної офісної IP-АТС, постійно оновлюється, а встановлення не має особливих труднощів завдяки простоті інтерфейсу. Налаштовано дану систему, створено віртуальні номери, та виконано успішні дзвінки з однієї віртуальної машини на іншу.

3. АНАЛІЗ ПОТОКІВ ПРОТОКОЛУ SIP ЗА ДОПОМОГОЮ ПЗ WIRESHARK

3.1 ПЗ Wireshark.

Системні адміністратори використовують ряд програм для аналізу трафіку та пошуку причин збоїв. Одним з найпопулярніших інструментів для аналізу мережевого трафіку є Wireshark. Можливості програми безмежні - від захоплення пакетів, що передаються по мережі, до вилучення окремих файлів для дослідження та перевірки. Поговоримо про цю програму докладніше.

Wireshark один із найкращих у світі та широко використовуваний аналізатор мережевих протоколів. Він дозволяє побачити, що відбувається у вашій мережі на мікроскопічному рівні, і є стандартом де-факто (і часто де-юре) для багатьох комерційних і некомерційних підприємств, державних установ і навчальних закладів. Розробка Wireshark процвітає завдяки волонтерським внескам мережевих експертів у всьому світі та є продовженням проекту, розпочатого Джеральдом Комбсом у 1998 році [9].

Wireshark фіксує вхідні та вихідні TCP-пакети. А завдяки вбудованим функціям відстежує вміст і шукає помилки. Система фільтрів значно спрощує використання програми, а також простий і логічний графічний інтерфейс на базі фреймворку GTK + з підтримкою відкритого API (вікна зовні виглядають як Windows).

Особливості програми:

1. Кросплатформність – доступні версії для Linux, Windows, macOS.
2. Безкоштовно поширюється за ліцензією GNU GPL v2.
3. Простота - установка відбувається в кілька натискань на кнопку «Далі».

Спочатку розробники називали проект Ethereal і призначався він виключно для мереж Ethernet. У 2006 році через проблеми з торговою маркою вона була перейменована. За функціональністю програма схожа на tcpdump, але набула

великої популярності завдяки своєму інтерфейсу та багатим можливостям сортування та фільтрації.

Мережевий трафік конвертується буквально на льоту. Програма закладена структурою різноманітних протоколів, тому користувач працює із захопленим потоком інформації. Єдиним обмеженням є список підтримуваних стандартів - він обмежений можливостями бібліотеки rscap. Правда, функціонал буде легко розширюватися скриптами на мові Lua.

Необхідні функції мережевого аналізатора Wireshark:

1. Захоплення пакетів в реальному часі або під час читання з файлу.
2. Підтримка дротового Ethernet, бездротового зв'язку IEEE 802.11, PPP і локальних віртуальних інтерфейсів.
3. Відбір мережевих пакетів великою кількістю встановлених фільтрів, включаючи розшифровку тільки VoIP-дзвінків, HTTPS-трафіку.
4. Виділення різних протоколів для змішаного трафіку, виділення TCP, HTTP, FTP, DNS, ICMP тощо.
5. Дешифрування WEP-, WPA-трафіку бездротових мереж за наявності ключа безпеки та Handshake.

Паралельно програма фіксує навантаження на мережу, зберігає статистику, відображає відправку і прийом пакетів в реальному часі, але це другорядні функції. Основна з них – перехоплення трафіку. Тут необхідно уточнити, що використання програми повинно бути узгоджене з власником підмережі, інакше воно повністю перетвориться на «хакерську атаку» з подальшими наслідками для фахівця.

Ще однією перевагою Wireshark є інтерфейс українською мовою. Правда, вбудована довідка тільки англійською, тому розбиратися в програмі без знання мови доведеться за допомогою перекладача, або орієнтуватися на назви пунктів меню, які теж перекладені українською мовою. Головне розуміти принцип роботи програми і не боятися величезної кількості даних, отриманих під час визначення трафіку.

Програмне забезпечення має такі пункти меню:

1. Файл – містить команди для відкриття, збереження, імпорту/експорту виразів даних.
2. Редагування - зміна загальних параметрів програми, включаючи інтерфейс.
3. Перегляд - налаштування відображення окремих блоків, масштаб, підсвічування кольором.
4. Запуск - допомога по управлінню роботою програми за допомогою клавіш.
5. Захват - запустити, зупинити, перезапустити захоплення трафіку вказаної мережі.
6. Аналіз - система фільтрації протоколів, декодування, перевірка контенту.
7. Статистика – отримані звіти про трафік, деталізовані для кожного протоколу.
8. Телефонія - це окремий блок функціональних модулів для декодування IP-телефонії.

Також виділені параметри роботи з мережами Wi-Fi і Bluetooth (пункт «Бездротове підключення»). Якщо вам необхідно підключити додаткові скрипти для аналізу мережевого трафіку, підтримка Lua включена в розділі «Інструменти». Пробний запуск перехоплювача не викликає труднощів, просто виберіть потрібну мережу і натисніть «Пуск». Процес триватиме безперервно, поки програма не буде закрита вручну або поки ви не натиснете кнопку «Стоп».

У більшості випадків аналіз отриманого трафіку відбувається в автономному режимі. Спочатку він зберігається у файл (дамп) і лише потім виконується дослідження. Такий підхід дозволяє знизити ризик виникнення помилок, які призводять до втрати важливої інформації (наприклад, коли були неправильно налаштовані вбудовані фільтри в програмі Wireshark або неправильно поставлено завдання перехоплення). Збережений файл доступний для повторного аналізу без обмежень.

Основні прийоми:

1. Пошук за пакетами. Панель пошуку відкривається стандартною комбінацією клавіш Ctrl+F. Після активації режиму доступні кілька варіантів пошуку. Найпопулярнішим режимом є «Фільтр відображення», він призначений для

виявлення пакетів, які відповідають заданому виразу. Другий цікавий варіант - «Рядок».

2. Маркування пакетів. Всі пакети, які нас цікавлять, виділяються кольором за допомогою комбінації клавіш Ctrl + M (або через пункт випадаючого меню правої кнопки миші «Виконати / Зняти галочку з пакета»). Переміщення між ними працює за допомогою Shift+Ctrl+N (наступний) і Shift+Ctrl+B (попередній).
3. Фільтри. Визначає критерії виключення та включення в аналізовану колекцію пакетів. Чим більше аналізоване твердження, тим детальніше фільтрується інформація. Це спрощує потік даних і знижує ризик механічних помилок користувача.

Найпростіше вивчити функціонал програми в «рідній» мережі, корисно буде попрактикуватися в перемиканні режимів мережевих адаптерів. Програма підтримує 4 різні формати: керований, пряме підключення, головний і моніторний режим. Їх підбір дозволяє змінювати спосіб підключення в залежності від типу адаптера і поставленого завдання.

У будь-якому випадку оптимально спочатку випробувати всі варіанти і тільки потім пробувати використовувати утиліту за призначенням.

3.2 Аналіз потоків тестового дзвінка на сервер Sipnet.

Паралельно до дій, виконаних в розділі 2.3, нам потрібно на другій віртуальній машині запуснути аналізатор протоколів. В моєму випадку це ПЗ Wireshark.

Запустивши Wireshark обираємо підключення через локальну мережу і робимо захват пакетів. Захват потрібно виконати в той час, коли з іншого ПК робимо виклик на сервер SIPNET. Закінчивши виклик зупиняємо захват і у вкладці «Телефонія» відкриваємо «SIP Flows» (Рисунок 3.1).

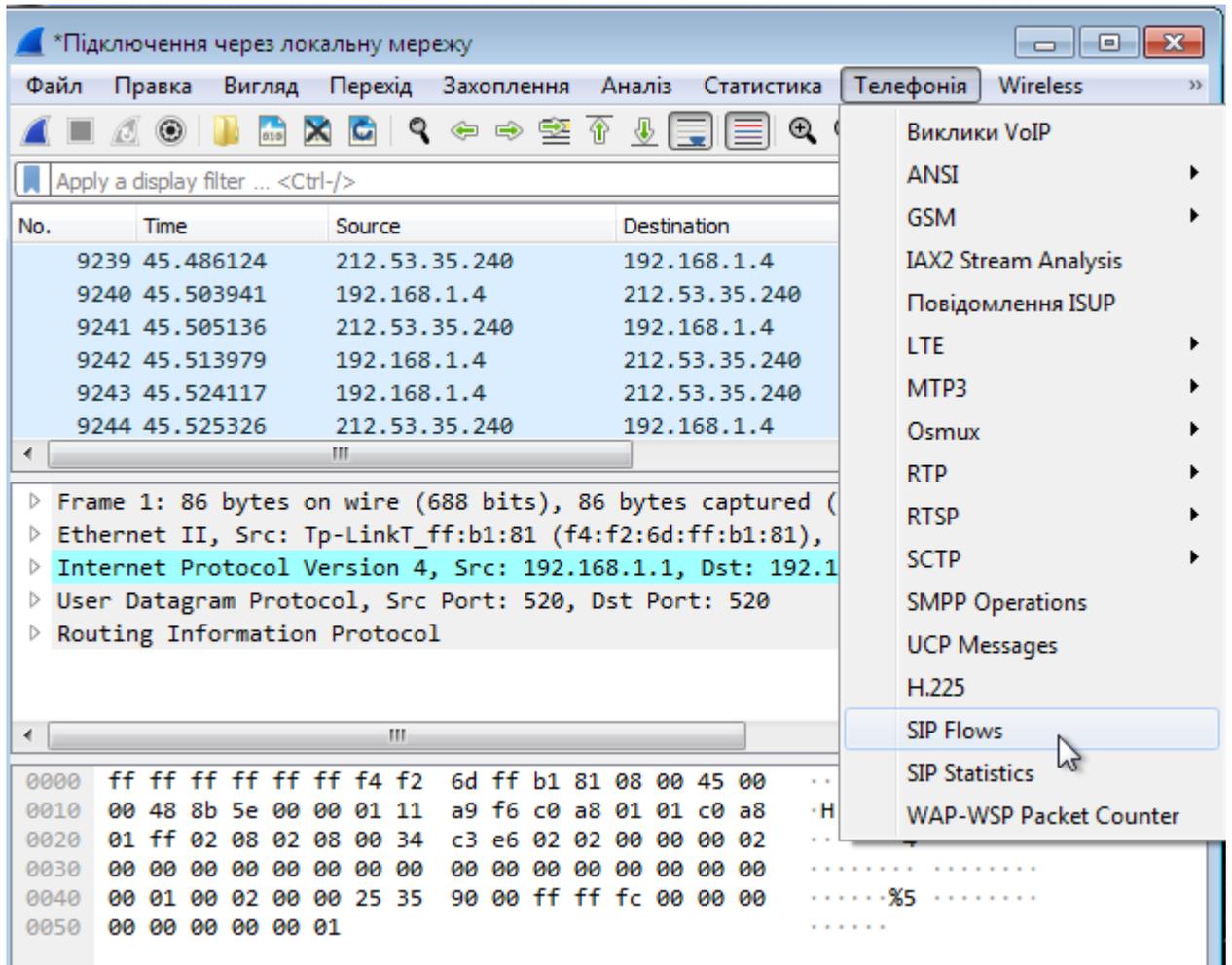


Рисунок 3.1 – Захват пакетів в локальній мережі

У вікні «SIP Flows» ми бачимо наш виклик на сервер SIPNET, який було виконано з іншої віртуальної машини в нашій мережі (Рисунок 3.2).

