

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

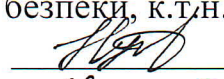
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики і електротехніки

Кафедра комп'ютерних технологій та інформаційної безпеки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри комп'ютерних
технологій та інформаційної
безпеки, к.т.н., доцент

 С.М. Нужний
« 18 » 06 2025 р.

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ЛАБОРАТОРНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ
ТЕЛЕФОНІЇ**

Ступінь вищої освіти: БАКАЛАВР

Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»

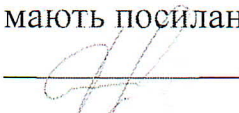
Спеціальність: 125 «Кібербезпека та захист інформації»

Освітньо-професійна програма: Системи технічного захисту інформації,
автоматизація її обробки

Виконав: студент 4 курсу групи 4387зст

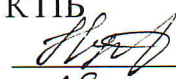
Гаджилов Віталій Степанович

Кваліфікаційна робота містить результати самостійного виконання
навчального завдання. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів
мають посилання на відповідне джерело

 Гаджилов В.С.

Керівник: старший викладач кафедри комп'ютерних технологій та
інформаційної безпеки **Трибулькевич Сергій Леонідович** 

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально-науковий інститут автоматики і електротехніки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Гарант освітньої програми,
к.т.н., доцент, завідувач кафедри
КТІБ
 С.М. Нужний
« 18 » 06 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу

Студент: Гаджилов Віталій Степанович

Курс: 4

Група: 4387зст

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 12 Інформаційні технології

Спеціальність: 125 «Кібербезпека та захист інформації»

Освітньо-професійна програма: Системи технічного захисту інформації,
автоматизація її обробки

1. Тема роботи: «Лабораторний комплекс для дослідження систем телефонії»
затверджена наказом НУК від « 23 » квітня 2025 р. № УЧ- 343

2. Вихідні дані до роботи: протокол IP телефонії – SIP; IP ATS – Asterisk;
VoIP шлюз – Cisco.

1. Призначення та область застосування розроблюваного виробу; 2. Технічна характеристика; 3. Опис та обґрунтування вибраної конструкції; 4. Розрахунки, підтверджуючі працездатність і надійність конструкції.

4. Терміни виконання завдання:

термін видачі завдання: « 03 » лютого 2025 р.

термін подання роботи: « 18 » червня 2025 р.

6. План-графік виконання кваліфікаційної роботи

№ п/ п	Заходи	Дата		Готовність	Відмітка про виконання
		Навч. тиждень	Контрольн а дата		
10.	Організаційні збори.	23	03.02.2025	Вибір теми, визначення мети, завдань, об'єкта та предмета дослідження	виконано
11.	Організаційні збори	25	20.02.2025	Попередній варіант оглядових розділів, підбір і опрацювання списку використаних джерел	виконано
12.	Рубіжний контроль	31	03.04.2025	Попередній варіант повної КР.	виконано
13.	Рубіжний контроль	33	20.04.2025	Попередній варіант презентації.	виконано
14.	ЄДКІ на рівень «бакалавр»	34	29.04.2025	Здавання ЄДКІ зі спеціальності на ступінь бакалавра	виконано
15.	Перевірка на плагіат	42	14.06.2025	1. Електронний варіант кваліфікаційної роботи; 2. Подання КР на перевірку на плагіат.	виконано
16.	Кафедральний захист	43	18.06.2025	1. Оформлена КР (в форматі pdf) (передається студентом на кафедрі для внутрішньої рецензії, висновок керівника). У разі отримання позитивної внутрішньої рецензії, КР подається на зовнішню рецензію. 2. Оформлена презентація (в форматі pdf).	виконано
17.	Подання документів на захист	44	24.06.2025	1. Подання щодо захисту КР 2. Зовнішня рецензія (окремо від КР). Резюме на КР. 3. Висновок кафедри про КР, допуск до захисту; 4. Електронний варіант та роздрукована презентація в кількості 5 примірників. 5. Електронний варіант КР на диску	виконано
18.	Захист КР	44	25.06.2025	1. Приєднання студента до засідання кваліфікаційної комісії (конференції) у встановлений час для проведення процедури дистанційного захисту 2. Процедура захисту КР.	виконано

ПРИМІТКА: Завдання додається до виконаної роботи та подається до атестаційної комісії.

Керівник

Старший викладач кафедри комп'ютерних технологій та інформаційної безпеки

С.Л. Трибулькевич

Студент

В.С. Гаджилов

АНОТАЦІЯ

Гаджилов В.С. Лабораторний комплекс для дослідження систем телефонії.

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр» за спеціальністю F5 «Кібербезпека та захист інформації» галузі знань F «Інформаційні технології». – Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,

Миколаїв, 2025.

Пояснювальна записка: 63 с., 40 рис., 3 таблиці, 12 посилань.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі виконується розробка та реалізація лабораторного комплексу для дослідження систем телефонії.

Актуальність теми.

У сучасних інформаційних системах голосовий зв'язок на базі IP-телефонії (VoIP) є важливою складовою корпоративних комунікацій. Розуміння принципів побудови та захисту IP-телефонних систем є критично необхідним для фахівців з кібербезпеки. Зростання ризиків, пов'язаних з несанкціонованим доступом, перехопленням голосових даних та DoS-атаками на IP АТС, підкреслює потребу у практичній підготовці спеціалістів. Створення лабораторного комплексу дозволяє моделювати реальні загрози та досліджувати способи їх виявлення та усунення у безпечному середовищі.

Мета дипломного проекту.

Розробка лабораторного комплексу для навчання та дослідження систем IP-телефонії з акцентом на їх побудову, конфігурування та забезпечення захисту інформації в таких системах.

Завдання дипломного проекту:

Аналіз принципів функціонування IP-телефонії та типових загроз.

Вибір та налаштування апаратного та програмного забезпечення (Cisco 2921, телефони Rstel 8012, IP ATC FreePBX).

Розгортання внутрішньої телефонної мережі з підтримкою SIP-протоколу.

Реалізація сценаріїв атак (перехоплення, підміна, brute-force тощо) та дослідження їх наслідків.

Впровадження механізмів захисту: шифрування SIP/RTP, автентифікація, обмеження доступу, захист від DoS.

Розробка інструкцій та методичних матеріалів для навчального процесу.

Очікувані результати:

- Функціональний лабораторний комплекс, здатний моделювати різні типи VoIP-комунікацій та кіберзагроз;

- Практичні навички побудови та захисту IP-телефонії;

- Підвищення рівня підготовки студентів у галузі кібербезпеки комунікаційних систем;

- Документація з описом конфігурацій та сценаріїв лабораторних робіт.

Ключові слова:

IP-телефонія, кібербезпека, VoIP, FreePBX, Cisco 2921, Rstel 8012, SIP, RTP, захист інформації, лабораторний комплекс.

SUMMARY

Hadzhilov V.S. Laboratory Complex for the Study of Telephony Systems

Bachelor's Qualification Thesis for the degree of Bachelor of Higher Education in specialty F5 "Cybersecurity and Information Protection", field of knowledge F "Information Technology" – Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, 2025.

Explanatory Note: 62 pages, 40 figures, 3 tables, 12 references.

This bachelor's thesis involves the design and implementation of a laboratory complex for the study of telephony systems.

Relevance of the topic:

In modern information systems, voice communication based on IP telephony (VoIP) is a critical component of corporate communications. Understanding the principles of constructing and securing IP telephony systems is essential for cybersecurity professionals. The increasing risks of unauthorized access, voice data interception, and DoS attacks on IP PBXs emphasize the need for hands-on training of specialists. The creation of a laboratory complex allows modeling of real-world threats and studying methods of their detection and mitigation in a safe environment.

Objective of the thesis project:

To develop a laboratory complex for training and studying IP telephony systems with a focus on their deployment, configuration, and information security assurance.

Tasks of the thesis project:

Analysis of the principles of IP telephony operation and typical threats;

Selection and configuration of hardware and software (Cisco 2921, Rstel 8012 phones, FreePBX IP PBX);

Deployment of an internal telephony network with SIP protocol support;
Implementation of attack scenarios (e.g., interception, spoofing, brute-force)
and investigation of their consequences;

Implementation of security mechanisms: SIP/RTP encryption, authentication,
access restrictions, DoS protection;

Development of instructions and methodological materials for the educational
process.

Expected results:

A functional laboratory complex capable of modeling various types of VoIP
communications and cyber threats;

Practical skills in building and securing IP telephony systems;

Improved student preparedness in the field of communication systems cyberse-
curity;

Documentation describing configurations and laboratory work scenarios.

Keywords:

IP telephony, cybersecurity, VoIP, FreePBX, Cisco 2921, Rstel 8012, SIP,
RTP, information security, laboratory complex.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць скорочень і термінів	8
ВСТУП	10
1 Аналіз останніх досліджень і публікацій.....	12
1.1 Основні відомості.....	12
1.2 Перспективи розвитку	15
2 Структура системи	19
2.1 Опис взаємодії компонентів.....	19
2.2 FreePBX	21
2.3 Маршрутизатор Cisco 2921	23
2.4 Panasonic KX-TDA100D	27
2.5 Системний телефон.....	30
2.6 Консоль Panasonic	33
2.7 Siemens HiCom 150E OfficeCom	34
3 Налагодження	36
3.1 Налаштування АТС Panasonic і Asterisk.....	36
4 Випробування	53
4.1 Налаштування VoIP шлюзу.....	53
4.2 Налаштування програмного IP телефону	57
4.3 Тестування зв'язку	59
ВИСНОВКИ.....	62
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	63
ДОДАТОК	64

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АТС – автоматична телефонна станція

VoIP (Voice over IP) – передача голосу через IP-протокол

SIP (Session Initiation Protocol) – протокол ініціалізації сеансів у мережах передачі голосу

RTP (Real-Time Transport Protocol) – протокол передачі мультимедійних потоків у реальному часі

IP (Internet Protocol) – протокол міжмережевої взаємодії

LAN (Local Area Network) – локальна обчислювальна мережа

PBX (Private Branch Exchange) – приватна телефонна станція (аналог АТС)

FreePBX – програмна IP-АТС з відкритим кодом на базі Asterisk

QoS (Quality of Service) – якість обслуговування мережевого трафіку

FXS (Foreign eXchange Station) – інтерфейс для підключення аналогових телефонів

FXO (Foreign eXchange Office) – інтерфейс для підключення до телефонної мережі

GUI (Graphical User Interface) – графічний інтерфейс користувача

CLI (Command Line Interface) – інтерфейс командного рядка

VLAN (Virtual LAN) – віртуальна локальна мережа

DNS (Domain Name System) – система доменних імен

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) – протокол динамічної конфігурації хостів

MAC-адреса – унікальний ідентифікатор мережевого інтерфейсу пристрою

IP-адреса – унікальний мережевий адрес пристрою у мережі TCP/IP

PoE (Power over Ethernet) – подача живлення через Ethernet-кабель

MOS (Mean Opinion Score) – суб'єктивна оцінка якості голосу

DID (Direct Inward Dialing) – вхідний прямий набір

SLA (Service Level Agreement) – угода про рівень обслуговування

PSTN (Public Switched Telephone Network) – комутована телефонна мережа загального користування

DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency) – двотональна багаточастотна сигналізація (наприклад, при натисканні кнопок телефону)

ВСТУП

У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрових технологій, інтеграції інформаційних систем та переходу до IP-телефонії питання побудови безпечних та надійних телекомунікаційних мереж набуває особливої актуальності. Телефонія, як важлива складова корпоративних інформаційних систем, потребує не лише високого рівня функціональності, а й ретельно організованого захисту даних, особливо в умовах постійних кіберзагроз.

В освітньому процесі підготовки фахівців з кібербезпеки необхідно забезпечити практичне ознайомлення з принципами побудови, конфігурування та аналізу вразливостей телефонних систем. Оскільки такі системи є складними з точки зору архітектури, протоколів (SIP, RTP, H.323 тощо), а також охоплюють як цифрові, так і аналогові елементи, створення навчально-дослідного лабораторного комплексу дозволяє реалізувати наочне вивчення типових схем телефонного зв'язку, механізмів маршрутизації викликів, взаємодії з мережевим обладнанням і методів забезпечення інформаційної безпеки.