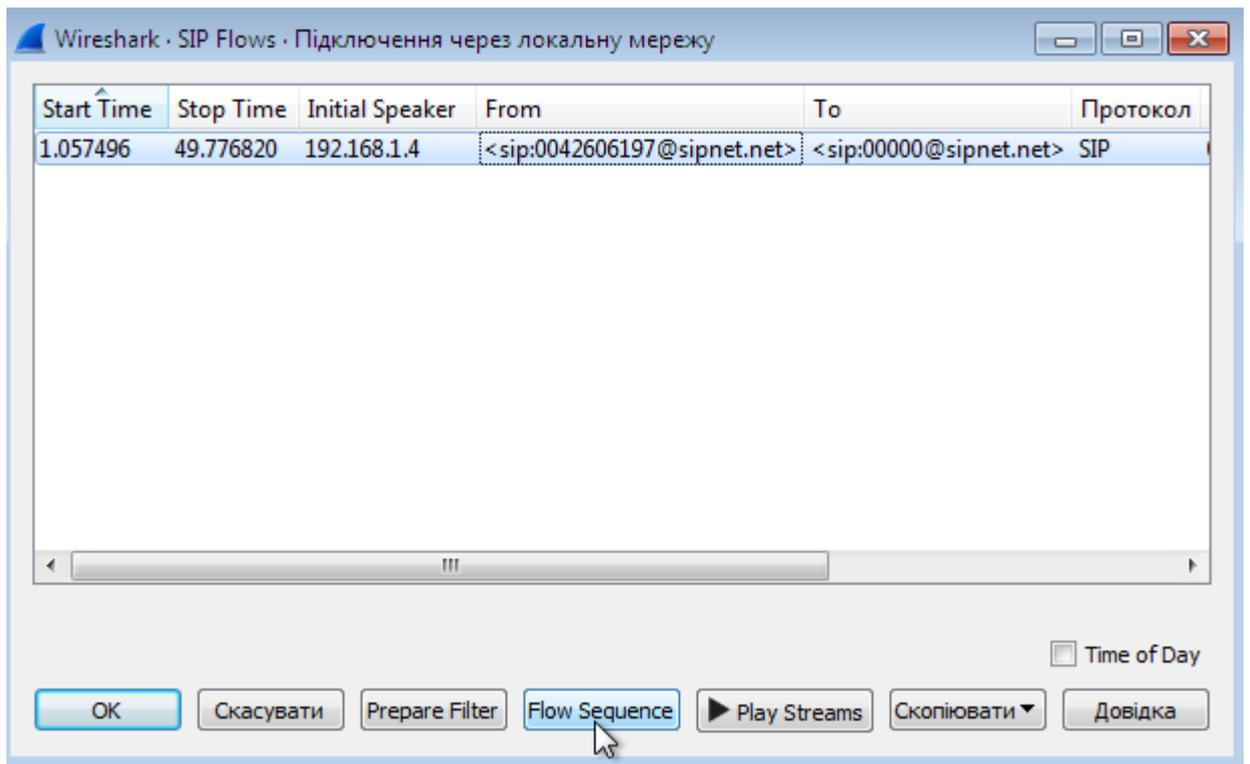


Рисунок 3.2 – SIP Flows

Натискаємо на «Flow Sequence» і бачимо діаграму дзвінка.

У протоколі SIP існують такі основні типи запитів (тип запиту задається в стартовому рядку):

- INVITE — викликає адресата для встановлення зв'язку. За допомогою цього повідомлення адресату передаються види підтримуваних сервісів (які можуть бути використані ініціатором сеансу), а також види сервісів, які бажає передавати ініціатор зв'язку;
- ACK — повідомлення підтверджує згоду адресата встановити з'єднання. У цьому повідомленні можуть бути передані остаточні параметри сеансу зв'язку (остаточно вибираються види сервісів і їх параметри які будуть використані);
- Cancel — відміна раніше переданих запитів (використовується у випадку якщо необхідності в них більше немає);
- BYE — запит завершення з'єднання;

- Register — даним запитом користувач ідентифікує своє поточне місце розташування;
- OPTIONS — запит інформації про функціональні можливості терміналу (застосовується у разі, якщо ці дані потрібно отримати до встановлення з'єднання, тобто до фактичного обміну даною інформацією за допомогою запитів INVITE і ACK).

На кожен запит, відправникові прямує відповідь, що містить код результату виконання запиту. Формат цих відповідей успадкований від протоколу HTTP. Відповіді кодуються 3-хзначним числом, перша цифра якого вказує на клас відповідей, а інші дві — ідентифікують конкретну відповідь в кожному класі. Пристрій може не знати, що означає код відповіді, але повинен обов'язково знати клас відповіді. Всього існує 6 класів відповідей:

- 1?? — Інформаційні відповіді;
- 2?? — Успішне закінчення запиту;
- 3?? — Інформація про зміни місця розташування абонента, що викликається;
- 4?? — Інформація про помилку;
- 5?? — Інформація про помилку сервера;
- 6?? — Інформація про неможливість виклику абонента (користувача з такою адресою не існує, або користувач відмовляється прийняти виклик).

Тепер розглянемо діаграму дзвінка і які в ній запити на Рисунок 3.3.

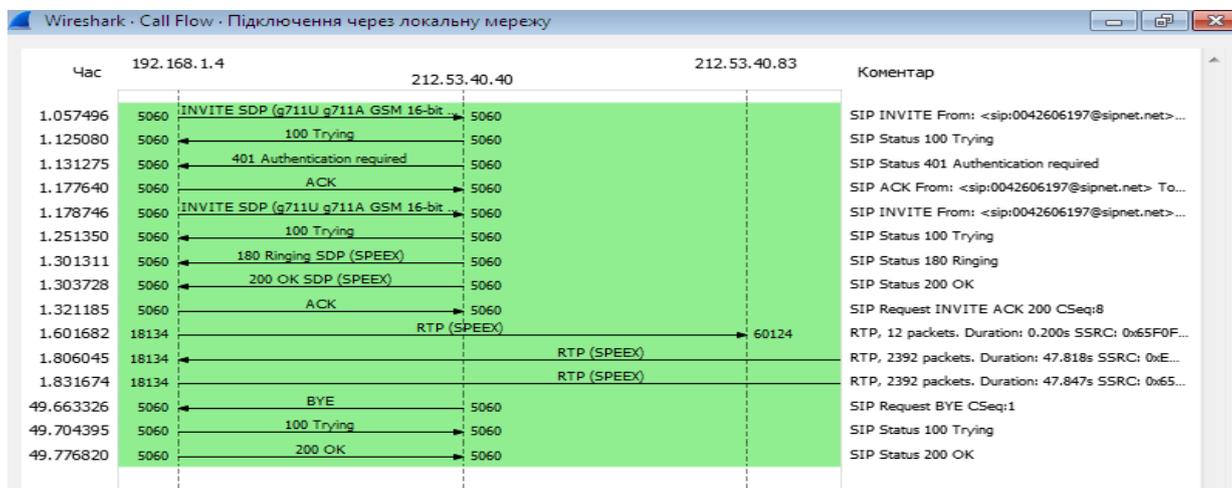


Рисунок 3.3 – Діаграма дзвінка

Зверху зліва можна побачити IP адресу 192.168.1.4, з якої було виконано дзвінок. Поруч IP адреси 212.53.40.40 та 212.53.40.83, які належать проксі-серверу «Sipnet».

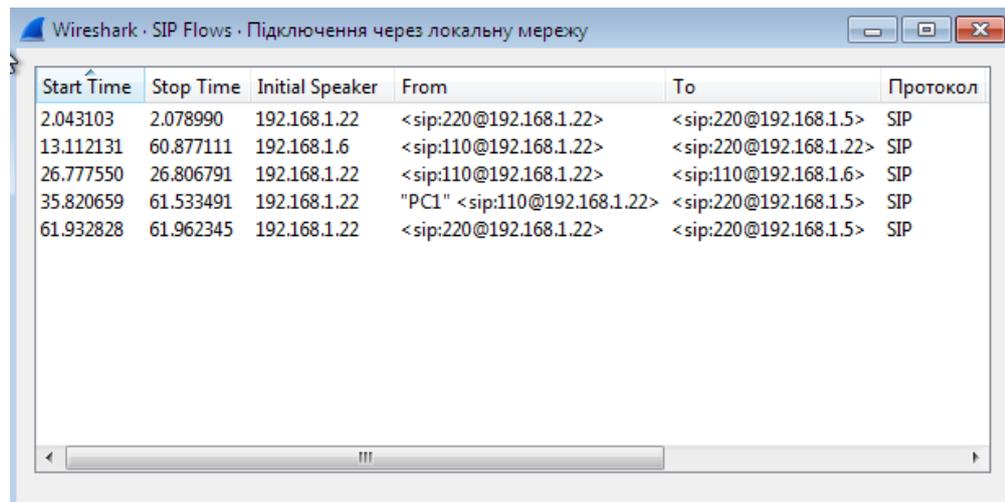
Проведемо аналіз послідовності обміну повідомлень між терміналом та сервером:

1. Запит на встановлення з'єднання до вузла від терміналу до сервера.
2. Інформаційна відповідь від сервера, про спробу з'єднання.
3. Відповідь від сервера, про необхідність авторизації.
4. Термінал підтверджує згоду на авторизацію.
5. Запит на встановлення з'єднання до вузла від терміналу до сервера.
6. Інформаційна відповідь від сервера, про спробу з'єднання.
7. Інформаційна відповідь від сервера, про надходження виклику до віддаленого вузла.
8. Відповідь від серверу, що він прийняв з'єднання.
9. Підтвердження передачі від терміналу до серверу.
10. Передача трафіку по протоколу RTP від терміналу до віддаленого вузла.
11. Передача трафіку по протоколу RTP від віддаленого вузла до терміналу.
12. Передача трафіку по протоколу RTP від віддаленого вузла до терміналу.
13. Запит завершення з'єднання від сервера.
14. Відповідь від терміналу про спробу з'єднання.
15. Відповідь від терміналу до сервера про завершення з'єднання.

3.3 Аналіз SIP потоків телефонної мережі FreePBX.

Здійснивши дзвінок з одного віртуального номера на інший в розділі 2.4, нам потрібно паралельно до цього провести аналіз протоколів. Закінчивши виклик зупиняємо захват і у вкладці «Телефонія» відкриваємо «SIP Flows» (Рисунок 3.4).

Отримано 5 SIP потоків, які зараз розглянемо детальніше.



Start Time	Stop Time	Initial Speaker	From	To	Протокол
2.043103	2.078990	192.168.1.22	< sip:220@192.168.1.22 >	< sip:220@192.168.1.5 >	SIP
13.112131	60.877111	192.168.1.6	< sip:110@192.168.1.22 >	< sip:220@192.168.1.22 >	SIP
26.777550	26.806791	192.168.1.22	< sip:110@192.168.1.22 >	< sip:110@192.168.1.6 >	SIP
35.820659	61.533491	192.168.1.22	"PC1" < sip:110@192.168.1.22 >	< sip:220@192.168.1.5 >	SIP
61.932828	61.962345	192.168.1.22	< sip:220@192.168.1.22 >	< sip:220@192.168.1.5 >	SIP

Рисунок 3.4 – SIP Flows

На Рисунку 3.5 бачимо перший SIP потік. Зверху зліва знаходиться IP адреса 192.168.1.22, яка належить IP-АТС, а IP адреса 192.168.1.5 належить другій віртуальній машині, яка приймає виклик від першої.

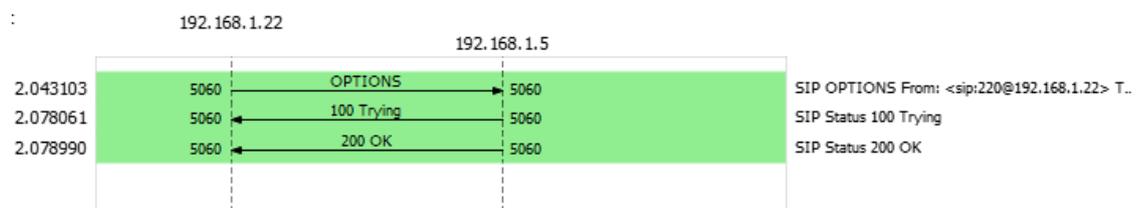


Рисунок 3.5 – Перший SIP потік

В першому потоці ми бачимо:

1. Запит інформації про функціональні можливості терміналу.
2. Інформаційна відповідь про спробу з'єднання.
3. Відповідь про прийняття з'єднання.

На Рисунку 3.6 бачимо другий SIP потік. Зверху зліва знаходиться IP адреса 192.168.1.6, яка належить першій віртуальній машині і з якої виконано дзвінок, а IP адреса 192.168.1.22 належить нашій IP-АТС.