У даному дипломному проєкті розроблено лабораторний комплекс для дослідження систем телефонії, що включає апаратно-програмні засоби, які дають змогу реалізовувати, аналізувати й тестувати різноманітні конфігурації телефонного зв'язку. До складу комплексу входять:

- маршрутизатор Cisco 2921, як елемент маршрутизації VoIP-трафіку та шлюз між мережами;

- IP-телефони Alcatel 8012, які підтримують SIP-протокол і дозволяють реалізувати сучасну корпоративну телефонію;

- IP-АТС FreePBX, як програмна телефонна платформа з відкритим кодом для управління SIP-з'єднаннями;

цифрова АТС Siemens H150E OFFICECOM, що представляє класичний приклад апаратної телефонної системи з підтримкою аналогових, цифрових і ISDN-ліній.

Комплекс дозволяє відтворювати сценарії внутрішньої і зовнішньої телефонії, тестувати механізми безпеки (реєстрацію SIP-абонентів, шифрування голосових даних, захист від brute-force атак, контроль доступу), виконувати аналіз журналів подій та навантаження на систему. Окрім того, він дає змогу реалізувати міжсистемну взаємодію між аналоговими й цифровими вузлами зв'язку, що є особливо важливим при вивченні гібридних архітектур.

Таким чином, запропонований лабораторний комплекс є ефективним інструментом як для навчання, так і для дослідницької діяльності в галузі кібербезпеки телекомунікаційних систем. Його використання дозволяє поглибити знання студентів щодо технологій телефонного зв'язку, виявлення загроз і застосування засобів захисту в реальних умовах.

1 АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

1.1 Основні відомості

Телефонна станція (АТС) – це пристрій, який автоматично передає сигнал дзвінка від одного телефону до іншого. По суті, міні-АТС це невеликий комутатор, який дозволяє організувати зв'язок в офісі та інших приміщеннях підприємства. Сучасні АТС підтримують цифрові та аналогові лінії, також можуть підключатися через Інтернет та інші мережі пакетної передачі даних. Автоматичні телефонні станції дозволяють відмовитись від підключення кожного абонентського пристрою до телефонної мережі загального користування, чим сильно скорочують витрати на зв'язок. Основним завданням АТС є автоматичне з'єднання абонентів внутрішньої мережі між собою у межах офісу чи підприємства, і навіть із зовнішніми телефонними мережами, наприклад: міської аналогової мережею, GSM чи IP мережею. Установка офісної АТС дозволить організувати зручний та ефективний внутрішній зв'язок, оптимізувати навантаження на задіяні абонентські лінії, упорядкувати доступ співробітників до міських ліній зв'язку та багато іншого. Багато телефонних станцій мають можливість розширення своїх початкових можливостей, за рахунок встановлення плат розширення. За типом комутації розрізняють:

- аналогові АТС, невеликої ємності;
- цифрові станції, невеликої та середньої ємності, з можливістю встановлення DECT систем;
- IP АТС, середньої та великої ємності, з модульною системою компонування та безліччю сервісів;
- бездротові міні АТС, невеликої ємності.

Таблиця 1.1 – Порівняльна таблиця систем телефонії

Критерій	Аналогова телефонія	Цифрова телефонія	IP-телефонія (VoIP)
1	2	3	4
Передача сигналу	Аудіо передається у вигляді аналогового сигналу	Цифровий (0/1) сигнал, дискретизація голосу	Пакетна передача голосу по IP-протоколу
Якість зв'язку	Середня, залежить від шумів і відстані	Вища за аналогову	Висока, залежить від якості мережі та QoS
Стійкість до перешкод	Низька	Висока	Залежить від мережевого середовища
Можливість розширення	Обмежена	Середня	Висока (масштабування, інтеграція з іншими системами)
Інтеграція з IT-системами	Відсутня	Частково можлива	Повна інтеграція з CRM, ERP, хмарними сервісами
Мобільність та гнучкість	Мінімальна	Обмежена	Висока (робота через Інтернет, мобільні додатки)
Захист інформації (безпека)	Немає засобів шифрування	Частково реалізований	Підтримка шифрування (SRTP, TLS, VPN)
Вартість впровадження	Низька	Середня	Відносно низька, використовується існуюча IP-мережа

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Вартість обслуговування	Висока (потребує техобслуговування АТС)	Середня	Низька (переважно програмна підтримка)
Підтримка сучасних функцій	Обмежена (дзвінок, утримання)	Конференція, переадресація	Голосова пошта, IVR, відеодзвінки, статистика, API
Тип обладнання	Аналогові АТС, комутатори	Цифрові АТС (наприклад, Siemens, Panasonic)	IP-АТС (наприклад, FreePBX, 3CX), маршрутизатори, сервери
Залежність від Інтернету	Не залежить	Не залежить	Потребує стабільного мережевого з'єднання
Приклади використання	Старі офіси, телефонні лінії	Державні структури, класичні АТС	Сучасні офіси, хмарні рішення, віддалена робота

Аналогова телефонія є технологічно застарілою, однак досі використовується в окремих установах через простоту та низькі витрати на початкове розгортання. Проте вона має низьку якість зв'язку, відсутність захисту даних і погано масштабована.

Цифрова телефонія є переходом між аналоговою і IP-системами. Вона забезпечує кращу якість сигналу, більшу функціональність та стійкість до перешкод, але часто вимагає спеціального обладнання і менш гнучка в масштабуванні.

IP-телефонія (VoIP) є найбільш сучасним і перспективним варіантом. Вона дозволяє інтегрувати телефонію з інформаційними системами, забезпечує розширену функціональність, віддалений доступ і високу безпеку за умови правильного налаштування. Основним недоліком є залежність від якості мережевого з'єднання.

1.2 Перспективи розвитку

Телефонний зв'язок продовжує відігравати ключову роль у системах комунікацій, проте його структура та технології зазнають суттєвих трансформацій під впливом цифровізації, інтернету речей, штучного інтелекту та переходу до IP-мереж. У XXI столітті розвиток телефонії переорієнтовується з аналогових і TDM-мереж на програмно-керовані, гнучкі цифрові рішення, що інтегруються з корпоративними мережами, сервісами хмарного типу й системами безпеки.

1.2.1 Перехід до IP-телефонії (VoIP)

Переважає більшість телефонних мереж у розвинених країнах переходить на VoIP (Voice over IP), яка забезпечує:

- зменшення витрат на зв'язок;
- інтеграцію з комп'ютерними системами (СТІ);
- масштабованість і гнучкість.

Очікується, що до 2030 року майже всі національні оператори повністю перейдуть з PSTN/ISDN на IP-технології.

1.2.2 Хмарні телефонні системи (Cloud PBX)

Компанії дедалі частіше обирають хмарні АТС (Virtual PBX) замість локального обладнання:

- скорочення капітальних витрат;
- гнучкість масштабування;
- підтримка віддаленої роботи;
- автоматизація оновлень і резервного копіювання.

Перспектива — інтеграція з CRM-системами, Zoom, Microsoft Teams, Google Meet, тощо.

1.2.3 Мобільність та інтеграція з мобільними пристроями

Сучасна телефонія вже тісно пов'язана з мобільними застосунками, що замінюють фізичні телефони:

- softphone-додатки (Zoiper, Linphone);
- підтримка SIP-телефонії у смартфонах;
- адаптація телефонних систем до BYOD (Bring Your Own Device).

Це відкриває перспективи глобального зв'язку без SIM-карт, лише через інтернет.

1.2.4 Інтеграція з системами штучного інтелекту

ШІ активно впроваджується у телефонію для:

- голосових ботів і автообдзвону;
- транскрибування розмов у реальному часі;
- автоматичного аналізу тональності діалогу;
- інтелектуального розпізнавання мовлення.

Телефонний зв'язок перетворюється на мультимодальну платформу взаємодії з користувачем.

1.2.5 Розвиток WebRTC

Web Real-Time Communication (WebRTC) — перспективна технологія, яка дозволяє:

- здійснювати дзвінки через браузер без плагінів;
- інтегрувати відео- та аудіозв'язок у вебдодатки;
- створювати контакт-центри у браузері.

Це дає змогу створювати повноцінні комунікаційні рішення без фізичних телефонів.

1.2.6 Безпека телефонного зв'язку

Із поширенням IP-телефонії зростають і кіберзагрози: перехоплення дзвінків, фішинг, спуфінг. Тому перспективи розвитку включають:

- застосування шифрування (TLS, SRTP);
- автентифікацію користувачів SIP;
- аналіз аномалій та виявлення атак у реальному часі.

1.2.7 Поява 6G і нових стандартів мобільного зв'язку

Телефонний зв'язок у майбутньому буде ще тісніше інтегрований із бездротовими мережами:

- 5G вже дає змогу передавати голос у високій якості через VoNR (Voice over New Radio);
- 6G (очікується до 2030 року) забезпечить ще більшу швидкість та щільність пристроїв;
- розвиток мережі для машинного зв'язку (M2M).

Телефонний зв'язок швидко еволюціонує від класичних комутованих мереж до програмно-орієнтованих гнучких рішень. Основні напрями розвитку включають:

- масове впровадження VoIP;
- хмарні технології;

- мобільність;
- захищеність;
- інтеграцію зі штучним інтелектом і web-платформами.

Це вимагає від фахівців з кібербезпеки глибокого розуміння сучасних телефонних архітектур та методів їх захисту.

2 СТРУКТУРА СИСТЕМИ

2.1 Опис взаємодії компонентів

FreePBX є головною IP-АТС, а маршрутизатор Cisco 2921 з модулями FXO, FXS та E1 виконує роль шлюзу між аналоговими/цифровими лініями та IP-телефонією. Також у систему інтегрується аналогова АТС (наприклад, Siemens H150E або інша), яка підключається до Cisco.

Опис взаємодії компонентів

FreePBX (IP-АТС)

- Головний інтелектуальний центр системи.
- Керує SIP-телефонами, внутрішніми номерами, правилами маршрутизації викликів, голосовою поштою, IVR, CDR-записами тощо.
- Використовує SIP-протокол для зв'язку з пристроями у локальній мережі.
- Підключається до Cisco 2921 через SIP-транк (SIP peer).

Cisco 2921

- Виконує роль VoIP-шлюзу, що з'єднує IP-мережу з аналоговими/цифровими лініями.
- Має наступні інтерфейси:
 - FXO (Foreign Exchange Office) — для підключення міської аналогової телефонної лінії;
 - FXS (Foreign Exchange Subscriber) — для підключення аналогових телефонів або факсів;
 - E1/PRI (T1/E1 Controllor) — для підключення аналогової АТС, яка підтримує цифрову TDM-комунікацію.
- Приймає вхідні SIP-виклики від FreePBX і маршрутизує їх на відповідний фізичний порт (FXO/FXS/E1), і навпаки.

Аналогова АТС (наприклад, Siemens H150E)

- Підключається до інтерфейсу E1 (PRI або CAS) на Cisco 2921.
- Спілкується з ним через протоколи Q.931, QSIG, або R2.
- Отримує/передає виклики через фізичне підключення і бачить FreePBX як транкову лінію (небезпосередньо або через маршрутизатор).

Таблиця 2.1 – Типові сценарії викликів

	Сценарій	Шлях виклику (узагальнений)
1	SIP-телефон → зовнішній міський номер	SIP → FreePBX → SIP-транк → Cisco (FXO) → PSTN
2	SIP-телефон → аналогова АТС	SIP → FreePBX → SIP-транк → Cisco (E1) → аналогова АТС
3	Аналогова АТС → SIP-телефон	E1 → Cisco → SIP-транк → FreePBX → SIP-клієнт
4	Аналоговий телефон (FXS) → SIP-телефон	FXS → Cisco → SIP → FreePBX → SIP
5	Міський дзвінок → SIP-телефон	PSTN → FXO → Cisco → SIP-транк → FreePBX → SIP

Переваги такої схеми

- Централізація логіки — всі правила, маршрути та функції (IVR, voicemail, ACD) реалізовано у FreePBX.
- Інтеграція з традиційною інфраструктурою — можливість поетапного переходу від аналогової телефонії до VoIP.
- Гнучкість маршрутизації — можна налаштовувати правила, за якими частина викликів іде через SIP, частина через E1 або FXO.
- Безпека та контроль — FreePBX дозволяє запис дзвінків, автентифікацію SIP-агентів, використання VPN.

Структурна схема системи показана на рис. 2.1.