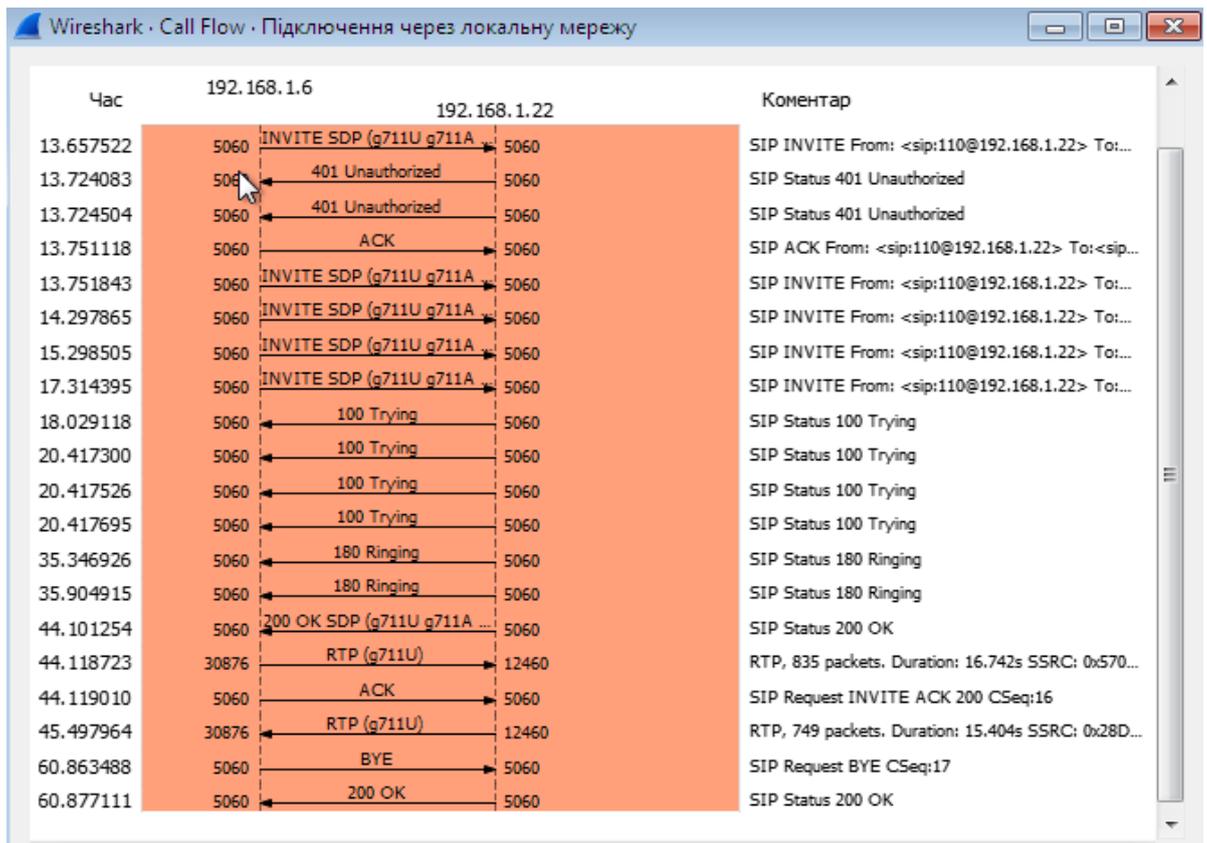


Рисунок 3.6 – Другий SIP потік

В другому потоці ми бачимо:

1. Запит на встановлення з'єднання до вузла від терміналу до сервера.
2. Відповідь від сервера, про несанкціоноване з'єднання.
3. Відповідь від сервера, про несанкціоноване з'єднання.
4. Термінал підтверджує згоду на з'єднання.
5. Запит на встановлення з'єднання до вузла від терміналу до сервера.
6. Запит на встановлення з'єднання до вузла від терміналу до сервера.
7. Запит на встановлення з'єднання до вузла від терміналу до сервера.
8. Запит на встановлення з'єднання до вузла від терміналу до сервера.
9. Інформаційна відповідь від сервера, про спробу з'єднання.
10. Інформаційна відповідь від сервера, про спробу з'єднання.
11. Інформаційна відповідь від сервера, про спробу з'єднання.
12. Інформаційна відповідь від сервера, про спробу з'єднання.

13. Інформаційна відповідь від сервера, про надходження виклику до віддаленого вузла.
14. Інформаційна відповідь від сервера, про надходження виклику до віддаленого вузла.
15. Відповідь від серверу, що він прийняв з'єднання.
16. Передача трафіку по протоколу RTP від терміналу до сервера.
17. Підтвердження передачі від терміналу до серверу.
18. Передача трафіку по протоколу RTP від сервера до терміналу.
19. Запит завершення з'єднання.
20. Відповідь від сервера до терміналу про завершення з'єднання.

На Рисунку 3.7 бачимо третій SIP потік. Тут проводиться обмін повідомленнями між IP-АТС з адресою 192.168.1.22, та першою віртуальною машиною з IP адресою 192.168.1.6.

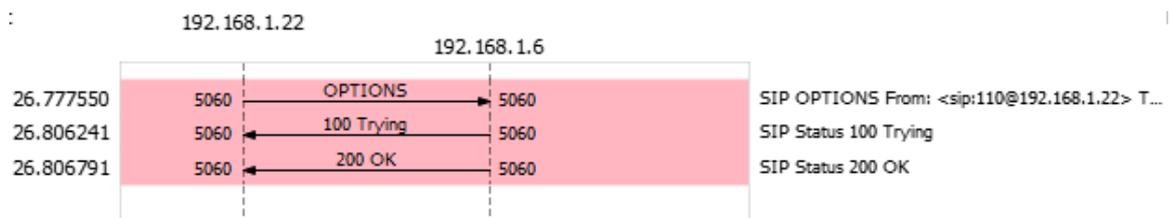


Рисунок 3.7 – Третій SIP потік

В третьому потоці ми бачимо:

1. Запит інформації про функціональні можливості терміналу.
2. Інформаційна відповідь про спробу з'єднання.
3. Відповідь про прийняття з'єднання.

На Рисунку 3.8 бачимо четвертий SIP потік. Тут проводиться обмін повідомленнями між IP-АТС з адресою 192.168.1.22, та другою віртуальною машиною з IP адресою 192.168.1.5.

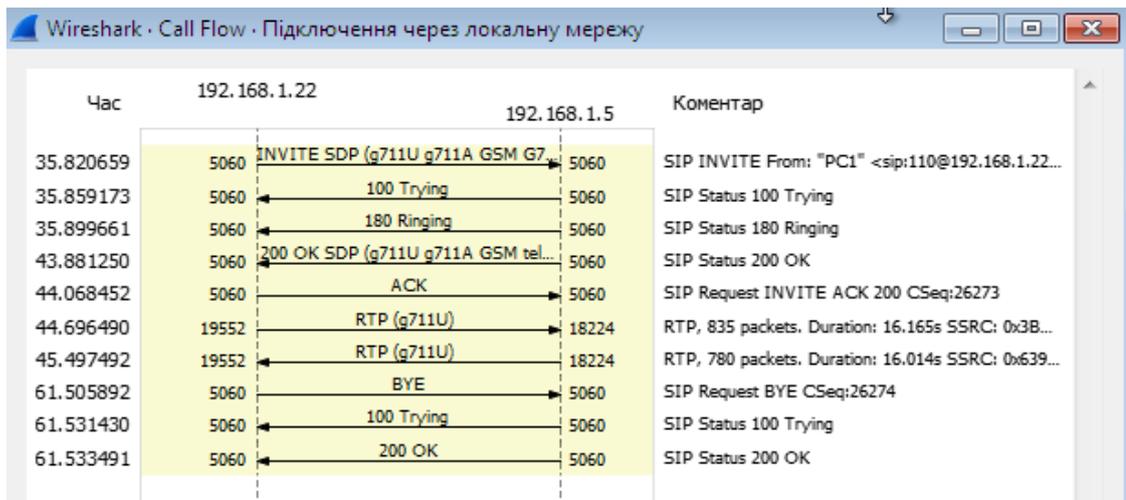


Рисунок 3.8 – Четвертий SIP потік

В четвертому потоці ми бачимо:

1. Запит на встановлення з'єднання до вузла від сервера до терміналу.
2. Інформаційна відповідь про спробу з'єднання.
3. Інформаційна відповідь від терміналу, про надходження виклику до віддаленого вузла.
4. Відповідь від терміналу, що він прийняв з'єднання.
5. Сервер підтверджує згоду на авторизацію.
6. Передача трафіку по протоколу RTP від сервера до терміналу.
7. Передача трафіку по протоколу RTP від терміналу до сервера.
8. Запит завершення з'єднання.
9. Інформаційна відповідь про спробу з'єднання.
10. Відповідь від терміналу, що він прийняв з'єднання.

На Рисунку 3.9 бачимо п'ятий SIP потік. Тут проводиться обмін повідомленнями між IP-АТС з адресою 192.168.1.22, та другою віртуальною машиною з IP адресою 192.168.1.5.

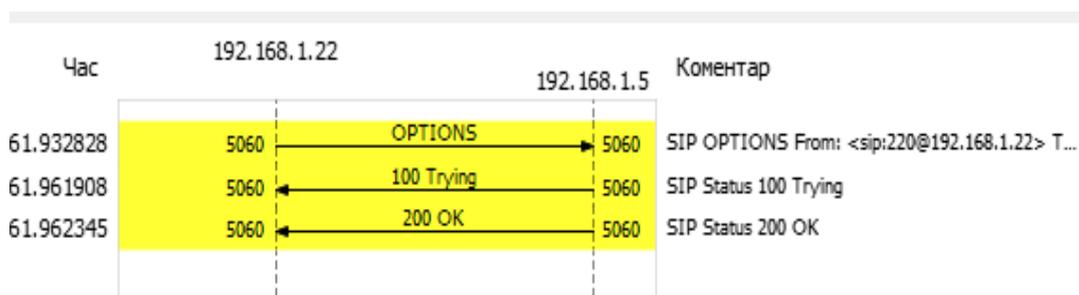


Рисунок 3.9 – П'ятий SIP потік

В п'ятому потоці ми бачимо:

1. Запит інформації про функціональні можливості терміналу.
2. Інформаційна відповідь про спробу з'єднання.
3. Відповідь про прийняття з'єднання.

Таким чином, в даному розділі було розглянуто аналізатор пакетів Wireshark, його функції та особливості, основні типи запитів протоколу SIP. Wireshark це дуже популярний і надзвичайно вправний аналізатор мережевих протоколів. Окрім того, що він безкоштовний, головною перевагою є те, що це графічна програма. Збір даних і перевірка мережевого трафіку в інтерфейсі користувача є дуже зручною справою, оскільки це дозволяє обробляти складні мережеві дані.

Також проведено аналіз SIP потоків захоплених трафіків під час дзвінка на тестовий сервер sipnet, та дзвінка з одного віртуального номера на інший, створених на IP-АТС.

4. РОЗРАХУНОК ТРАФІКА ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ОБЛАДНАННЯ

До початку розрахунків візьмемо до уваги те, що комутатор пакетів буде виконувати функції концентратора, тобто з'єднуватиме потоки пакетів інформації двох типів – додатків IP-телефонії та додатків даних, що формують потоки пакетів класу «Мова» та класу «Дані» у один спільний потік пакетів.

Головною задачею розрахунків є визначення необхідної пропускної здатності вихідного тракту передавання $R_{\text{необх.}}$, яка б забезпечувала коефіцієнт використання тракту не вище ніж задане значення $\rho_{\Sigma \text{max}} = 0,8$. При розрахунках, знехтуємо тією службовою інформацією, що міститься у заголовках пакетів.

Розглянемо в наведеній нижче Таблиці 4.1 вхідні дані для розрахунку:

Таблиця 4.1 – Вхідні дані

Для додатків IP телефонії:	
Середня тривалість телефонної розмови	$t_{\text{розм.}} = 90 \text{ с}$
Середня інтенсивність викликів в годину найбільшого навантаження (наведене значення враховує виклики при встановленні як вихідних, так і вхідних з'єднань)	$\lambda = 3$
Кількість абонентів IP телефонії	$N = 250$
Норма втрат викликів	$P_{\text{втр.}} = 0,001$
Потік кадрів з постійною швидкістю (для кодування мови використовується кодек G.711)	$r^{\text{"M"}} = 64 \text{ кбіт/с}$
Для додатків даних:	

Продовження Таблиці 4.1 – Вхідні дані

Розрахункова довжина блоку даних	$l^{''Д''} = 1024$ байтів
Розрахункова інтенсивність потоку пакетів з даними	$\lambda^{''Д''} = 7200$ пакетів/с

Проведемо розрахунок необхідної пропускної здатності.

На першому кроці нам потрібно визначити інтенсивність навантаження для одного абонента IP телефонії:

$$y = \frac{t_{\text{розм.}}}{3600} \lambda = \frac{90}{3600} \cdot 3 = 0,075 \text{ Ерл.}$$

Далі розрахуємо інтенсивність навантаження для усіх абонентів IP телефонії:

$$Y = y \cdot N = 0,075 \cdot 250 = 18,75 \text{ Ерл.}$$

Знайдемо кількість ν умовних (не фізичних) вихідних портів, еквівалентних за пропускною спроможністю вхідним. Якщо кількість джерел навантаження дорівнює принаймні 250 – за табульованою в Таблиці 4.2 першою формулою Ерланга, що в даному випадку встановлює залежність між втратами викликів P , інтенсивністю навантаження Y , створюваного n джерелами, і числом ν умовних вихідних портів [10]. Тепер можемо визначити потрібну кількість потоків пакетів класу «Мова» ν у вихідному тракті передавання комутатора пакетів, при якій втрати викликів не будуть перевищувати $P_{\text{втр.}} = 0,001$. З Таблиці 4.2 виходить, що $\nu = 34$.