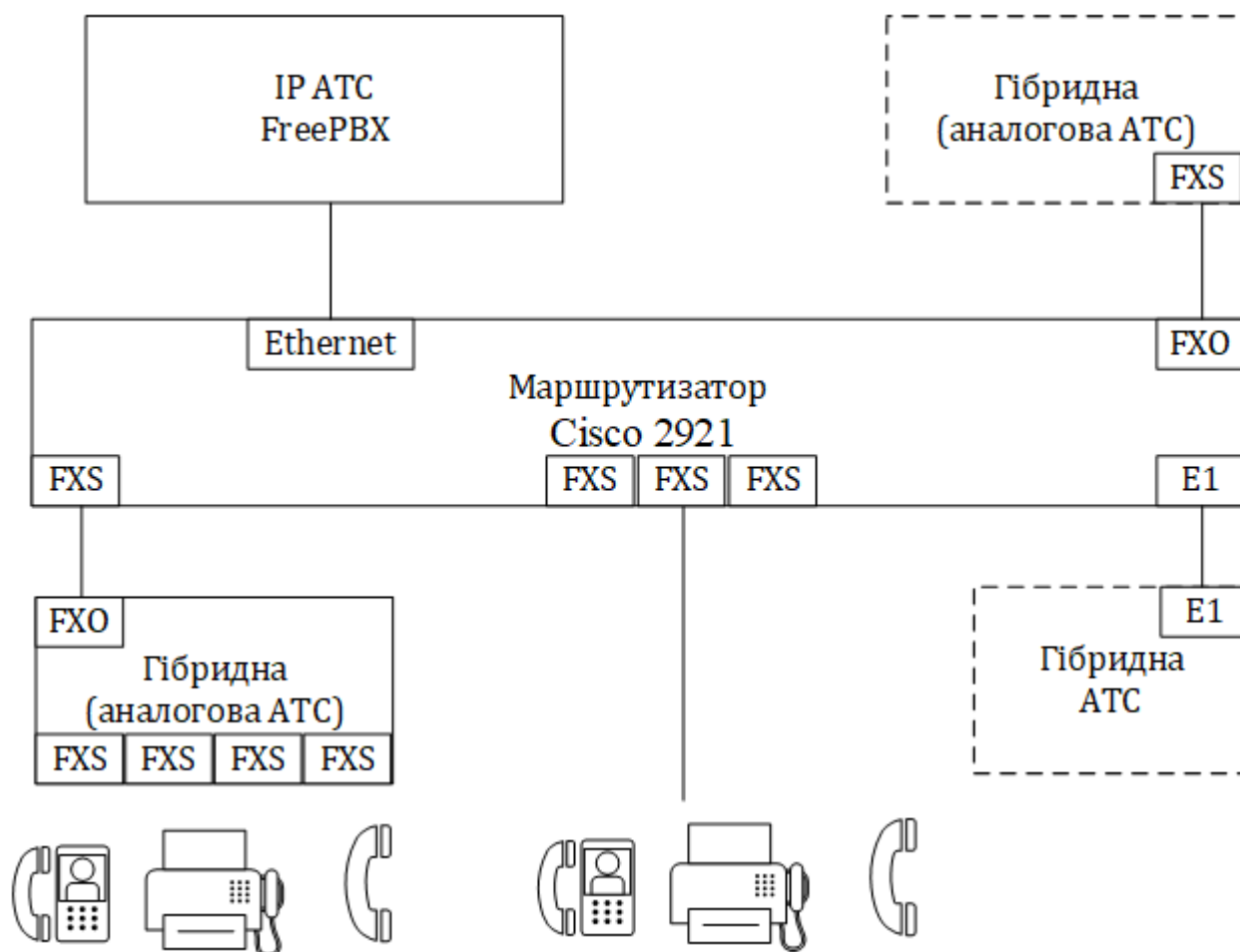


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи

2.2 FreePBX

2.2.1 Опис системи FreePBX

FreePBX — це веб-орієнтований графічний інтерфейс користувача з відкритим вихідним кодом, який використовується для керування та адміністрування телефонної платформи Asterisk — потужного VoIP-сервера з відкритим кодом, який виконує функції програмної IP-АТС (Private Branch Exchange).

Проект FreePBX розповсюджується під ліцензією GNU General Public License (GPL), що гарантує відкритість коду, можливість модифікації та вільного поширення. FreePBX може бути встановлений окремо на базі операційної

системи Linux або у складі попередньо сконфігурованого дистрибутиву — FreePBX Distro, який включає:

- операційну систему Linux (наприклад, CentOS),
- саму телефонну платформу Asterisk,
- веб-інтерфейс FreePBX з усіма залежностями.

FreePBX Distro — це офіційна інтегрована збірка від розробників FreePBX, яка призначена для швидкого розгортання готової IP-АТС на базі Asterisk. Система ідеально підходить для використання в компаніях малого, середнього та великого бізнесу, а також в навчальних або дослідницьких лабораторіях.

2.2.2 Ключові особливості FreePBX Distro:

- Швидке розгортання — мінімальні зусилля для інсталяції та запуску.
- Інтуїтивно зрозумілий веб-інтерфейс, доступний українською, російською та англійською мовами.
- Регулярні оновлення системи, ядра, Asterisk та самого інтерфейсу FreePBX.
- Вбудовані засоби безпеки — зокрема:
Fail2Ban — захист від несанкціонованого доступу та підбору паролів;
IPTables — налаштування фільтрації мережевого трафіку;
VPN-підтримка, SRTP, TLS та інші механізми шифрування.
- Гнучка система розширень — підтримка модулів, розширених функцій (IVR, call center, call queues, Voicemail-to-Email тощо).
- Інтеграція з CRM/ERP-системами через API або конектори.

2.2.3 Базовий склад дистрибутиву:

- Операційна система: CentOS 5.8 (у нових версіях — AlmaLinux/Rocky Linux/RedHat)
- Asterisk: версії від 1.8 до 11 (у сучасних дистрибутивах підтримуються Asterisk 13, 16, 18+)

- FreePBX: версія 2.10 (сучасні версії — 15, 16)
- LAMP-стек (Linux + Apache + MySQL + PHP)
- IPTables — брандмауер для керування мережевим доступом
- Fail2Ban — система виявлення атак і блокування IP

2.2.4 Додаткові переваги:

- Підтримка SIP, IAX, DAHDI, PRI, FXO/FXS інтерфейсів через зовнішні шлюзи або картки.
- Можливість реалізації телефонних сценаріїв будь-якої складності (маршрутизація, розгалуження, записи, конференції).
- Інтеграція з IP-телефонами Cisco, Yealink, Grandstream, Alcatel, а також з аналоговими пристроями через шлюзи.
- Широкі можливості логування, моніторингу та діагностики.

2.3 Маршрутизатор Cisco 2921

Маршрутизатори Cisco серії 2900 належать до другого покоління маршрутизаторів із вбудованими сервісами (ISR G2 — Integrated Services Routers Generation 2). Це високопродуктивні мережеві пристрої, які орієнтовані на потреби малих і середніх організацій, що вимагають надійного, безпечного та масштабованого підключення до мережі Інтернет, корпоративних VPN, а також підтримки уніфікованих комунікацій.

Серія охоплює кілька моделей з фіксованою конфігурацією, які можна гнучко масштабувати за допомогою апаратних модулів і ліцензій. Типова швидкість маршрутизації може досягати до 75 Мбіт/с, що є цілком достатнім для більшості типових офісних навантажень.



Рисунок 2.2 – Маршрутизатор Cisco 2921

2.3.1 Основні технічні особливості Cisco ISR 2900:

- Підтримка гігабітних Ethernet портів (10/100/1000), включно з портами формату SFP, які дозволяють організувати оптичні канали зв'язку.
- Слоти EHWIC (Enhanced High-Speed WAN Interface Card) — для підключення модулів нового покоління з високою пропускнуою здатністю, які також сумісні з попередніми модулями WIC, HWIC, VWIC.
- Слоти SM (Service Module) — забезпечують розширення функціональності маршрутизатора за рахунок додавання таких сервісів, як VoIP-шлюзи, контролери бездротових мереж тощо. Сумісні з модулями NM/NME/EVM попередніх поколінь.
- Підтримка ISM (Internal Service Modules) — вбудованих модулів для реалізації додаткових функцій, включно з цифровою обробкою сигналів.
- Можливість встановлення DSP-модулів PVDM3 — для забезпечення функцій VoIP і відеоконференцзв'язку. Ці модулі зворотно сумісні з попередніми версіями (PVDM2).
- Інтеграція з мобільними сервісами — включаючи голосовий трафік, відео, передачу даних, геолокацію та бездротовий доступ.
- Підтримка технології SRE (Services Ready Engine) — що дозволяє розгортати програмні сервіси на вимогу, без зміни апаратного забезпечення.

Таблиця 2.2 – Порівняння моделей маршрутизаторів Cisco 2900 серії:

Модель	Вбудовані порти	Вбудовані порти	Роз'єми	Роз'єми SM по-двійний ширини	Роз'єми EHWIC	Роз'єми EHWIC подвійний ширини	Роз'єми ISM
Cisco	10/100/1000 Мбіт/с, RJ45	10/100/1000 Мбіт/с, SFP	SM				
Cisco 2901	2	0	0	0	4	2	1
Cisco 2911	3	0	1	0	4	2	1
Cisco 2921	3	1	1	1	4	2	1
Cisco 2951	3	1	2	1	4	2	1

На маршрутизаторах Cisco ISR 2900 серії використовується універсальний образ ПЗ Cisco IOS. Універсальний образ Cisco IOS розділяється за функціональністю на чотири технологічні пакети, кожен з яких при необхідності може бути активований окремими ліцензіями.

2.3.2 Функціональність у сфері безпеки:

Cisco ISR 2900 забезпечує широкий спектр мережевих засобів захисту завдяки вбудованій підтримці:

- VPN-сервісів з реалізацією GETVPN, DMVPN та Enhanced Easy VPN;
- апаратного шифрування IPsec/SSL за допомогою вбудованих криптографічних модулів;
- надійного доступу для віддалених користувачів з високим рівнем захисту даних.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики Маршрутизатора Cisco 2921/K9:

Manufacturer:	Cisco
Product ID:	CISCO2921/K9
Product Description:	Cisco 2921 with 3 onboard GE, 4 EHWIC slots, 3 DSP slots, 1 ISM slot, 256MB CF default ,512MB DRAM default, IP Base
Product Type:	Router
Interfaces/Ports	
Total Number of Ports:	3
USB:	Yes
Management Port:	Yes
Number of Broadband (RJ-45) Ports:	3
I/O Expansions	
Number of Total Expansion Slots:	12
Expansion Slot Type:	HWIC
	SFP (mini-GBIC)
	PVDM
Network & Communication	
Network Technology:	10/100/1000Base-T
Ethernet Technology:	Gigabit Ethernet
Management & Protocols	
Security Features:	Cisco Security Manager; VPN encryption; Cisco IOS Firewall; Cisco IOS Zone-Based Firewall; Cisco IOS IPS; Cisco IOS Content Filtering; AAA; DES; 3DES; AES
Memory	
Standard Memory:	512 MB
Maximum Memory:	2.50 GB
Memory Technology:	DRAM
Flash Memory:	256 MB
Memory Card Supported:	CompactFlash (CF) Card
Power Description	
Input Voltage:	110 V AC
	220 V AC
Power Source:	Power Supply
Redundant Power Supply:	Yes
Miscellaneous	
Additional Information:	IP Base; High-density-packet voice DSP module, optimized for voice and video support; Standards-certified VoiceXML browser services; Cisco Unified Border Element capabilities. Expansion Slots: 1 x Service Module; 1 x Internal Services Module (ISM)

2.3.3 Переваги використання Cisco 2900:

- Універсальність і масштабованість;
- Сумісність з широким спектром модулів;
- Підтримка сучасних вимог до безпеки та уніфікованих комунікацій;
- Можливість інтеграції з аналоговими й цифровими телефонними системами;
- Надійність у корпоративному середовищі з тривалим терміном експлуатації.

2.4 Panasonic KX-TDA100D

2.4.1 Опис Panasonic KX-TDA100D

Для максимальної та гнучкої реалізації всіх технічних можливостей системи телефонії у якості гібридної АТС можливо обрати Panasonic KX-TDA100D з граничною ємністю до 120 зовнішніх ліній, 176 внутрішніх ліній, 128 DECT-абонентів. Плати розширення обираються наступні:

- Panasonic KX-TDA1178X (MCSLC24) – 1шт
- Panasonic KX-NS5174X (MCSLC16) – 1шт
- Panasonic KX-TDA0188XJ (E1) – 1шт
- Panasonic KX-TDA0290CJ (PRI30) – 1шт
- Системний телефон був обраний цифровий Panasonic KX-DT333 в кількості 5шт.
- Консоль Panasonic KX-DT390 сумісна з обраним цифровим системним телефоном-2шт

Міні-АТС серії KX-TDA-АТС Panasonic TDA 100D (Panasonic KX-TDA100DRP) оптимальне рішення для організацій з класичною внутрішньою телефонною мережею. Базовий блок містить 7 універсальних слотів для уста-

новки плат розширення. Додатково на платі процесора є 4 цифрових порти, що володіють функцією DXDP.