Таблиця 4.2 – Табульована перша формула Ерланга [10]

Число каналів N	Навантаження Y , Ерл, при ймовірності втрат P							
	0.00001	0.0001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006
1	.00001	.00010	.00100	.00200	.00301	.00402	.00503	.00604
2	.00448	.01425	.04576	.06534	.08064	.09373	.10540	.11608
3	.03980	.08683	.19384	.24872	.28851	.32099	.34900	.37395

Продовження Таблиці 4.2 – Табульована перша формула Ерланга [10]

4	.12855	.23471	.43927	.53503	.60209	.65568	.70120	.74124
5	.27584	.45195	.76212	.89986	.99446	1.0692	1.1320	1.1870
6	.47596	.72826	1.1459	1.3252	1.4468	1.5421	1.6218	1.6912
7	.72378	1.0541	1.5786	1.7984	1.9463	2.0614	2.1575	2.2408
8	1.0133	1.4219	2.0513	2.3106	2.4837	2.6181	2.7299	2.8266
9	1.3391	1.8256	2.5575	2.8549	3.0526	3.2057	3.3326	3.4422
10	1.6970	2.2601	3.0920	3.4265	3.6480	3.8190	3.9607	4.0829
12	2.4958	3.2072	4.2314	4.6368	4.9038	5.1092	5.2789	5.4250
14	3.3834	4.2388	5.4464	5.9190	6.2291	6.4670	6.6632	6.8320
16	4.3453	5.3390	6.7215	7.2582	7.6091	7.8780	8.0995	8.2898
18	5.3693	6.4959	8.0459	8.6437	9.0339	9.3324	9.5780	9.7889
20	6.4460	7.7005	9.4115	10.068	10.496	10.823	11.092	11.322
22	7.5680	8.9462	10.812	11.525	11.989	12.344	12.635	12.885
24	8.7298	10.227	12.243	13.011	13.510	13.891	14.204	14.472
26	9.9265	11.540	13.701	14.522	15.054	15.461	15.795	16.081
28	11.154	12.880	15.182	16.054	16.620	17.051	17.406	17.709
30	12.417	14.246	16.684	17.606	18.204	18.660	19.034	19.355
32	13.697	15.633	18.205	19.176	19.805	20.284	20.678	21.015
34	15.001	17.041	19.743	20.761	21.421	21.923	22.336	22.689
36	16.325	18.468	21.296	22.361	23.050	23.575	24.006	24.376
38	17.669	19.911	22.864	23.974	24.692	25.240	25.689	26.074
40	19.031	21.372	24.444	25.599	26.346	26.915	27.382	27.782

Далі потрібно розрахувати швидкість передавання для загальної кількості потоків мови:

$$r_{\Sigma}^{\text{М}} = \nu \cdot r^{\text{М}} = 34 \cdot 64 \cdot 10^3 = 2,176 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

Розрахувавши швидкість передавання для загальної кількості потоків мови, переходимо до розрахунку швидкості передавання для потоку даних:

$$r_{\Sigma}^{\text{Д}} = \lambda^{\text{Д}} \cdot 8l^{\text{Д}} = 7200 \cdot 8 \cdot 1024 = 58,982 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

Тепер, коли нам відомі швидкість передавання потоків мови, та швидкість передавання потоку даних, ми можемо знайти сумарну швидкість передавання інформації:

$$r_{\Sigma} = r_{\Sigma}^{\text{М}} + r_{\Sigma}^{\text{Д}} = 2,176 \cdot 10^6 + 58,982 \cdot 10^6 = 61,158 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

Необхідну пропускну здатність розрахуємо таким чином, щоб максимально допустимий коефіцієнт використання тракту передавання $\rho_{\Sigma \text{max}}$ дорівнював 0,8:

$$R_{\text{необх.}} = \frac{r_{\Sigma}}{\rho_{\Sigma \text{max}}}, R_{\text{необх.}} = \frac{61,158 \cdot 10^6}{0,8} = 76,4475 \cdot 10^6 \text{ біт/с.}$$

На рисунку 4.1 можемо розглянути візуальний приклад знаходження пропускну здатності трактів передавання мережі.

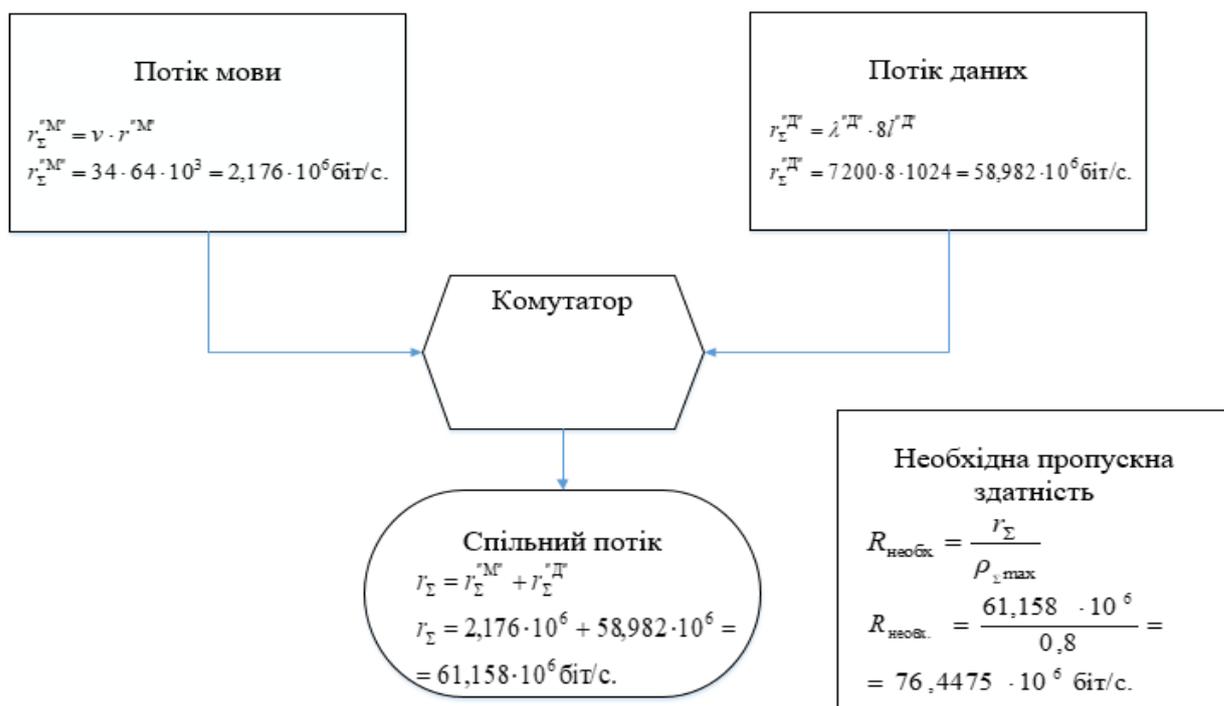


Рисунок 4.1 – Знаходження пропускну здатності трактів передавання мережі.

Виходячи з розрахунків, необхідна пропускну здатність $R_{\text{необх.}} = 76,4475 \text{ Мбіт/с,}$ а отже, оптимально буде використовувати технологію Fast Ethernet, яка має швидкість 100 Мбіт/с.

ВИСНОВКИ

В ході роботи розглядалося поняття корпоративної мережі IP-телефонії, переваги перед аналоговими системами зв'язку, її побудови на базі VoIP-шлюзів та на базі IP-АТС, також було розглянуто що таке Softswitch, його архітектура та приклади програмних комутаторів. Все це було розглянуто в першому розділі, виходячи з якого можна зрозуміти, що IP-телефонія має ряд переваг, а саме: економія, полегшення роботи на відстані, функціональність, простота підключення, а також можливість об'єднання в АТС.

В другому розділі проводилися дослідження ПЗ VirtualBox, та було створено в ньому віртуальні машини, які згодом об'єднано в одну мережу. Підключив до них IP-телефонію за допомогою софтофонів YateClient і виконав тестовий дзвінок на «Echo-сервер» sipnet.net. В наступній частині даного розділу відбувалося встановлення віртуальної машини з IP-АТС FreePBX та налаштовано дану систему для її подальшого функціонування, створив віртуальні номери, які додав до софтофонів на віртуальних машинах і виконав успішні дзвінки з однієї віртуальної машини на іншу.

В третьому розділі було розглянуто аналізатор пакетів Wireshark, його функції та особливості, основні типи запитів протоколу SIP. Проведено захоплення трафіків дзвінка на «Echo-сервер» sipnet.net, та дзвінка з одного віртуального номера на інший, створених на IP-АТС, та проаналізовано їхні SIP потоки.

В останньому розділі було розраховано необхідну пропускну здатність, яка становить 76 Мбіт/с, тож оптимально буде використовувати технологію Fast Ethernet, яка має швидкість 100 Мбіт/с.

В даній роботі були виконані всі поставлені задачі інноваційного, дослідницького характеру.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Уэнделл Одом Computer Networking First-step - 2005. С.432.
2. Корпоративна мережа IP-телефонії. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.rgc.kiev.ua/main.php?css=sscc0hr70.11td0bd0ne0qq>
3. Softswitch. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://calvarybaptisthsv.org/wiki/Softswitch>
4. Asterisk. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.asterisk.org>
5. FreeSwitch. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://signalwire.com/freeswitch>
6. Yate. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.yate.ro>
7. FreePBX. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.freepbx.org>
8. What Is VirtualBox? Meaning, Working, Installation, and Uses. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.spiceworks.com/tech/cloud/articles/what-is-virtualbox/>
9. About Wireshark. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.wireshark.org>
10. 12 ВБН В.2.2-33-2007 Споруди станційні місцевих телефонних мереж.
11. Комп'ютерні мережі та телекомунікації : навч. посібник / В. А. Ткаченко, О. В. Касілов, В. А. Рябик. – Харків: НТУ "ХПІ", 2011. – 224 с.
12. Hersent, Olivier; Petit, Jean-Pierre; Gurle, David (2005). Beyond VoIP Protocols: Understanding Voice Technology and Networking Techniques for IP Telephony. John Wiley & Sons. p. 55. ISBN 9780470023631.
13. Девідсон Д. та ін. Основи передачі голосових даних в мережах IP. М.: 2007.
14. Building Telephony Systems with OpenSER / E. Goncalves, 2008.
15. Montazerolghaem, A.; Moghaddam, M. H. Y.; Leon-Garcia, A. (March 2018). "OpenSIP: Toward Software-Defined SIP Networking". IEEE Transactions on Network and Service Management. 15 (1): 184–199.
16. FreePBX 2.5 Powerful Telephony Solutions. Configure, deploy, and maintain an enterprise-class VoIP PBX / Alex Robar, 2009.

ДОДАТОК А

THE CONCEPT OF A CORPORATE NETWORK OF IP-TELEPHONE. SOFTSWITCH AND ITS ARCHITECTURE

A.1 Corporate network

A corporate network is a network whose main purpose is to support the work of a specific enterprise that owns this network. Only employees of this enterprise are users of the corporate network. Unlike carrier networks, corporate networks generally do not provide services to third-party organizations or users. Depending on the scale of the enterprise, as well as on the complexity and diversity of the tasks to be solved, department networks, campus networks and corporate networks are distinguished (the term "corporate" in this classification acquires a narrow meaning - the network of a large enterprise) [1].

Any organization is a set of interacting elements (units), each of which can have its own structure. The elements are functionally interconnected, that is, they perform certain types of work within the framework of a single business process, as well as information, exchanging documents, faxes, written and verbal orders, etc. In addition, these elements interact with external systems, and their interaction also can be both informative and functional. And this situation is true for almost all organizations, no matter what type of activity they are engaged in - for a government institution, a bank, an industrial enterprise, a commercial firm, and so on.

Such a general view of the organization allows us to formulate some general principles of building corporate information systems, that is, information systems on the scale of the entire organization.

A corporate network is any network that operates on the TCP/IP protocol and uses Internet communication standards, as well as service applications that provide data delivery to network users. For example, an enterprise can create a Web server for

publishing announcements, production schedules, and other official documents. Employees access the necessary documents using Web browsing tools (browsers).

Web servers of a corporate network can provide users with services similar to Internet services, such as working with hypertext pages (containing text, hyperlinks, graphic images and sound recordings), providing the necessary resources at the request of Web clients, as well as providing access to databases. In this guide, all publishing services are referred to as "Internet Services", regardless of where they are used (on the Internet or on a corporate network).