DXDP (англ. DigitalExtraDevicePort, цифровий порт додаткового пристрою) — фірмова технологія компанії Panasonic, завдяки якій можна підключити на один цифровий або гібридний порт два цифрових телефону серії KX-T76xx | KX-DTxxx. При цифровому XDP-підключенні один системний телефон з'єднується з іншим системним телефоном, підключеним до цифрового порту. Системний телефон, підключений безпосередньо до АТС, називається «провідним системним телефоном», а системний телефон, підключений до ведучого, — «веденим». Кожен телефон може функціонувати як самостійна внутрішня лінія з власним внутрішнім номером.



Рисунок 2.3 - АТС Panasonic KX-TDA100D

Функція Dxdr працює тільки з телефонами Panasonic 76-ї серії (T76xx) або DT серії. Кожен телефон має два порти RJ11: порт TO MAIN UNIT/PABX — для підключення до АТС і порт TO TEL — для підключення другого цифрового телефону серії 76 (DXDP-slave) або аналогового телефону (XDP). Щоб викори-

стовувати функцію DXDP потрібно підключати ЦСТ тільки один через одного, перший телефон виступає як master, другий підключається до порту TO TEL і виступає як slave.

2.4.2 Технічні характеристики АТС КХ-TDA100D

Таблиця 2.4–Технічні характеристики АТС КХ-TDA100D

Внутрішні лінії	
Аналоговий	128
Цифровий	104
У тому числі цифрові консолі	8
VoIP (системні IP-телефони)	-
IP-телефони	-
Зовнішні лінії	
Аналогові	112
ISDN PRI	120
R2MFC/DTMF	120
E&M	56
ISDN BRI QSIG	56
VoIP (H.323 ver. 2)	-
VoIP (SIP)	-
Інші характеристики	
Домофони	16
Мобільні абоненти DECT	128
Базові станції DECT	32
Зовнішні датчики	16
Канали DISA/OGM	16
Конференц-зв'язок	8 (32)
Інтерфейс USB1.1	1
Інтерфейс RS232C	1
Модем для віддаленого адміністрування	є
Роз'єм зовнішнього джерела музики (лін.входу)	є
Роз'єм зовнішнього динаміка оповіщення (лін.вихід)	є
Роз'єм батареї резервного живлення	є
Модуль голосової пошти	є
Розміри (ВхШхГ), мм	334x390x270
Вага, кг	12

2.5 Системний телефон

Системний телефон (СТ) — це телефонний апарат, підключений до спеціального порту IP і міні АТС, який призначений для управління вхідними викликами, конференціями і різними функціями внутрішньої телекомунікаційної інфраструктури підприємства.

Для кожної моделі міні АТС є своя лінійка системних телефонів. Більшість офісних станцій можна запрограмувати за допомогою СТ. Системний телефон не працює зі звичайною аналоговою (домашньою) телефонною лінією.

Сучасний СТ, крім звичної трубки і панелі клавіш номеронабирача, має кнопки швидкого доступу з індикацією статусу внутрішньої телефонної лінії, РК-дисплей, SP-Phone— клавішу гучного зв'язку і ряд функціональних клавіш. За замовчуванням, системний телефон визначає номери вхідних внутрішніх викликів. При використанні цифрових (IP) зовнішніх ліній або послуги Caller ID на аналогових, дисплей показує номер зовнішнього вхідного виклику.

За типом підключення системні телефони діляться на аналогові, цифрові і IP. Аналоговий системник (АСТ) підключається до гібридного порту Міні АТС.

Використовує дві пари контактів (проводів). За однією з них (частіше внутрішньої) проходить голосовий трафік в аналоговому вигляді, а по другій відбувається управління станцією і передача технічної інформації. АТС призначений для роботи з аналоговими (гібридними) міні АТС, з якими інші системні телефони працювати не будуть. Деякі моделі цифрових і IP-АТС підтримують АСТ, але вимагають для цього інтерфейсну гібридну карту і додаткові ресурси потужності блоку живлення. Типовим представником АСТ є аналоговий системний телефон Panasonic.

Цифровий Системний телефон (ЦСТ) підключається до інтерфейсної карти цифрової Або IP-станції. Аналоговими станціями ЦСТ не підтримуються.

Системний телефон Panasonic KX-DT333 призначений для роботи з цифровими Міні-АТС Panasonic серій KX-TDA (версія по 5.0 або вище), KX - TDE,

KX-NCP. Оптимально використовувати його в якості основного телефону для оснащення робочих місць абонентів АТС.

IP-системний телефон має вбудований механізм перетворення голосу в IP-пакети і назад.

Підключається до IP-АТС за допомогою LAN-з'єднання і має гальванічну розв'язку зі станцією, що дозволяє використовувати IP-СТ в будь-якому віддаленому від станції місці, при наявності Ethernet або Internet, наприклад, у віддаленому офісі.

Найчастіше, IP-СТ працює по фірмовому пропрієтарному VoIP протоколу, але сьогодні все частіше виробники використовують у своїх нових розробках SIP.

IP-Системний телефон потребує живлення за допомогою PoE або зовнішнього блоку живлення.

Широкий ряд IP-системних телефонів представлений компанією Panasonic. За вартістю ст діляться на бюджетні, бізнес і топ-моделі.

Системний телефон Panasonic KX-DT343 має спікерфон і трирядковий ЖК-дисплей з підсвічуванням, з підтримкою кирилиці, 4-ма рівнями налаштування контрасту і 3-ма рівнями регулювання нахилу. На російською мовою відображається не тільки меню, але і вміст всіх довідників АТС, журнал вихідних і вхідних викликів, а також команди системного програмування. Також, дисплей цього системного телефону відображає номер абонента або дату і час або тривалість і вартість розмови, і багато іншого.

У системного телефону Panasonic KX-DT343 є 24 програмованих кнопок (функції) з двоколірною індикацією. Індикатори показують зайнятість ліній і абонентів. Одним натисканням такої кнопки можна встановити з'єднання, або викликати системну функцію. Для збільшення кількості кнопок можна підключити приставку NT303 або консоль KX-DT390.

Функції системного телефону KX-DT333:

- Цифровий Системний телефон (2-провідний)

- Великий РК-дисплей (3 рядки) з підтримкою російської мови
- Співкерфон (гучний зв'язок)
- 24 програмованих кнопки ліній/функцій с двоколірною індикацією
- 4 кнопки зі змінною функцією (під дисплеєм)
- 2 порти Ethernet (100Base-T)
- Power Over Ethernet (PoE)
- Роз'єм для гарнітури
- Двоколіровий індикатор виклику / повідомлення.
- 20 мелодій дзвінка
- Порт додаткового пристрою (DXDP) для підключення другого цифрового телефону і другого аналогового телефону
- Регулювання кута нахилу
- Регулювання гучності трубки і співкерфона, контрастності дисплея
- Колір-Білий, чорний



Рисунок 2.4 – Системный телефон Panasonic KX-DT333

2.6 Консоль Panasonic

Системний телефон є сполучною ланкою між користувачем і міні-АТС. При використанні міні-АТС Panasonic рекомендується на робочих місцях співробітників встановлювати системні телефони, що забезпечить доступ до усіх можливостей міні-АТС і дозволить зробити роботу найбільш ефективною. Модельний ряд системних телефонів Panasonic призначений як для початківців користувачів, які застосовують найпростіші операції, так і для досвідчених, пред'являють високі вимоги до комфорту і функціональності.

Консоль Panasonic KX-DT390 має 60 програмованих клавіш (функцій) з двоколірною індикацією. Індикатори показують зайнятість ліній і абонентів. Одним натисканням такої кнопки можна встановити з'єднання, або викликати системну функцію. 4 регулювання кута нахилу.

Консоль Panasonic KX-DT390 займає один цифровий порт в АТС.



Рисунок 2.5—Консоль Panasonic KX-DT390

Функції консолі KX-DT390:

– Консоль для цифрових системних телефонів KX-DT333, KX-DT343 і KX-DT346

- 60 програмованих кнопок прямого доступу з двоколірною індикація
- Регулювання кута нахилу
- Кольори-білий, чорний

2.7 Siemens HiCom 150E OfficeCom

Огляд можливостей та характеристик АТС Siemens HiCom 150E OfficeCom

1. Загальні відомості

Siemens HiCom 150E — це цифрова модульна телефонна система Euro-ISDN, орієнтована на малий та середній бізнес (lansys.com.ua). Варіант OfficeCom — стінне “mid-size” рішення, яке підтримує роботу з VoIP-гіджин, цифровими та аналоговими лініями.

2. Моделі лінійки 150E

- OfficePoint — компактна версія, максимум 20 абонентів, 4 аналогові та до 8 цифрових портів.
- OfficeCom — середній рівень, стартує з 4 аналогових + 8 цифрових портів, підтримує до 172 внутрішніх і до 60 зовнішніх каналів, 64 мобільних DECT-користувачів.
- OfficePro — просунута версія з трьома боксами, до 384 абонентів, 120 ISDN каналів, інтеграція DECT і SIP.

3. Фізичні характеристики OfficeCom

- Корпус настінний (стінне кріплення) або 19"-бокс.
- Габарити: $\sim 450 \times 460 \times 130$ мм, вага ≈ 6 кг.
- Живлення: стандартна напруга 115–230 В, 50–60 Гц.

4. Модульна архітектура

OfficeCom має:

- Стартова комплектація: 4 аналогові + 8 цифрових UP0/E портів.
- До 6 малих і 1 великого слоту для карт розширення.

Підтримувані картки:

- Для аналогових ліній: SLA 4/8/16/24;
- Для ISDN BRI: STLS 2/4;
- Для цифрових телефонів (OptiSet): SLU/SLMO;
- Для DECT-бази: SLC 16, до 64 користувачів.

5. Канали зв'язку та можливості

- До 60 зовнішніх каналів (ISDN, S0/S2M, HKZ, E&M).
- До 172 внутрішніх абонентів базової версії, з можливістю збільшення в OfficePro — до 250.

- Підтримка DECT-покриття, мобільних абонентів.
- СТІ-інтеграція (TAPI, CSTA, CorNet-Q), SNMP-менеджмент, адміністрування через TCP/IP.

6. Сервісні функції

- Аналітика: виклики, коди витрат (АОС), тарифи, збереження статистики .
- Адміністрування: V24-консоль, можливість інтеграції з принтерами, модеми, резервні реле.
- Голосові сервіси: DDI, перенаправлення викликів, групові дзвінки, конференція, парковка, підказки.

Siemens HiCom 150E OfficeCom — універсальне рішення для малого та середнього бізнесу, що поєднує аналогові, цифрові, ISDN- та DECT-інтерфейси з розширюваною архітектурою. Система забезпечує функціонал роботи до ~172 абонентів та ~60 зовнішніх каналів, підтримуючи СТІ-інтеграцію й методи управління. Завдяки міцній модульній базі є гнучкою для задач IP-телефонії та інтеграційних проєктів.

3 НАЛАГОДЖЕННЯ

3.1 Налаштування АТС Panasonic і Asterisk

3.1.1 Налаштування АТС Panasonic

Для налаштування АТС Panasonic необхідно встановити PBX Unified Maintenance Console.

PBX Unified Maintenance Console – це пакет програм і додатків для адміністрування, налаштування, конфігурування і програмування цифрових АТС Panasonic KX-TDE100/200/KX-TDA30/100/200/600. Програма підключається з комп'ютера в АТС через LAN, модем, ISDN, RS-232C, USB порти.

1. Вхід в обліковий запис: для входу введемо код облікового запису «INSTALLER» і виберемо «Стандартна РСМС».