The corporate network, as a rule, is territorially distributed, that is, it unites offices, divisions and other structures located at a considerable distance from each other. The principles by which a corporate network is built are quite different from those used when creating a local network. This limitation is fundamental, and in design [1].

A.2 The concept of a corporate IP telephony network

Currently, there are practically no such organizations that do not need calls outside the local telephone network. At a minimum, communication between several geographically distributed offices of the same company or calls to employees' mobile phones, which is equivalent to a long-distance/international call, is required. Therefore, reducing costs for telephone communication is an urgent task for any enterprise [2].

To solve the problem of reducing communication costs, it is necessary to use the technologies of multiservice networks, in particular, IP telephony. IP telephony is a technology that allows voice to be transmitted over data networks, including the Internet. Due to this, communication costs are significantly reduced.

The main elements of a corporate IP telephony network are IP PBX and VoIP gateways, depending on the network construction option. A VoIP gateway is a device that connects telephone lines (office PBX, telephone, fax) on one side, and an IP network (for example, the Internet or a corporate data network) on the other. Such VoIP gateways are installed in each of the company's branches, so all branches, in addition to regular

telephone channels, receive additional telephone communication channels via the IP network [2].

Advantages of a corporate IP telephony network:

- significant reduction of costs for long-distance and international calls;
- the possibility of practically unlimited connection of additional lines;
- a single call routing system and a single numbering plan throughout the network of branches and divisions;
- audio conferences and conference calls with the participation of subscribers from remote divisions;
- the possibility of organizing a system of unified messages (unified communications) for all employees of the enterprise, including on business trips;
- the possibility of using encryption technology, for example, VPN, to increase the security of telephone conversations;
- the possibility to reduce costs for the construction of the company's data transmission network and telephone network due to the integration of data transmission and telephony networks;
- reduction of the total cost of maintenance of the data transmission network and the corporate telephone network;
- the possibility of organizing a single corporate or distributed call center.

There are several approaches to building corporate IP telephony networks, which we will consider in more detail.

A.3 Corporate IP telephony network based on VoIP gateways

This option is the simplest and least functional. In this case, a VoIP gateway is installed in each of the branches, which is connected to the free ports of the office PBX, if there is no PBX in the office or there are no free ports on the PBX, then separate telephone sets are connected to the VoIP gateway, which will be used only for intra-corporate calls. Thus, the company receives additional communication channels via the

Internet, which can be used for free telephone communication between the company's divisions. We can see an example of this option in Figure 1.1

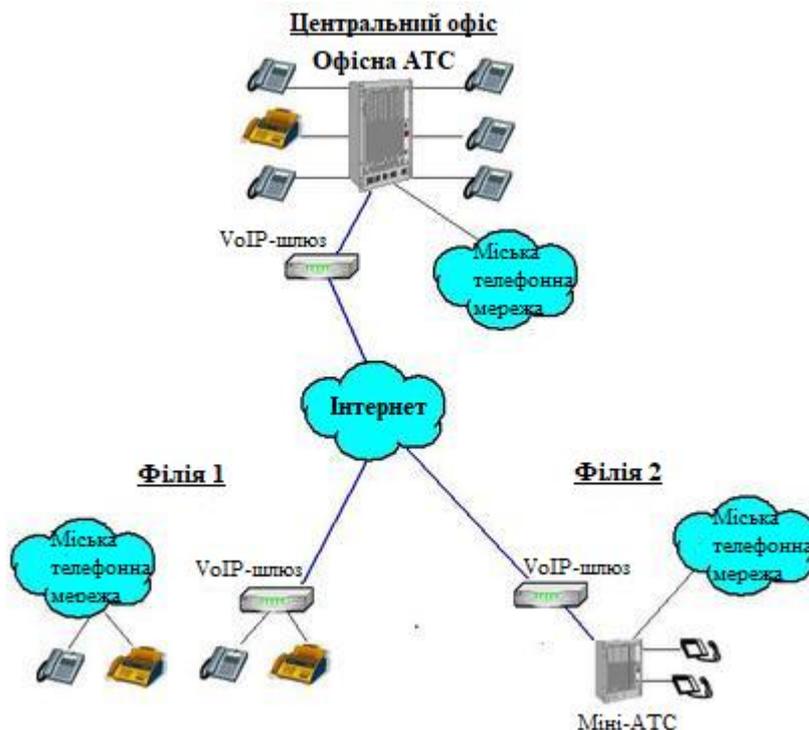


Figure A.1 – Corporate IP telephony network based on VoIP gateways

The advantage of this option is the low cost of the equipment.

Disadvantages of this option - free ports are required on the office PBX, reprogramming of office PBXs is required, adding new branches (VoIP gateways) will require reprogramming of all VoIP gateways, it is impossible to connect branches or remote employees who do not have a static IP address to the network [2].

A.4 Corporate IP telephony network based on IP PBX

The options for building a corporate IP telephony network described above are intended to solve the problem of reducing costs for telephone conversations between company offices. If the company is interested in building a multi-functional communication system that connects all branches, it is necessary to install an IP PBX. It is due to the installation of an IP PBX that it becomes possible not only to reduce the costs of telephone conversations, but also to organize a single communication space for

all company employees, regardless of their location (with a single numbering plan, a single system of distinguishing subscriber rights and a single administration system).

With this organization of communication, traditional long-distance and international communication (between offices) is completely excluded, which significantly reduces the company's costs. Employees of the branches, in turn, do not feel territorial distance at all - communication between them is carried out by simply dialing the subscriber's internal number.

In addition, it is the IP PBX that provides the user with additional types of service - an expanded set of service functions, due to which the efficiency of the company's employees increases, work time is saved, productivity and efficiency of management decision-making increases. We can see an example of this option in Figure 1.2.

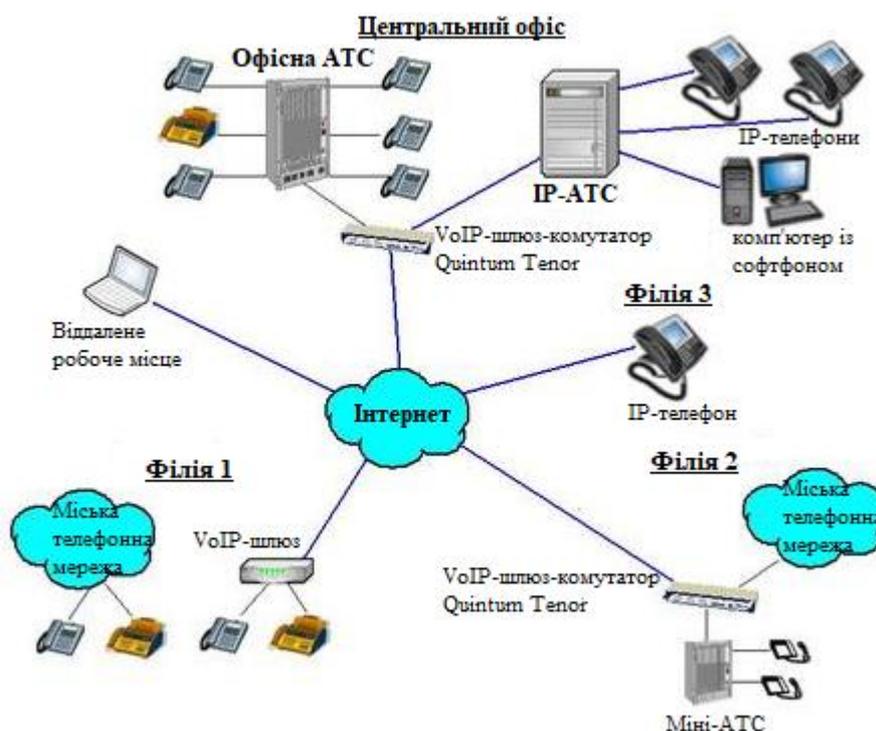


Figure A.2 – Corporate IP telephony network based on IP PBX

Main capabilities and functions of IP PBX:

- call routing functions – various ways of distributing incoming calls between subscribers, direct internal access to the system (DISA), direct inbound dialing (DID), group call, call queue;

- call management function – call hold, call interception, call forwarding;
- office functions – voice menu (IVR), subscriber presence control, conversation recording, conference call, conversation listening, voice mail, electronic fax;
- system functions – delineation of user rights, centralized definition of subscriber rights, user authorization with establishment of connection rights, keeping statistics of conversations.

Moreover, all these functions are available to all IP PBX subscribers, regardless of which office they are in. It should also be noted that the IP-PBX provides the possibility of unlimited expansion of the number of subscribers, both in the central office and in branches, as well as the possibility of connecting employees who work at home to the company's telephone network.

With this version of the organization of the corporate network of IP telephony, a server or software-hardware complex IP PBX is installed in the central office, which provides call management between all subscribers of the corporate network. Subscribers can connect to the network in different ways: remote offices connect using a VoIP gateway, remote workplaces using IP phones or computers with a software IP phone (softphone), mobile employees using smartphones with a built-in SIP client. Thus, all employees of the company who are connected to the Internet are subscribers to the corporate IP-telephony network and can make free calls to any other subscriber of the network [2].

A.5 SoftSwitch

Softswitch (English Softswitch - software switch, the tracing paper "softswitch" is also used) is a flexible software switch for providing telephone communication functions, one of the main elements of the next generation NGN communication network. The softswitch serves to manage the NGN network and is designed to separate connection management functions from switching functions. The software switch is able to serve a large number of subscribers and interact with application servers, supporting open

standards. It is the carrier of the intelligent capabilities of the IP network, it coordinates the control of the service of telephone calls, signaling and functions that ensure the establishment of a connection over one or more networks. A softswitch can be software (hence the word "soft" in the term) on any server or virtual machine or APK — a specialized device with installed software or even a network cluster of servers or devices with installed software that works as a single entity [3].

In the course of the development of telephony and data transmission networks, the NGN concept was developed, which provides for the convergence of IP-telephony networks with PSTN, ISDN, Intelligent networks, mobile communication networks and the Internet. In order to interact with all networks and types of alarms, the Softswitch device was developed, a software switch that became the core of a multi-service network.

The International Softswitch Consortium ISC (International Softswitch Consortium), later renamed IPCC (International Packet Commu), was founded in 1999 as the first organization engaged in promoting Softswitch standards and ensuring the interoperability of various Softswitch technologies. The IPCC included working groups that discussed Softswitch architecture, services, protocols, and marketing issues.

Lucent Technologies Corporation was the first manufacturer to demonstrate Softswitch as a commercial product. It happened in 2001 at the CeBIT exhibition. This Softswitch is a multifunctional programmable control system that allows operators to quickly create and implement new services in their IP and ATM networks.

Worldcom and Level 3 were the first operator companies to deploy advanced software switch zones [3].

A.6 SoftSwitch architecture

According to the Softswitch architecture model developed within the framework of the IPCC Consortium, four functional planes are provided:

- transport plane - responsible for transporting messages through the communication network. Includes IP Transport Domain, Interaction Domain, and Non-IP Access Domain;

- call and signaling service management plane – manages the main elements of the IP telephony network. Includes media gateway controller, Call Agent, Gatekeeper;
- plane of services and programs — implements management of services in the network. Contains application servers and DVO servers (additional types of services);
- operational management plane – supports functions of activation of subscribers and services, maintenance, billing and other operational tasks.

The main task of Softswitch is to coordinate different signaling protocols of both networks of the same type, for example, when combining H.323 and SIP networks, and when channel switching networks interact with IP networks.

The main types of signaling used by a Softswitch are signaling for connection management, signaling for the interaction of different Softswitches with each other, and signaling for managing transport gateways. The main connection management signaling protocols today are SIP-T, OKS-7 and H.323. As options, the E-DSS1 protocol of primary ISDN access, the subscriber access protocol via the V5 interface, as well as the still relevant signaling of dedicated CAS signaling channels are used as options [3].

The main signaling protocols for transport gateway control are MGCP and Megaco/H.248, and the main signaling protocols for communication between SoftSwitches are SIP-T and BICC.

Due to access to various networks and programs, it is much easier to organize various types of services and additional types of services on the basis of Softswitch:

- A complete set of modern telephony services, such as intelligent call routing, depending on the subscriber's availability, call waiting, call holding and translation, three-way conferences, call parking and interception, multi-line subscriber groups, etc.
- Assignment of direct city numbers to any of the lines, permission or prohibition of certain types of incoming/outgoing communication on them, obtaining connection statistics.
- Wide possibilities of activation and deactivation of services on a certain telephone line using activation codes dialed from the phone, using the web interface, using the IVR voice portal, using the phone menu.

- Voice services, such as voice mail, with the possibility of sending the received message to email, etc.

Today, it is customary to divide Softswitch into the presence/absence of a subscriber base and interaction with end-user devices.

Softswitch class IV is intended for the organization of a transit center in some operator networks. It performs routing and distribution of calls in IP networks at the trunk level, providing transit and redistribution of traffic received from regional segments [3].

Softswitch class V - software switches of class 5 differ in the ability to work directly with end subscribers of the network and provide them with both transport services and additional types of services (DVO) [3].

There are also combined or universal solutions, which are called class 4/5.

A.7 Examples of SoftSwitch

Many well-known companies are engaged in the creation of Softswitch software switches for next-generation communication networks (NGN): Avaya, Nokia Siemens Networks, Alcatel-Lucent, Ericsson, Unify, Nortel, Cisco, Huawei, Samsung and others.

Solutions for corporate communication networks:

- 3CX - IP PBX for internal corporate communications.
- Avaya Aura – IP PBX and a developed ecosystem of related products (gateways, servers, telephone devices). Production: USA.
- CommuniGate Pro - e-mail and IP-telephony server.
- Cisco Call Manager Express (CME) and Unified Call Manager (CUCM) – IP PBX and a more complex multidisciplinary solution. Production: USA.

Solutions for telecommunications operators:

- Huawei SoftX 3000 is a multi-purpose platform for servicing from several hundred thousand to several million subscribers. Manufacturer of China. Based on own equipment.

– Iskratel SI-3000 – operator-level hardware and software complex. Production: Slovenia.

– BroadSoft UC-ONE (BroadWorks) - APK. Production: Canada. Has been part of Cisco products since 2017 and is no longer developed.

Communities of programmers from all over the world are developing such software complexes, which, with the appropriate level of knowledge, can be used as a constructor to create a suitable communication node.

One of the most popular free Softswitches is Asterisk and its derivatives (FreePBX, Elastix). Yate and FreeSWITCH, which is gaining popularity, are also known among open source systems. Let's consider some of them.

Asterisk

Asterisk is a tool for organizing a corporate PBX (PBX).

It is a free and open source computer telephony (specifically VoIP) solution from Digium, originally developed by Mark Spencer. The application works on Linux, FreeBSD, OpenBSD and Solaris operating systems, etc. The name of the project comes from the name of the symbol "*" (English asterisk - "star") [4].

Asterisk in a complex with the necessary equipment has all the capabilities of a classic PBX, supports many VoIP protocols and provides rich call management functions, including:

- Voice mail.
- Conference communications.
- IVR (interactive voice menu).
- Call processing center (queuing calls and distributing them to subscribers using different algorithms).
- Call Detail Record (detailed call record).
- Integration with CRM systems.

FreeSwitch

FreeSwitch is a tool for creating a telecommunications hub and serving VoIP traffic. It is an open-source telephony platform designed to meet the needs of voice- or text-controlled systems that scale from softphone to softswitch. FreeSWITCH can be used as a switch, PBX, media gateway or media server for IVR applications that use simple or XML scripts to control the call processing algorithm. Supports various protocols such as SIP, H.323, IAX2, and Google Talk, allowing interaction with sipX, OpenPBX, Bayonne, Yate, or Asterisk [5].

FreeSWITCH supports many modern SIP features such as presence/BLF/SLA, TCP TLS and sRTP. It can be used as a transparent proxy server with or without proxying media streams, work with T.38 (proxy and convert T.38 to T.30 and back) and other protocols.

It also supports narrowband and wideband codecs, making it the perfect bridge from legacy devices to the future. Voice channels and conferences can work at frequencies of 8, 16, 32 and 48 kHz and allow combining channels with different frequencies [5].

Yate

Yate (Yet Another Telephony Engine - another telephone system) is a free and free software VoIP system designed to create IP PBXs with wide capabilities.

Yate supports the main IP telephony protocols such as SIP, H.323 and IAX, as well as RTP/RTCP media transmission using G.711 or encoded with various codecs - GSM 06.10, iLBC, Speex, AMR-NB . Receive and transmit faxes using G.711-inband (A-law or mu-law) and T.38 methods. For working with text messages, there is support for SIMPLE and the XMPP protocol (Jabber), as well as its Jingle extension [6].

Yate distributions include a server and a client part, which is why we can talk about a full-fledged VoIP system.

The server part of yate is an IP-telephony server, with support for standard functions, such as registration of end terminals, processing and routing of calls, interaction with VoIP gateways. Additional services such as IVR, call center, card telephony can be implemented on the server.

The YateClient client program for end users has a simple graphical interface, it is a classic softphone with support for exchanging text messages using the XMPP protocol.

The yate server and client can run Windows, Linux (Mandriva, Ubuntu, etc.), Mac OS. YateClient, among others, is also available for FreeBSD [6].

FreePBX

FreePBX is an open source web-based GUI (graphical user interface) used to control and manage Asterisk (PBX), an open source communication server. In simple words, it is a free portal for managing Asterisk PBX using a web interface. FreePBX is distributed under the GNU General Public License (GPL), an open source license. This software package can be installed manually or as part of a preconfigured FreePBX distribution, which includes: operating system, Asterisk and FreePBX GUI with all dependencies [7].

FreePBX Distro is the most optimal system for implementing Asterisk-based telephony in small, medium and even large businesses. Owned by Sangoma Technologies Corporation.

In general, FreePBX is very similar to an ordinary analog PBX with a set of incoming and outgoing lines. This is one of the most affordable and proven distributions for Asterisk. In the basic version, users have free internal calls and calls to external lines. It is possible to record conversations, configure the voice menu and mail, as well as send messages to e-mail.

All these functions can be used by connecting the provider's software PBX, but such solutions have a number of limitations compared to FreePBX. This distribution is best suited for companies with 10-100 employees.

FreePBX is worth using for several reasons. First, it has everything you need to create a full-fledged office IP PBX. Second, FreePBX is constantly updated. Thirdly, FreePBX has a good security system because it does not have default passwords, in addition, the Fail2Ban security program is installed together with the distribution, it does not allow third-party users to pick passwords and gain access to the system. Also, installing FreePBX does not require special skills due to the simplicity of the interface.

FreePBX users have access to the full range of functions offered by the virtual PBX:

- free calls within the system;
- integration with all the most popular CRM systems;
- video conference;
- IVR menu;
- flexible call forwarding;
- voice mail;
- fax;
- conversation recording;
- download statistics.

PBXs based on FreePBX are easily scalable, which allows you to increase the number of subscribers or external lines. For this, it is enough to install an additional gateway or connect software (telephones), integration with telephone lines is also possible. You can also configure forwarding to landline and mobile numbers [7].

In this section, the concept of a corporate IP-telephony network, its advantages over analog communication systems, its construction based on VoIP gateways and on the basis of IP PBX was considered, as well as what Softswitch is, its architecture and examples of software switches were considered. Based on this section, you can understand that IP telephony has a number of advantages, such as:

Saving. Connecting and using IP telephony is much cheaper than installing conventional telephones. The difference is especially noticeable when you need to call other cities or countries.

Facilitating remote work. In companies with a large number of offices and branches, there is a need to ensure good communication between employees. And the installation of IP telephony has been considered the best solution to this problem for many years.

Functionality. By installing IP-telephony, you will not only get a cheap and convenient way of telephone communication, but also extended possibilities of such communication. With the help of additional services, you can set up a voice mailbox, an answering machine, recording conversations, conferences and much more.

Simple connection. Unlike conventional telephony, setting up an IP connection does not require laying a lot of cables and installing a lot of expensive equipment. The entire connection process takes very little time, and all devices take up little space.

Association in PBX. Large companies often have communication problems due to the fact that they are connected to several telephone exchanges at the same time. By installing IP telephony, you can combine them and significantly simplify call routing.

ДОДАТОК Б

Демонстраційний матеріал

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий Інститут Інформаційних технологій і робототехніки

КАФЕДРА АВТОМАТИКИ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ ІР-ТЕЛЕФОНІЇ НА ОСНОВІ ГНУЧКОГО КОМУТАТОРА

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього рівня магістр

Виконав: студент групи 601-ТТ Горжій Д. О.

Науковий керівник: к.т.н., доцент Жученко О. С.

Полтава - 2022 рік

- 2
- ▶ Метою даної роботи є дослідження та аналіз загальної будови корпоративної мережі ІР-телефонії, її переваг в порівнянні із традиційними системами зв'язку, ознайомлення з поняттям Softswitch, його архітектурою та прикладами. Створення та налаштування віртуальних машин та об'єднання їх в мережу. Побудова корпоративної мережі ІР-телефонії на основі ІР-АТС FreePBX. Дослідження процедур керування викликами за допомогою аналізатора протоколів Wireshark. Розрахунок трафіка пропускну здатності та продуктивності обладнання.
 - ▶ Актуальність роботи полягає в тому, що ІР-телефонія поступово витісняє традиційну телефонію і активно використовується в різних підприємствах. Навідміну від аналогових і мобільних засобів зв'язку, ІР-телефонія передає голосовий сигнал по бездротовим інтернет-каналам, завдяки цьому спілкування через Всесвітню мережу не потребує прокладання телефонних ліній. Також не потрібно купувати обладнання для офісної АТС. Віртуальна АТС на основі ІР-телефонії підтримує ряд корисних функцій, які недоступні звичайному телефону, а ціни на послуги та тарифи значно дешевші ніж у традиційних системах.
 - ▶ Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є мережа ІР-телефонії та методи її побудови за допомогою програмного комутатора, налаштування ІР-АТС FreePBX.

Задачі дослідження:

- ▶ 1. Дослідження особливостей IP-телефонії.
- ▶ 2. Дослідження програмного комутатора, його архітектура та приклади SoftSwitch.
- ▶ 3. Створення віртуальних машин та побудова мережі в ПЗ VirtualBox.
- ▶ 4. Дослідження побудови мережі IP-телефонії на основі IP-АТС FreePBX.
- ▶ 5. Дослідження процедур керування викликами за допомогою аналізатора протоколів Wireshark.
- ▶ 6. Розрахунок трафіка пропускної здатності та продуктивності обладнання.