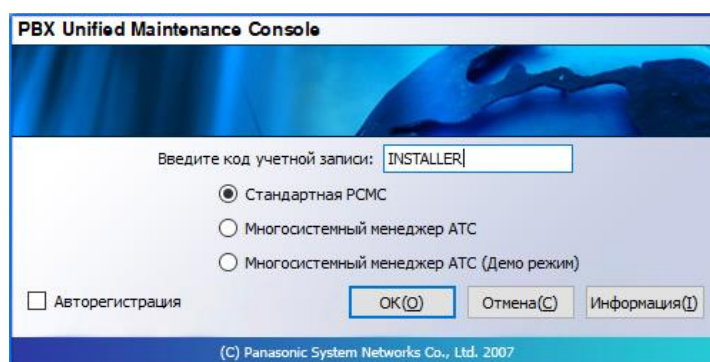


Рисунок 3.1 – Вікно входу в обліковий запис

2. Вибір потрібної АТС:

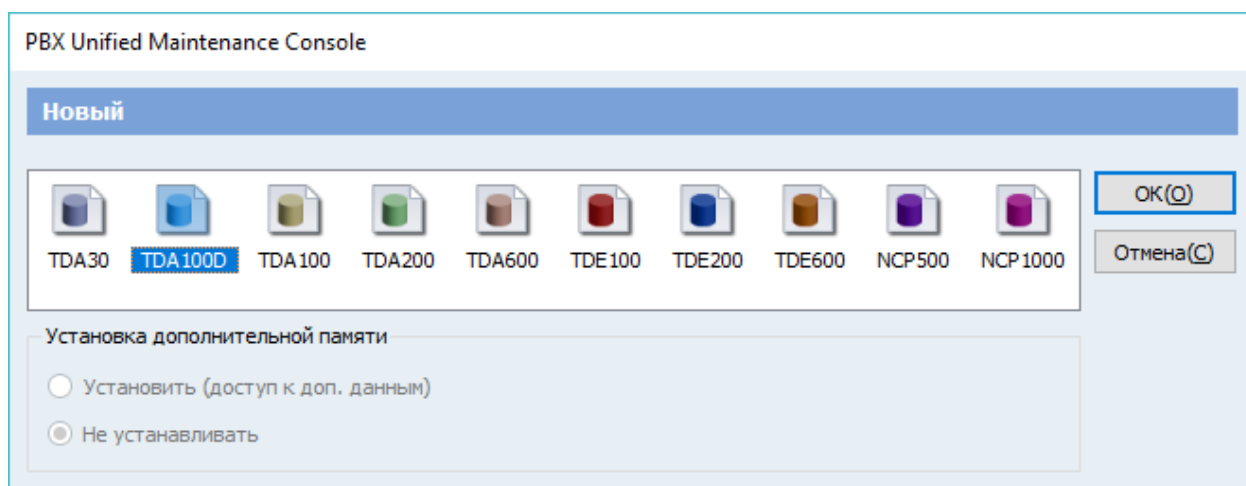


Рисунок 3.2– Вікно вибору АТС

3. У розділі «Конфігурація "пункт" Слот » дозволяє додавати потрібні плати розширення у вільні слоти:

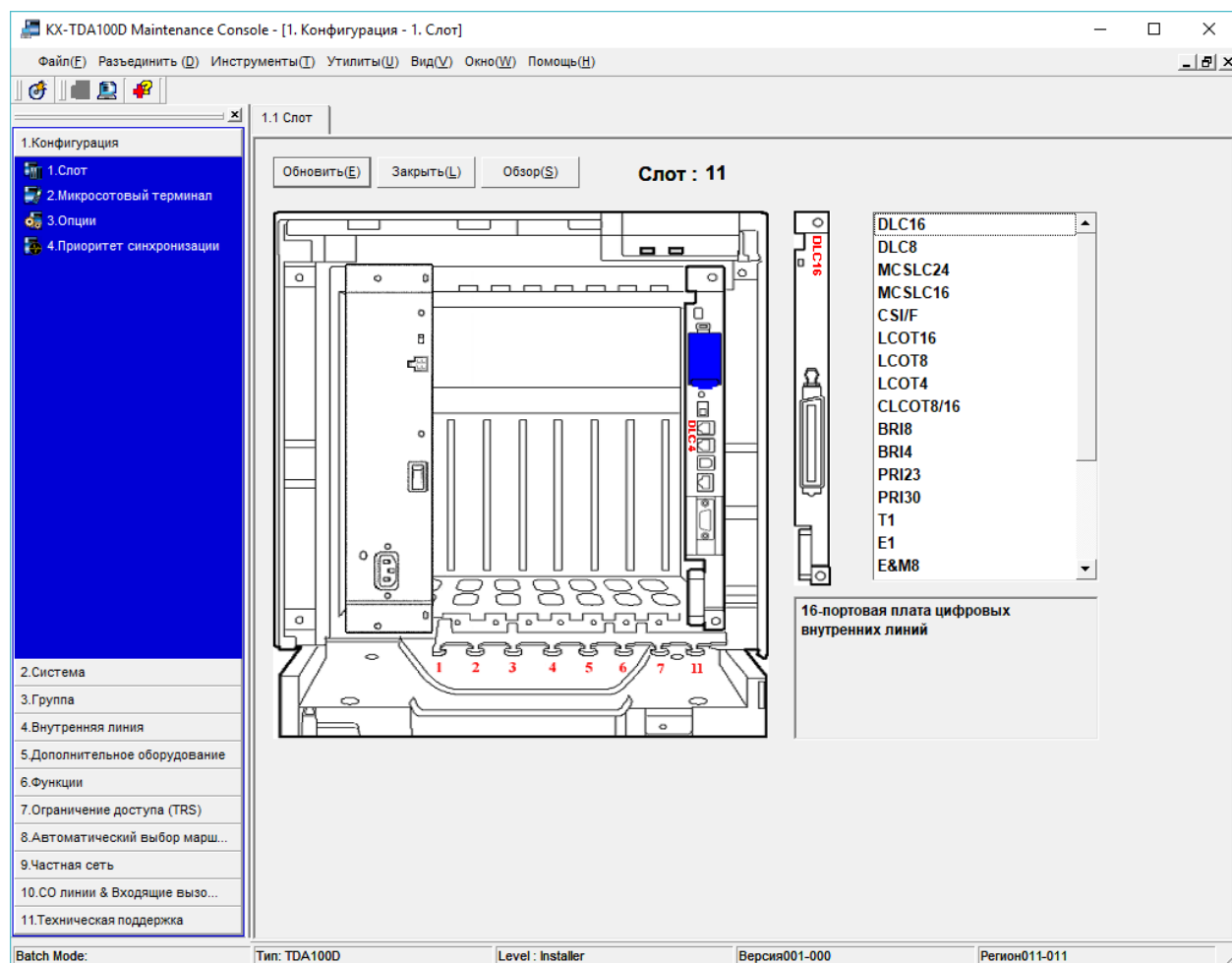


Рисунок 3.3 – Слоты для плат расширения

4. Додавання в слоти плат для внутрішніх абонентів (аналог.):

– Panasonic KX-TDA1178X (MCSLC24) – 24 внутрішніх аналогових портів, Caller ID (3 шт.)

– Panasonic KX-NS5174X (MCSLC16) – 16 внутрішніх аналогових портів, Caller ID (2 шт.)

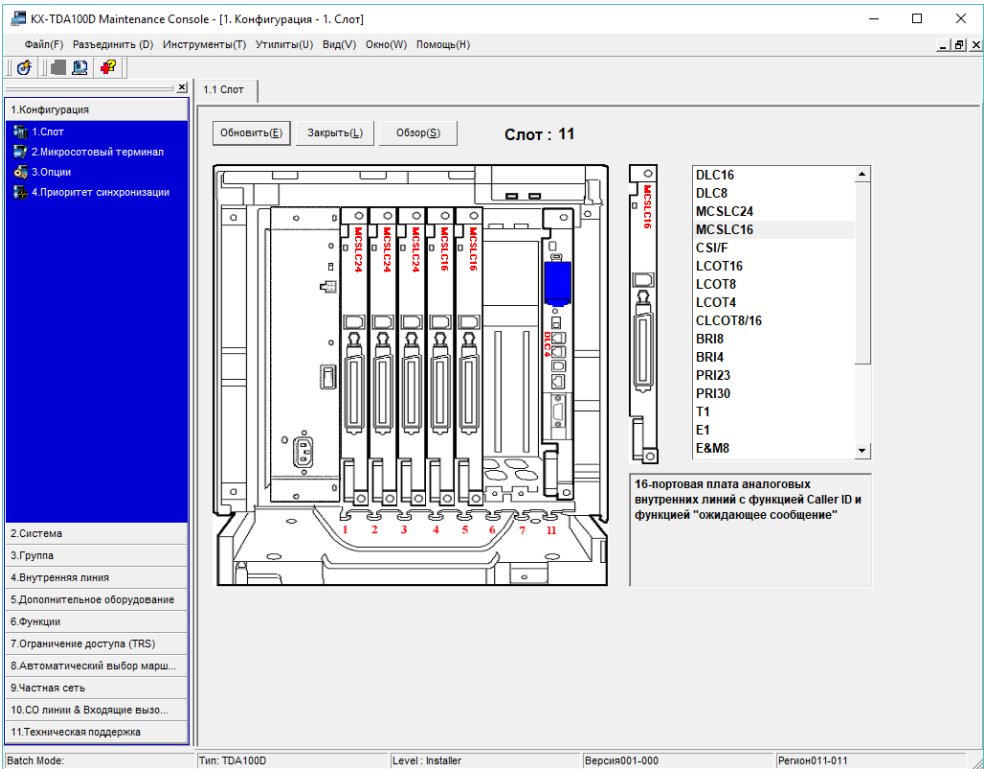


Рисунок 3.4 – Додавання плат MCSLC для внутрішніх абонентів

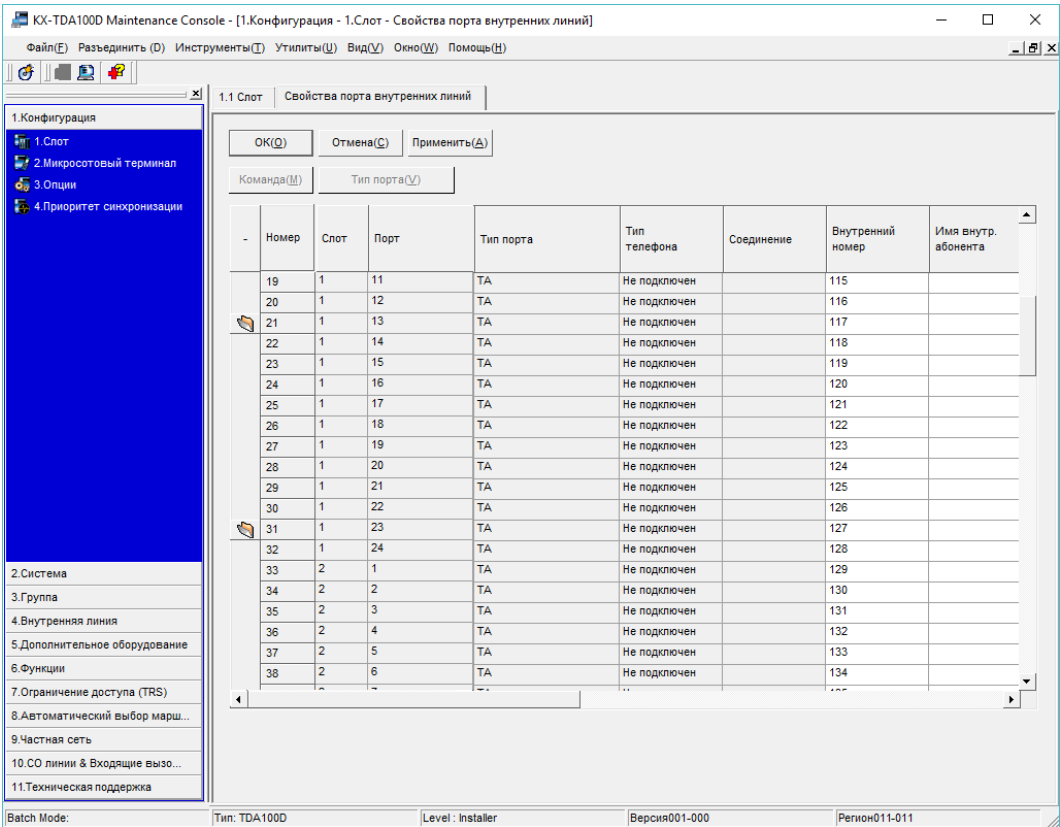


Рисунок 3.5 – Налаштування внутрішніх номерів та імен абонентів

Для внутрішніх абонентів (системних телефонів) на платі процесора є 4 цифрових порти, що володіють функцією DXDP (що дозволяє підключити до 8 цифрових системних телефонів).

5. Значення DSS встановлюється для можливості підключення до ЦСТ секретарів консоль:

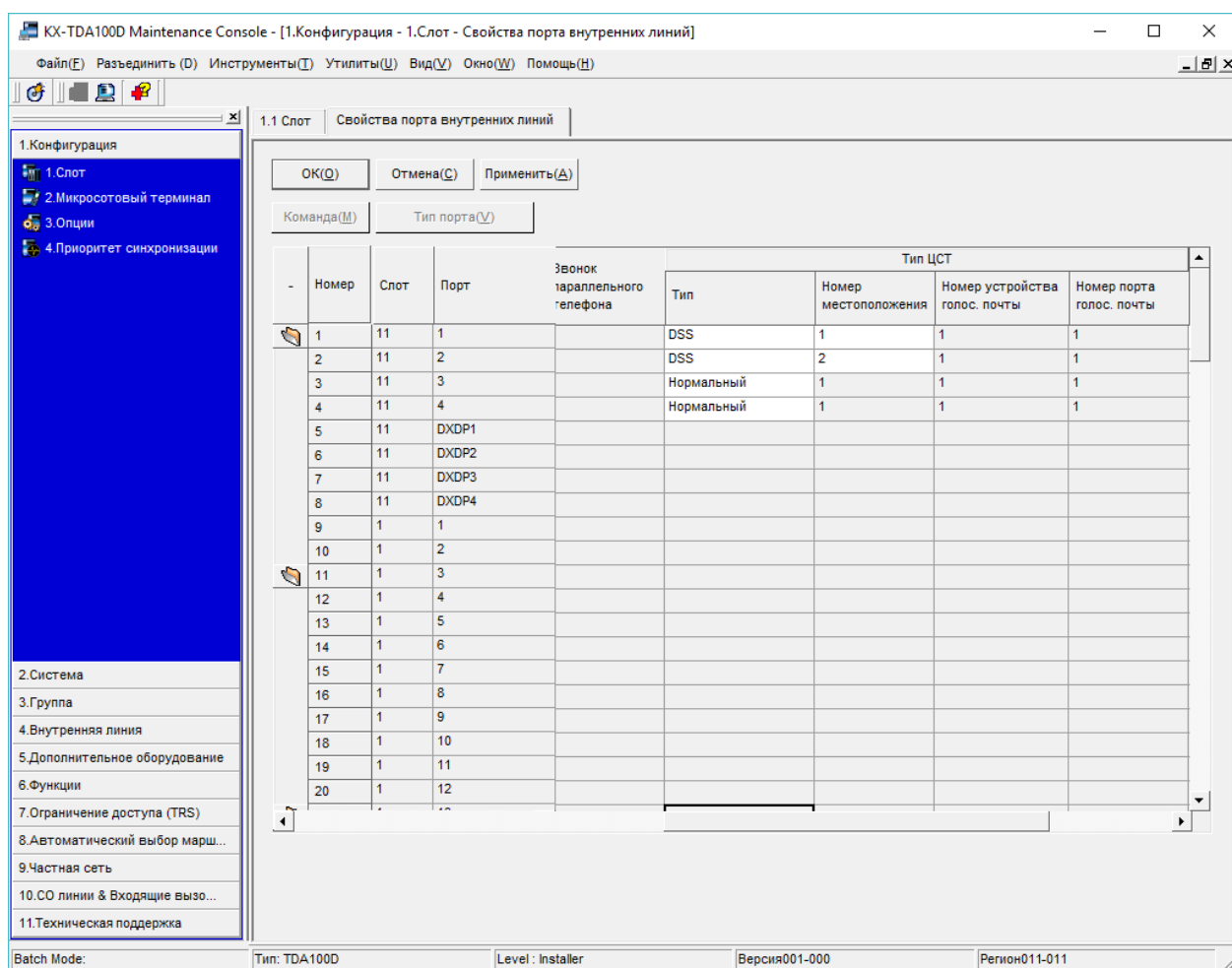


Рисунок 3.6 – Установка значения DSS для ЦСТ секретарів

6. Додавання в слоти плати для зовнішніх абонентів (потік E1):

– Panasonic KX-TDA0188XJ (E1) –модуль потоку E1

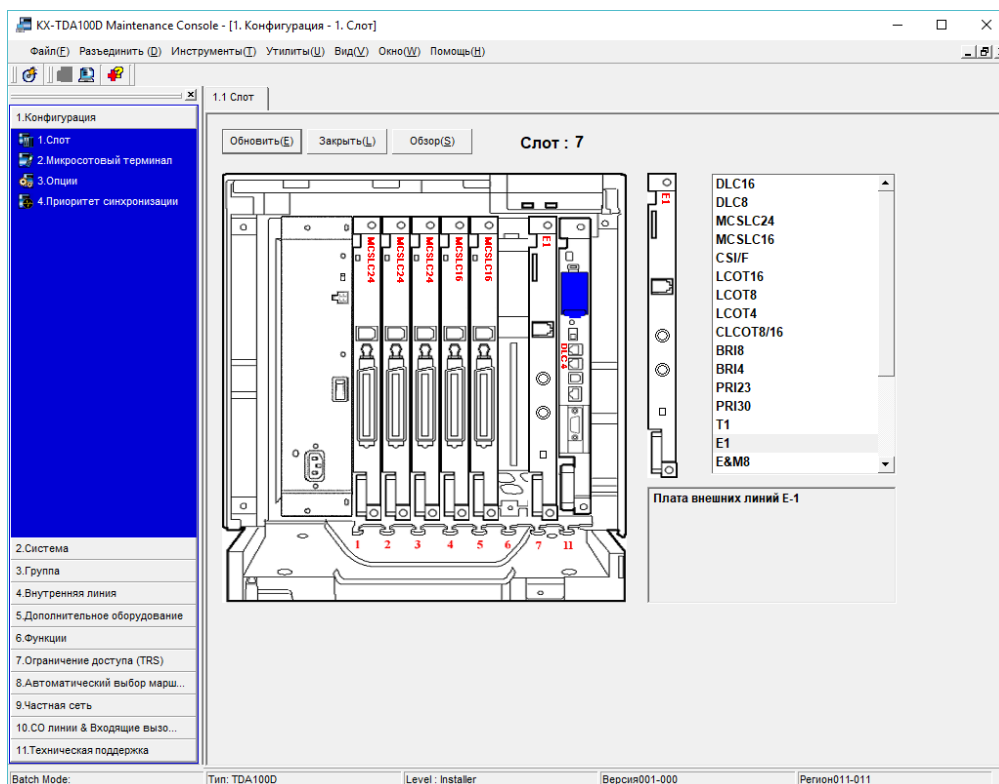


Рисунок 3.7 – Установка платы E1

7. Додавання в слот плати для з'єднання АТС з Asterisk:

– PanasonicKX-TDA0290CJ (PRI30) –плата цифрових інтерфейсів

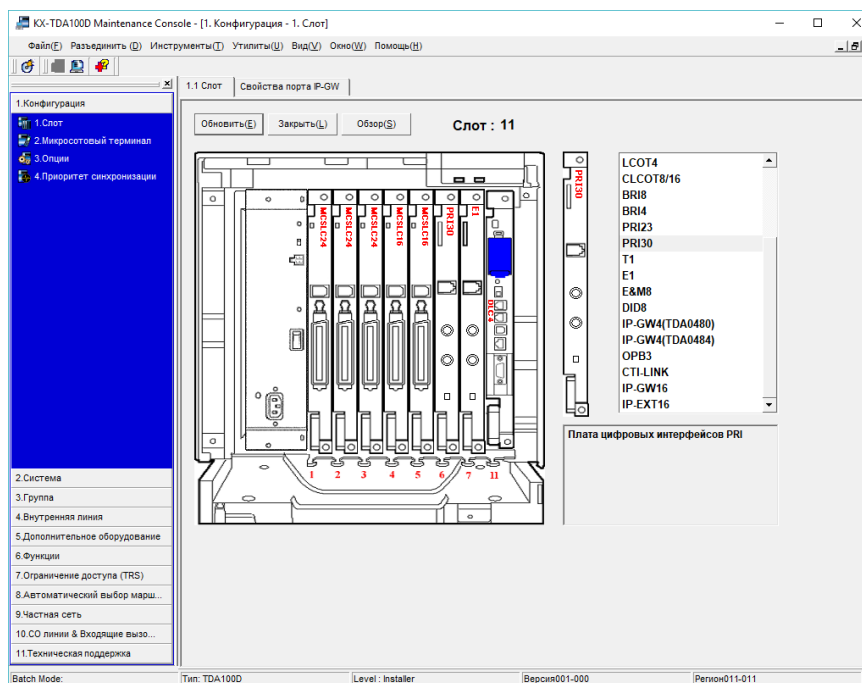


Рисунок 3.8 – Додавання плати цифрових інтерфейсів PRI

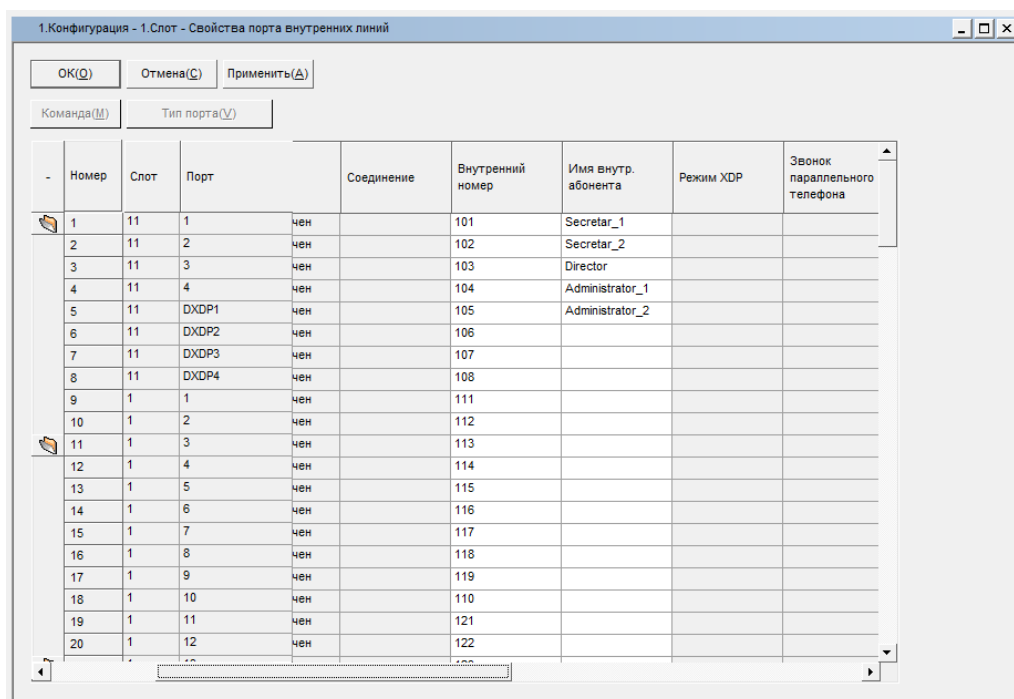


Рисунок 3.9 – Налаштування внутрішніх ліній АТС

Для зв'язку АТС з Asterisk зробимо налаштування плати PRI30. Якщо вона в режимі «INS» («InService»), то переводимо її в режим «ПІДРОЗДІЛАХ», клікнувши по ній правою кнопкою миші і вибравши відповідний пункт («Out-of-service») (в режимі INS Panasonic не дає правити налаштування плати). У властивостях порту встановлюємо: Тип порту - «QSIG-Master», Режим CRC4 – «Disable».

3.1.2 Налаштування Asterisk

Asterisk – вільне рішення комп'ютерної телефонії (в тому числі, VoIP) з відкритим вихідним кодом від компанії Digium, спочатку розроблений Марком Спенсером.

Додаток працює на операційних системах Linux, FreeBSD, OpenBSD і Solaris та інших.