Створення віртуальних машин в ПЗ VirtualBox

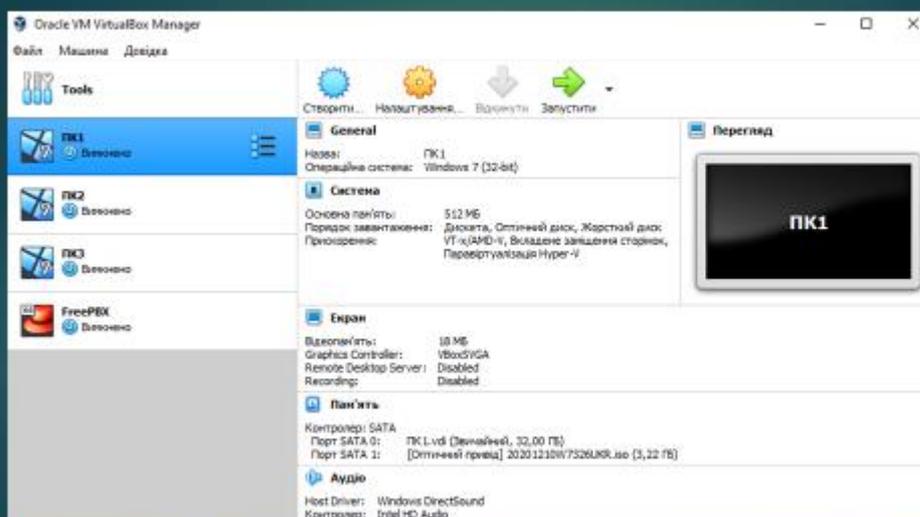


Рисунок 1– Вікно віртуальної машини з її основними параметрами

Об'єднання віртуальних машин в мережу

5

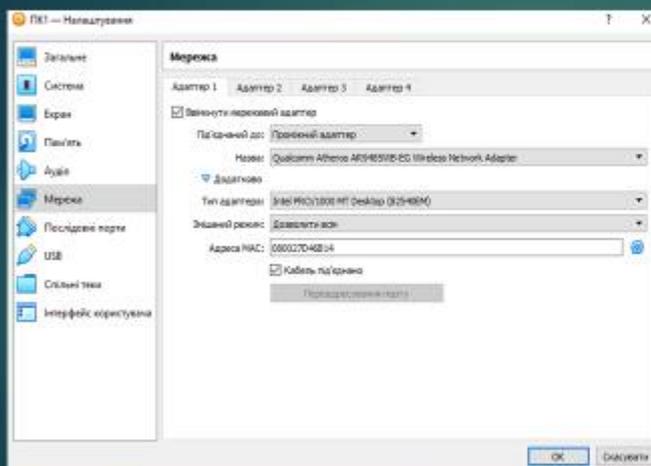


Рисунок 2 – Налаштування мережі

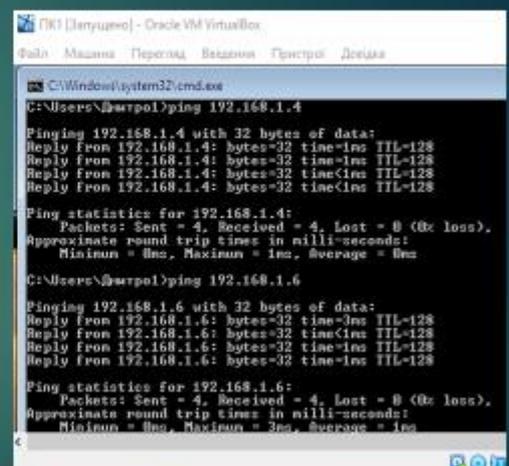


Рисунок 3 – Відправка запиту ping

Підключення акаунту sipnet у софті YateClient

6

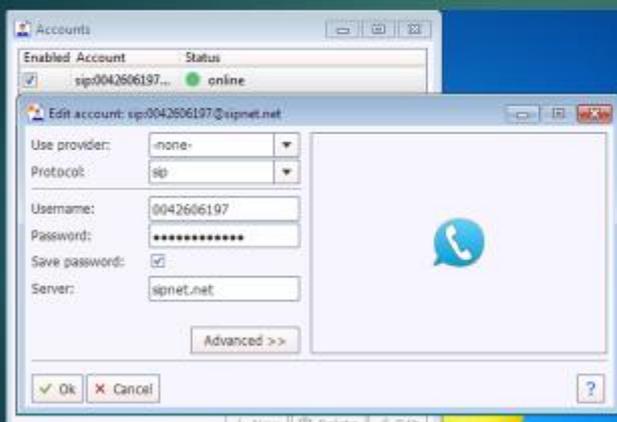


Рисунок 4 – Підключення акаунту в YateClient



Рисунок 5 – Тестовий виклик

Налаштування IP-АТС FreePBX та створення мережі телефонії

7

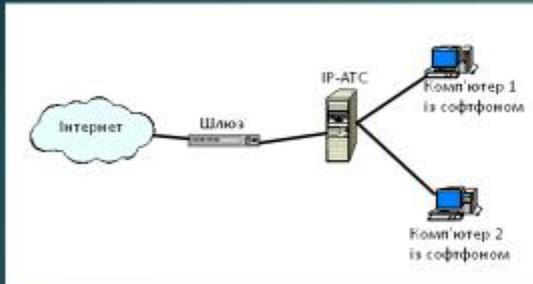


Рисунок 6 – Структурна схема мережі

```

FreePBX [Загружено] - Oracle VM VirtualBox
File: Mainline | Параметри | Вибрати | Налаштувати | Додати

Система: Linux 2 (Core) 686_64
Kernel version: 3.10.0-1127.19.1.el7.x86_64

FreePBX login: root
Password:
Last login: Fri Oct 21 08:36:52 on tty1

FreePBX
-----
[WARNING] You have 4 notifications! Please log into the GUI to see them!
Current Network Configuration
-----
| Interface | NIC  | adapter | IP  | address |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| eth0      |      | e1000   | 192.168.1.22 | 192.168.1.22 |
| eth1      |      | e1000   | fe08::220f:fe08:4234 | fe08::220f:fe08:4234 |

Please note most tasks should be handled through the GUI.
You can access the GUI by typing one of the above IPs in to your web browser.
For support please visit:
http://www.freepbx.org/support-and-professional-services
  
```

Рисунок 7 – IP-АТС FreePBX

Створення віртуальних номерів

8

The first screenshot shows 'Step 1' of the 'Шагів створення додаткового номеру' process. Fields include: Type (SIP (chan_sip)), Extension Number (110), Display Name (PC1), Outbound Caller ID (Caller Name: <*****>), and Address електронної пошти (www.1000@pbx.com).

The second screenshot shows 'Step 2' of the same process. Fields include: Enable Find Me/Follow Me (Yes/No), ParkingLot (Default Lot), Create User Manager User (Yes/No), User Manager Group (All Users), Enable Voicemail (Yes/No), and Voicemail PIN (110).

Рисунок 8 – Створення віртуальних номерів

Всі додаткові номери	System Extensions	QAMDI Extensions	IAK2 Extensions	SIP (chan_sip) Extensions	Virtual Extensions					
+ Додати додатковий номер >										
↓ Шагів створення додаткового номеру										
	Extension	IMN	CW	DND	FM/PM	CF	CFB	CFU	Type	API
<input type="checkbox"/>	110	PC1	<input checked="" type="checkbox"/>	sip	<input checked="" type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>	220	PC2	<input checked="" type="checkbox"/>	sip	<input checked="" type="checkbox"/>					

Показано 3 з 2. Всього: 5

Рисунок 9 – Створені віртуальні номери

Перевірка справності віртуальних номерів

9



Рисунок 10 – Підключення віртуальних номерів

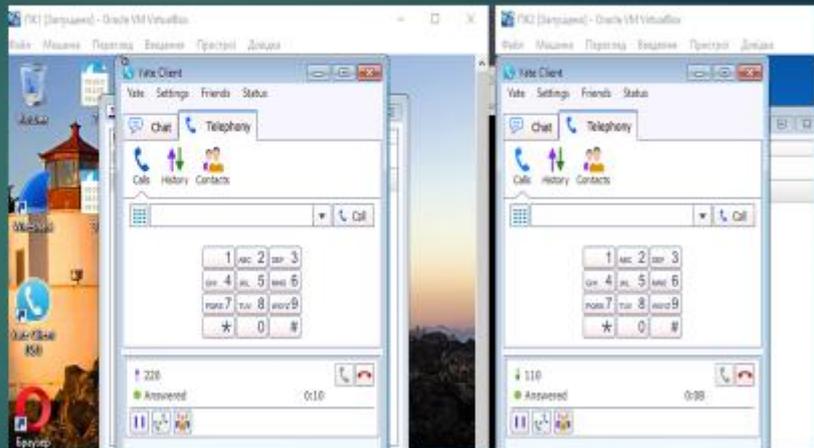


Рисунок 11 – Перевірка справності віртуальних номерів

Аналіз SIP потоків тестового дзвінка на сервер sipnet за допомогою ПЗ Wireshark

10

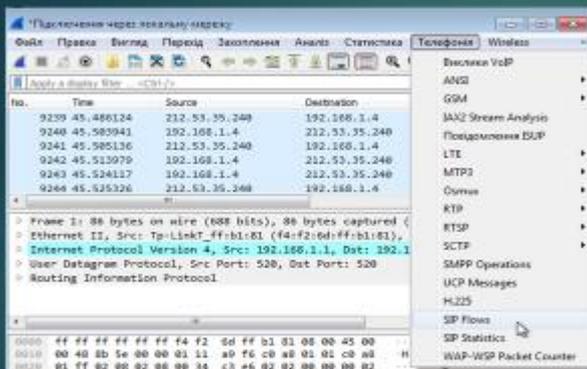


Рисунок 12 – Захват пакетів у локальній мережі



Рисунок 14 – Діаграма дзвінка

Start Time	Stop Time	Initial Speaker	From	To	Протокол
1.057496	49.776820	192.168.1.4	<sip:0042606197@sipnet.net>	<sip:00000@sipnet.net>	SIP

Рисунок 13 – SIP потік

Аналіз SIP потоків телефонної мережі FreePBX

11

Start Time	Stop Time	Initial Speaker	From	To	Протокол
2.043103	2.078990	192.168.1.22	< sip:220@192.168.1.22 >	< sip:220@192.168.1.5 >	SIP
13.112131	60.877111	192.168.1.6	< sip:110@192.168.1.22 >	< sip:220@192.168.1.22 >	SIP
26.777550	26.806791	192.168.1.22	< sip:110@192.168.1.22 >	< sip:110@192.168.1.6 >	SIP
35.820659	61.533491	192.168.1.22	"PC1" < sip:110@192.168.1.22 >	< sip:220@192.168.1.5 >	SIP
61.932828	61.962345	192.168.1.22	< sip:220@192.168.1.22 >	< sip:220@192.168.1.5 >	SIP

Рисунок 15 – SIP потоки телефонної мережі FreePBX

Вхідні дані до розрахунків

12

Для додатків IP телефонії:	
Середня тривалість телефонної розмови	$t_{\text{роз.}} = 90 \text{ с}$
Середня інтенсивність викликів в годину найбільшого навантаження (наведене значення враховує виклики при встановленні як вихідних, так і вхідних з'єднань)	$\lambda = 3$
Кількість абонентів IP телефонії	$N = 250$
Норма втрат викликів	$P_{\text{втр.}} = 0.001$
Потік кадрів з постійною швидкістю (для кодування мови використовується кодек G.711)	$r^{\text{МГ}} = 64 \text{ кбіт/с}$
Для додатків даних:	
Розрахункова довжина блоку даних	$l^{\text{Д}} = 1024 \text{ байтів}$
Розрахункова інтенсивність потоку пакетів з даними	$\lambda^{\text{Д}} = 7200 \text{ пакетів/с}$

Знаходження пропускної здатності трактів передавання мережі

13

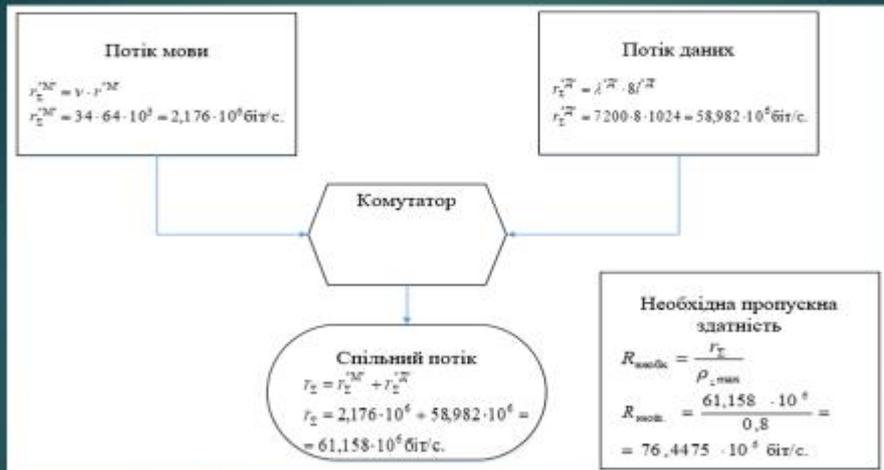


Рисунок 16 – Візуальний приклад знаходження пропускної здатності трактів передавання мережі

ДОДАТОК В

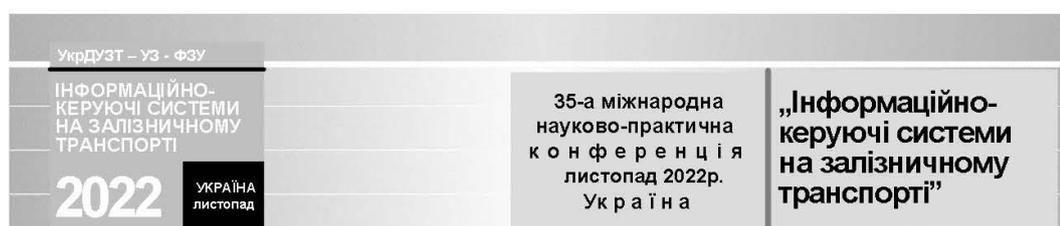


Міністерство освіти і науки України
Акціонерне товариство „Українська залізниця”

Транспортна академія України

Федерація залізничників України

Український державний університет залізничного транспорту

**Оргкомітет:****Голова:**

Панченко С. В., д.т.н., ректор Українського державного університету залізничного транспорту

Члени оргкомітету: Бабаєв М. М., д.т.н. (Україна), Бунчуков О. А. (Україна), Бутко Т. В., д.т.н. (Україна), Гаврилюк В. І., д.ф-м.н. (Україна), Гончаренко В. І. (Україна), Доценко С. І., д.т.н. (Україна), Жуковицький І. В., д.т.н. (Україна), Каргін А. О., д.т.н. (Україна), Климаш М. М., д.т.н. (Україна), Збігнев Лукасік, д.т.н. (Польща), Марек Мезитис, д.т.н. (Латвія), Мойсеєнко В. І., д.т.н. (Україна), Приходько С. І., д.т.н. (Україна), Рубан І. В., д.т.н. (Україна), Самсонкін В. М., д.т.н. (Україна), Серков О. А., д.т.н. (Україна), Скалозуб В. В., д.т.н. (Україна), Терещенко Ю. М. (Україна), Трубчанінова К. А., д.т.н. (Україна), Тьері Хорсін (Франція), Шиш В. О., к.т.н. (Україна), Штомпель М. А., д.т.н. (Україна)

2022 р.
11 листопада

м. Харків,
Україна

ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

**ТЕЗИ СТЕНДОВИХ ДОПОВІДЕЙ ТА ВИСТУПІВ
УЧАСНИКІВ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**HIGHLIGHTS OF REPORTS AND PRESENTATIONS OF
PARTICIPANTS TO THE CONFERENCE**

СПИСОК АВТОРІВ

A-Z

Hordiienko D. A.	25, 26
Lazurenko B.	16
Nerubatskyi V. P.	25, 26
Osaulenko V.	28
Philipjeva M. V.	26
Serkov A.	16
Sharoval A.	28
Sharoval G.	28
Trubchaninova K.	16
Tsybina I. Yu.	28

A

Адаменко М. К.	55
Ананьєва О. М.	7
Антонова М. О.	60
Афанасов Г. М.	39
Афанасова О. Ф.	39

Б

Бабаєв М. М.	7, 63
Бантюков С. Є.	56
Бантюкова С. О.	56
Бізюк І. Г.	15
Бриксін В. О.	5
Бутенко В. М.	30, 31, 32

В

Веселовський А. В.	50
--------------------	----

Г

Гаєвський В. В.	22, 46
Геворкян Е. С.	27
Герцій О. А.	53
Глазунов В. В.	31
Головко О. В.	30, 31, 32
Гордієнко Д. А.	27
Горжій Д. О.	29
Григорова С. І.	19
Грищенко Н. В.	11
Грищенко О. А.	56

Д

Давиденко М. Г.	63, 64
Давидов І. В.	5
Дідусенко В. В.	52
Доброскок О. О.	40
Дрогалєв М.М.	2
Дудін О. А.	6
Дяченко В. О.	32

Є

Єлізаренко А. О.	7, 35
Єлізаренко І. О.	7

Ж

Жученко О. С.	21, 29
---------------	--------

З

Зіненко О. В.	2
Зінченко О. Є.	64
Змій С. О.	6, 8
Золотарьова О. Ф.	51
Зуб С. В.	36

І

Індик С. В.	9
-------------	---

К

Каргін А. О.	57
Карпук В. Ю.	21
Кічатова Д. В.	8
Клименко Л. А.	48
Ковтун І. В.	17, 18, 38
Косіневський О. А.	18
Костенко К. К.	13
Кошевий С. В.	44
Кравченко М. А.	52
Крашенінін О. С.	18
Кривуля Г. Ф.	49
Кузьмінська Д.	34
Кустов В. Ф.	4

ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Л	С
Лагута В. В. 12, 13	Самсонкін В. М. 15
Лазарев О. В. 59	Сверіпа О. В. 62
Лазарева Н. М. 59	Седякін І. І. 48
Лебедько І. О. 32	Сенько М. В. 10
Ліфінцев А. С. 63	Ситнік Б. Т. 5
Ломотько Д. В. 39	Сіконенко Г. М. 40, 41
	Сілін Є. Л. 57
	Сіренко Є. Р. 35
	Сіроклин І. М. 6
	Скоблова А. М. 6
	Сокол Г. В. 36, 53, 55
	Соколов А. К. 31
	Сондей О. В. 51
	Сотник В. О. 7
	Спринчак Т. В. 62
	Стратович В. М. 41
	Стрелко О. Г. 33
	Т
	Тарасов К. О. 19
	Терьошкін М. Ю. 53
	Ткаченко Є. М. 2
	Токарев В. В. 49
	Транько Т. Г. 52
	Трубчанінова К. А. 2, 3, 10
	Ф
	Фенько В. В. 20
	Х
	Халіна Я. В. 42
	Харламов П. О. 60
	Харламова О. М. 60
	Харченко Д. Р. 50
	Ч
	Черкаська Д. В. 43
	Черкашин Є. А. 3
	Ш
	Шандер О. Е. 62, 63
	Шапатіна О. О. 18
	Шефер О. В. 20
	Шмонін Є. О. 8
	Штомпель М. А. 36, 38
	Шуляк Р. В. 62
	Щ
	Щербак В. К. 49
	Щербина Р. С. 34

Failure to comply with the established regulations in the execution of documents and train maintenance leads to non-compliance with the terms of delivery of goods in international traffic.

Analysis of the main causes of delays in international freight traffic indicates the need to pay considerable attention to the correctness of the design of transport documents. This is possible when using the CIM/SMGS railway consignment note, unified according to the requirements of Eastern and Western transport law, as a basic transportation document. It does not need to be reissued when crossing the border and is an electronic copy of the transit declaration. Its use greatly simplifies the procedure of customs clearance of goods.

In order to speed up the processing of international freight flows during transportation by rail, the technology of checkpoints should be improved. It is necessary to unify the common European standards of work technology, to introduce the use of electronic information and document management for international cargo flows.

One of the possible directions for Ukraine may be the introduction of a risk analysis and management system in improving the technology of customs clearance of goods.

Different rating systems can be used to assess risk and determine the magnitude of its impact. Since 2003 The World Customs Organization has developed a standardized risk assessment.

The introduction of a risk management system for servicing international freight flows at border railway stations reduces operating costs for transportation by:

- reducing the duration of operations related to the expectation of processing a set of transport documents and the implementation of customs procedures at checkpoints;
- improving the use of vehicles;
- reducing the number of cases of loss of cargo, separation of goods and documents.

On the other hand, additional income can be obtained from:

- expansion of the complex of transport services and application of modern transport technologies, improvement of information support;
- provision of additional information services to cargo owners, exporters and importers to control the transportation process.

Improving the organizational and legal framework for customs clearance of goods during transportation by rail requires the development and implementation of information and management systems. This will make it possible to streamline the existing technology for processing international cargo flows by reducing the time to perform the full range of operations at border stations. In turn, consistency in the work of adjacent units will reduce the number of detained cars.

References

1. Prokopenko V. Execution of customs formalities when moving goods across the customs border of Ukraine by different modes of transport. - Dnipro: University of Customs and Finance, 2018, 336 p.
2. On approval of the Procedure for risk analysis and assessment, development and implementation of risk management measures to determine the forms and scope of customs control: Order of the Ministry of Finance of Ukraine, 31.07.2015. № 684. URL: <https://tax.gov.ua/zakonodavstvo/mitne-zakonodavstvo/nakazi/63959.html>
3. Aleshinskiy E., Naumov V., Pestremenko-Skripka O. The modeling of technological processes at border transfer stations in Ukraine. *Technical Transactions. Fundamental Sciences. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej*. 2018. Vol.6. P.43-54.

*Жученко О. С., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ),
Горжій Д. О., магістрант (Національний
університет «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»)*

УДК 621.39

КОРПОРАТИВНІ МЕРЕЖІ ІР-ТЕЛЕФОНІЇ НА ОСНОВІ ГНУЧКОГО КОМУТАТОРА

На сьогоднішній день практично не існує таких організацій або компаній, які б не користувалися системами ІР-телефонії. На відміну від аналогових і мобільних засобів зв'язку, ІР-телефонія передає голосовий сигнал по бездротовим інтернет-каналам, завдяки цьому спілкування через Всесвітню мережу не потребує прокладання телефонних ліній. Також не потрібно купувати обладнання для офісної АТС. Віртуальна АТС на основі ІР-телефонії підтримує ряд корисних функцій, які недоступні звичайному телефону, а ціни на послуги та тарифи значно дешевші ніж у традиційних системах. Розглянемо основні переваги ІР-телефонії в порівнянні з аналоговою:

- ІР-телефонія може задовольнити всі потреби у зв'язку та швидкості передачі різних її видів, в той час як мережі аналогової телефонії вже давно застаріли і не задовільняють потреби корпорацій;

- перехід на ІР-телефонію сильно скорочує витрати вже з першого місяця користування;

- легкість управління даними дозволяє отримати доступ до будь-яких статистичних даних, встановлювати рамки витрачання коштів, а також встановлювати обмеження на вихідне з'єднання з різними абонентами;

- за допомогою віртуальної АТС можна побудувати офісну структуру незалежно від масштабів бізнесу та оперативно налаштувати її. Більшість функціональних можливостей реалізується через

«хмарні» технології.

Дану роботу присвячено дослідженню принципів побудови корпоративної мережі IP-телефонії на основі гнучкого комутатора. Інтерес до неї викликає її актуальність, яка полягає в тому, що IP-телефонія поступово витісняє традиційну телефонію і активно використовується в різних підприємствах. Тому дана робота є актуальною, передбачає розв'язування задач інноваційного, дослідницького характеру.

В роботі розглянуто поняття корпоративної мережі IP-телефонії, схеми її побудови на базі VoIP-шлюзів та на базі IP-АТС, проаналізовано поняття Softswitch, його архітектуру, приклади програмних комутаторів.

На наступних етапах за допомогою ПЗ VirtualBox було створено віртуальні машини та об'єднано їх в одну мережу. Підключено до них IP-телефонію за допомогою софтверів YateClient і виконано тестовий дзвінок на sipnet.net.

Також розглядалося встановлення віртуальної машини з IP-АТС FreePBX, яка має все необхідне для створення повноцінної офісної IP-АТС, постійно оновлюється, а встановлення не має особливих труднощів завдяки простоті інтерфейсу. Налаштовано дану систему, створено віртуальні номери, та виконано успішні дзвінки з однієї віртуальної машини на іншу.

Напрямом подальших досліджень є визначення вимог до пропускної здатності та продуктивності обладнання.

Список використаних джерел

1. Building Telephony Systems with OpenSER / E. Goncalves, 2008.
2. FreePBX 2.5 Powerful Telephony Solutions. Configure, deploy, and maintain an enterprise-class VoIP PBX / Alex Robar, 2009.

Бутенко В. М., к.т.н., доцент,

Головко О. В., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)

УДК 004.75: 519.854: 006

ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РУХУ НА ДІЛЯНЦІ ЗАЛІЗНИЦІ У КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧИХ СИСТЕМАХ

Вступ. В інформаційних системах безпеки існує надмірна невизначеність, тому питання ідентифікації, моделювання руху та керування вимагають наукового підходу розрахунку з обмеженими статистичними даними [1, с. 185]. В роботі [2, с. 36] було проведено моделювання процесу регулювання швидкості руху залізничних транспортних засобів за умов невизначеності. Одним з важливих умов безпеки руху є виключення можливості зіткнення різних транспортних засобів.

Результати досліджень. Для цього в роботі [2, с. 36] встановлюється критичне значення відстані між транспортними засобами $L_{кр}$, при якому гарантується безпечність процесу перевезень на встановленому рівні. Для залізничного транспорту, де рух відбувається по коліям фактично маємо тільки одну змінну, що характеризує інтервал попутного слідування.

Нехай ордината руху i – го потягу дорівнює X_i , то для $i+1$ допустима ордината дорівнює X_{i+1} , то має бути більше $X_i + X_{кр}$. Візьмемо $i=1$. Перший потяг X_1 , слідує за другим X_2 . Для визначення чи виконана ця умова вводимо такі параметри руху V_1, V_2 – відповідно швидкості руху потягу 1 та потягу 2. При співвідношенні коли $V_1 < V_2$, відстань L між потягами 1 та 2 зростає, при $V_1 = V_2$ – є незмінною. Саме тому розглядаємо варіант, коли $V_1 > V_2$, тобто об'єкт (транспортний засіб) 1 «доганяє» об'єкт (транспортний засіб) 2, що рухається попереду. Моделювання дискретне тому вводимо позначення для мінімального інтервалу часу τ . Для визначення критичної відстані між поїздами позначимо U як максимальне гальмування (від'ємне прискорення $U < 0$).

На основі цих позначень побудована модель руху потягів (1). В якості вхідних даних потрібно мати визначені параметри та дані для проміжку часу τ величини гальмування U . Було виведене співвідношення що пов'язує між собою проміжки часу τ величини гальмування U , гальмівний шлях D_n і максимальну швидкість V_{max} :

$$-U^2 \cdot \tau^2 + \left(\frac{V_{max}}{2} - D_n\right)U + \left(\frac{1}{2\tau} - 1\right)V_{max}^2 = 0 \quad (1)$$

За допомогою цього співвідношення було проведено комп'ютерне моделювання. Аналіз отриманих даних дав можливість визначити допустимі значення управління гальмуванням U в залежності від максимальної швидкості V_{max} , що, в свою чергу надало можливість запобігти виникненню загрози зіткнення, і в той же час, мінімізувати критичну відстань між потягами. Результати моделювання зведені у табл. 1 та будуть наведені у доповіді.