Для установки Asterisk необхідно створити віртуальну машину. Для цього скористаємося програмою VirtualBox 5.2.2:

1. Створення віртуальної машини для установки Asterisk:

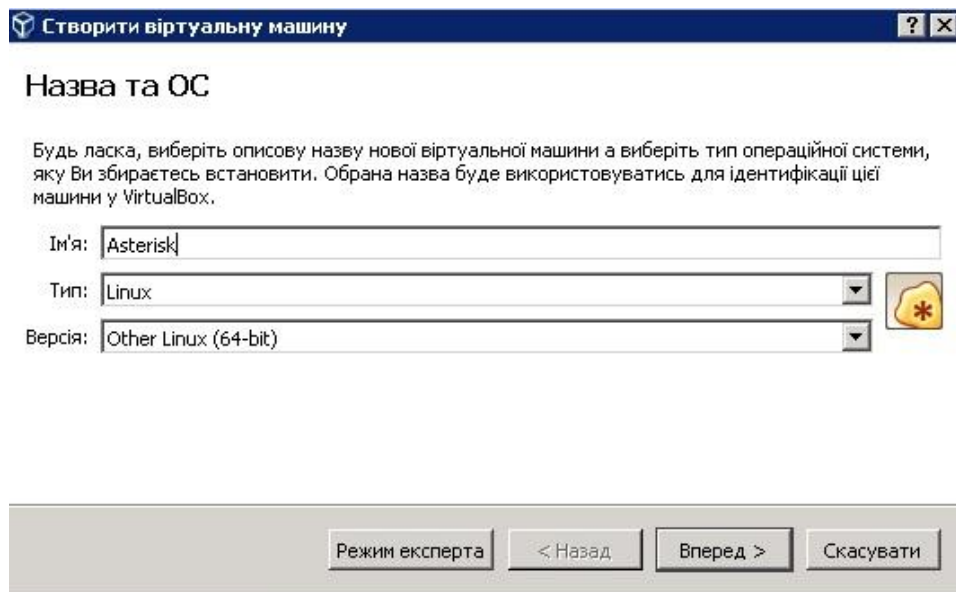


Рисунок 3.10 – Створення віртуальної машини

2. Установка параметрів віртуальної машини: обсяг пам'яті

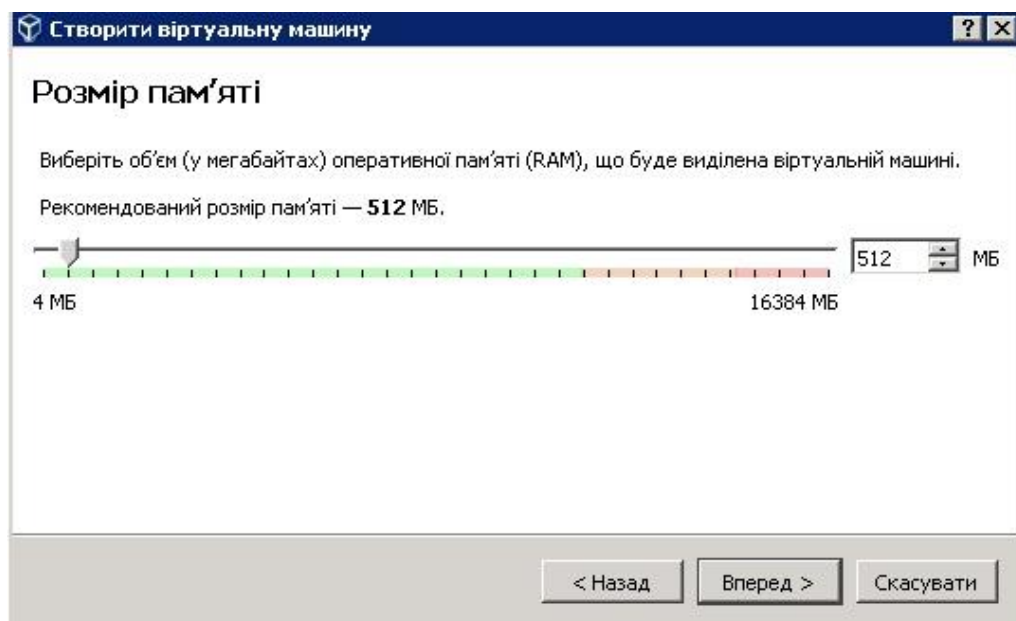


Рисунок 3.11 – Обсяг пам'яті

3. Установка параметрів віртуальної машини: розмір жорсткого диска.

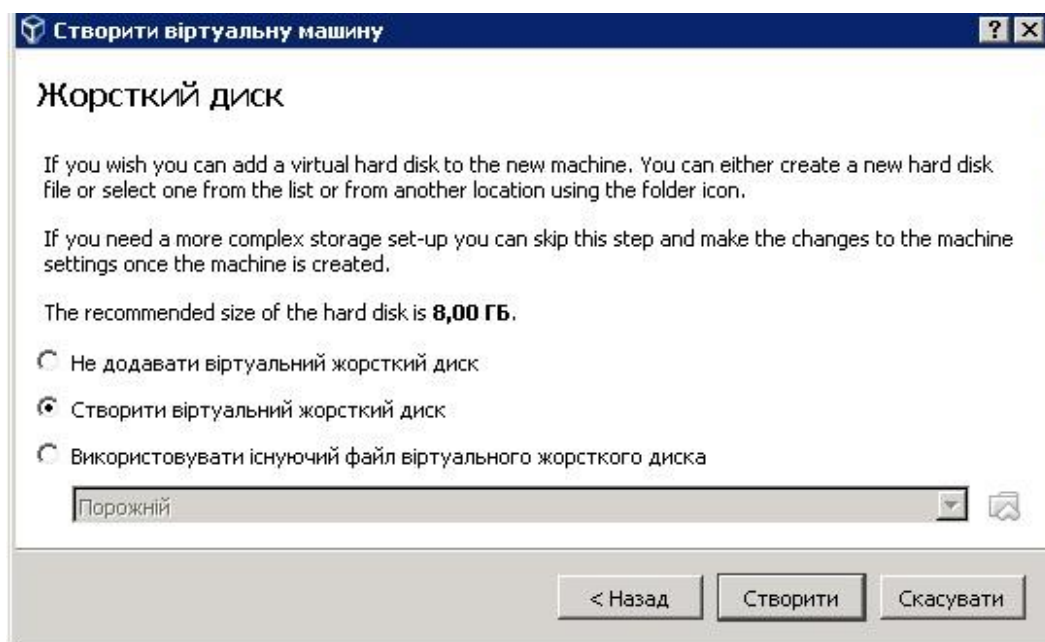


Рисунок 3.12 – Розмір жорсткого диска

4. Установка параметрів віртуальної машини: тип жорсткого диску:

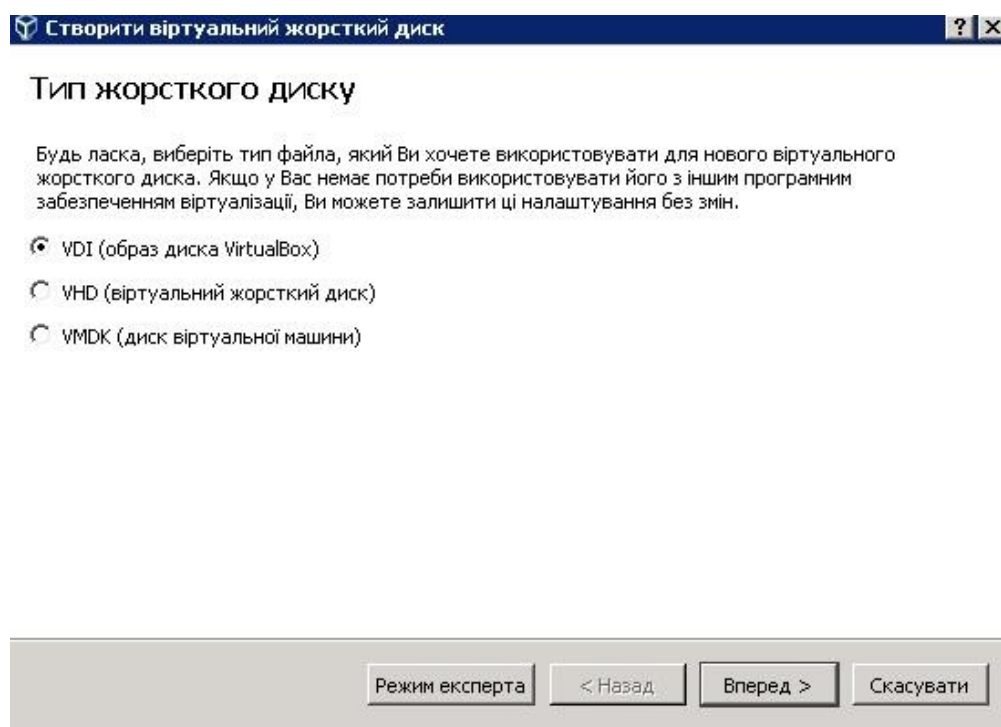


Рисунок 3.13 – Тип жорсткого диска

5. Формат зберігання:

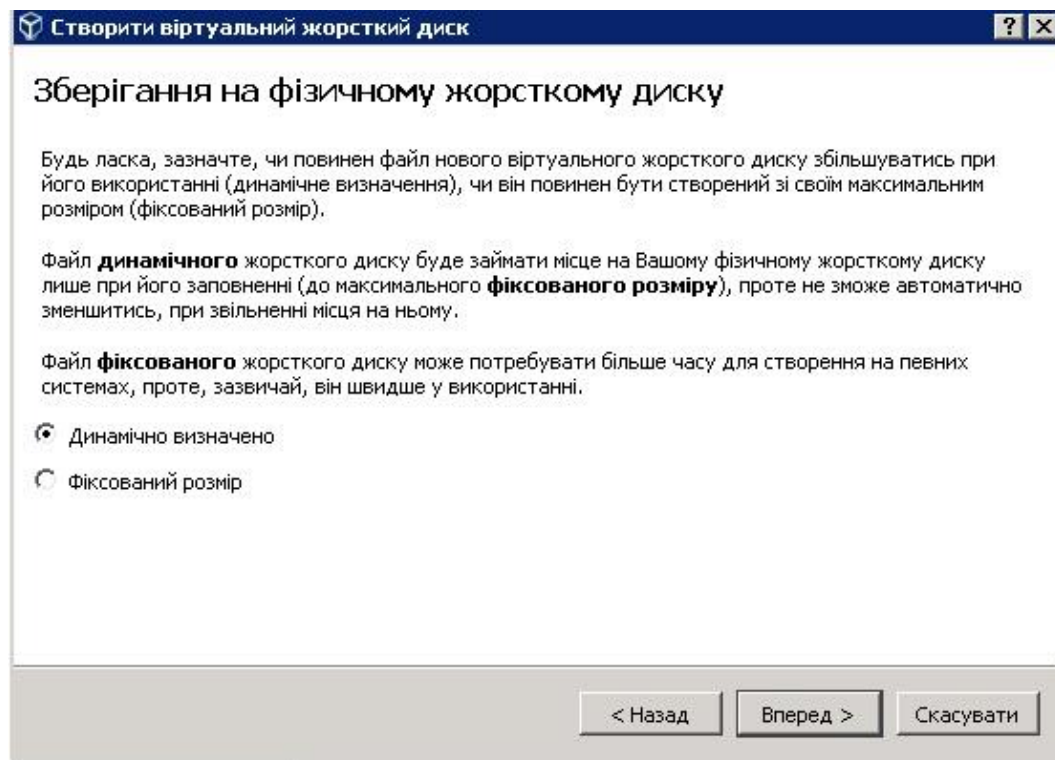


Рисунок 3.14 – Формат зберігання

6. Ім'я та розмір файлу:

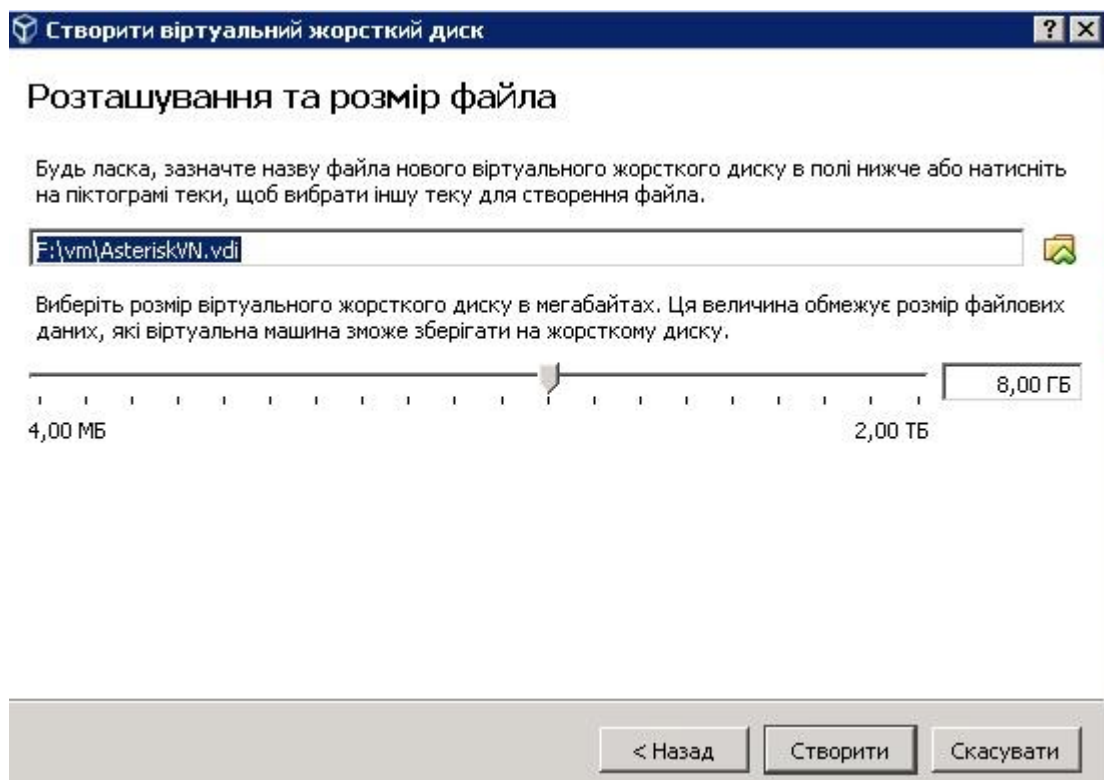


Рисунок 3.15 – Ім'я та розмір файлу

Діалогове вікно віртуальної машини:

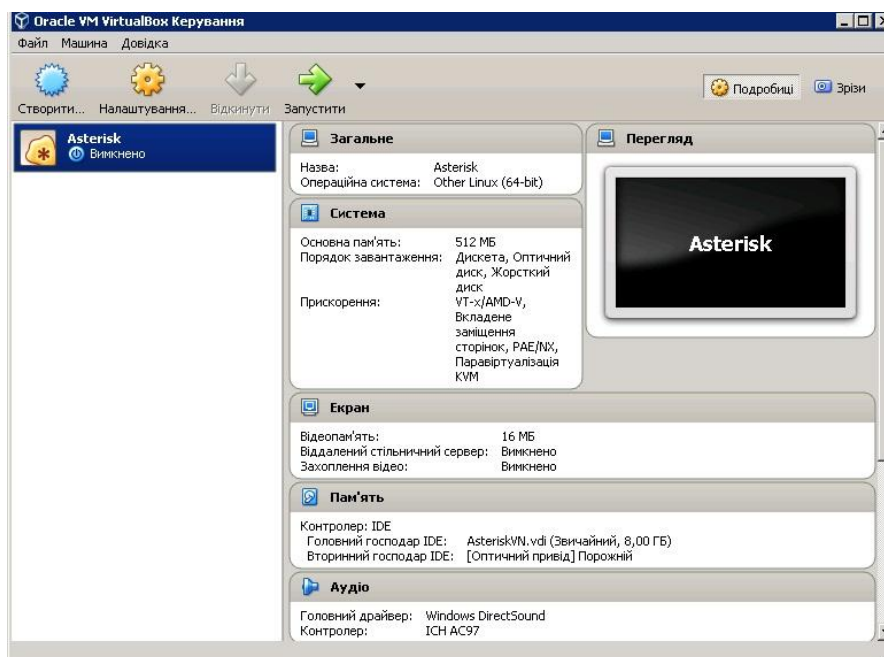


Рисунок 3.16 – Діалогове вікно

Запустимо віртуальну машину, і почнемо установка Asterisk:

7. Початок установки:



Рисунок 3.17 – Початок

8. Установка Asterisk: налаштування мережі.

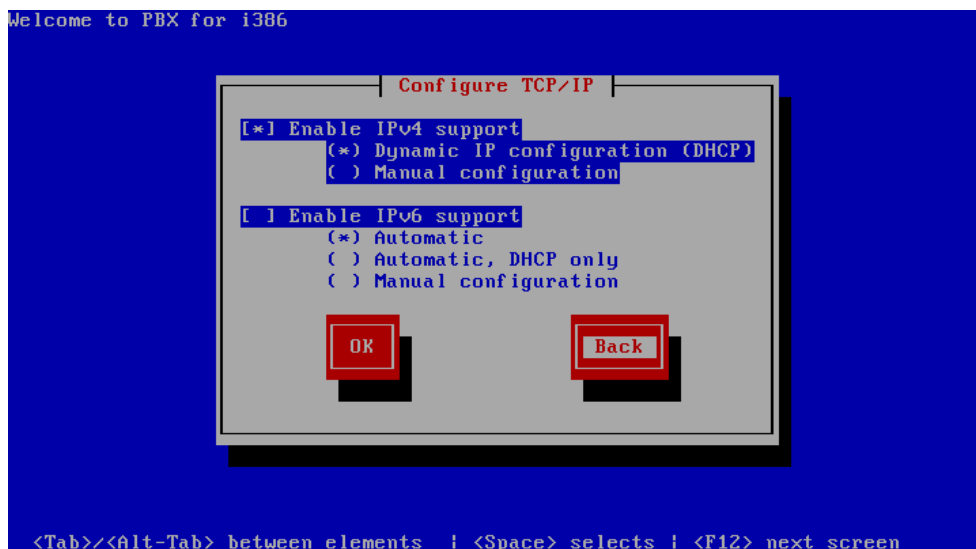


Рисунок 3.18 – Конфігурація мережі

9. Установка Asterisk: налаштування часового поясу

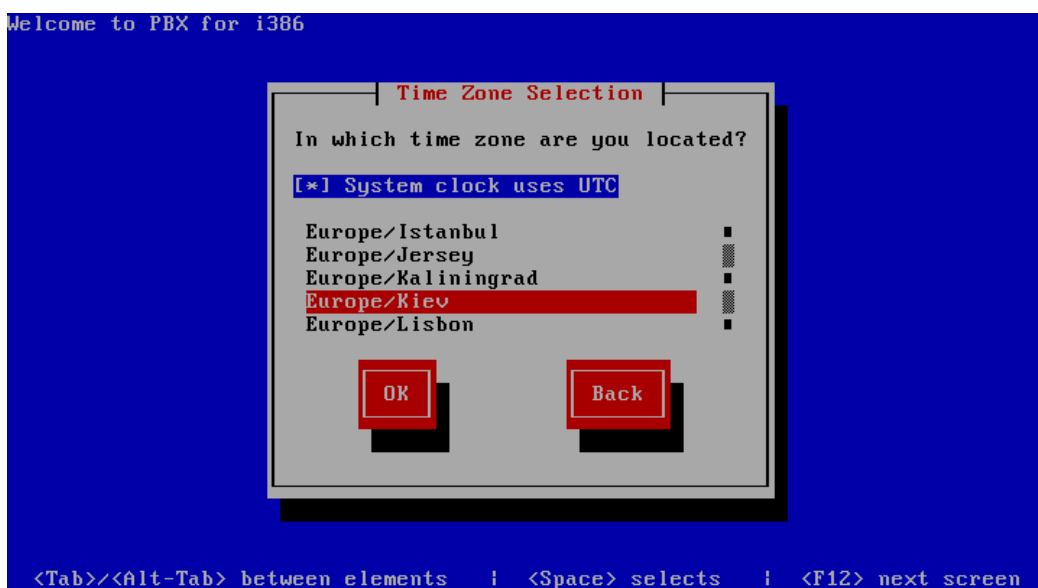


Рисунок 3.19 – Налаштування часового поясу

10. Установка Asterisk: установка пароля root – 123456

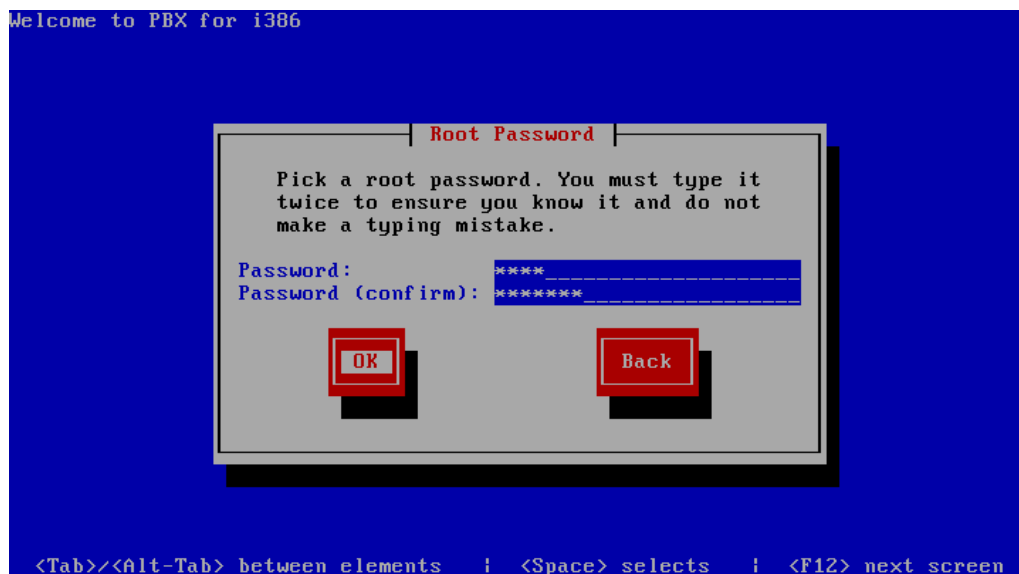


Рисунок 3.20 – Установка пароля

11. Установка Asterisk: завершения установки

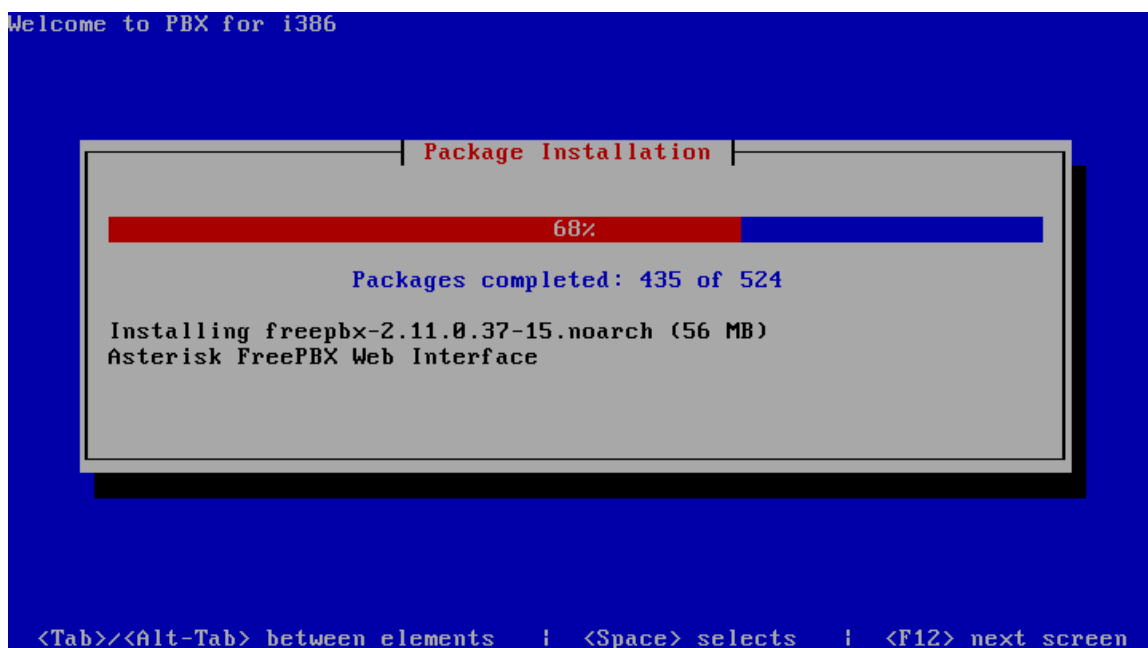
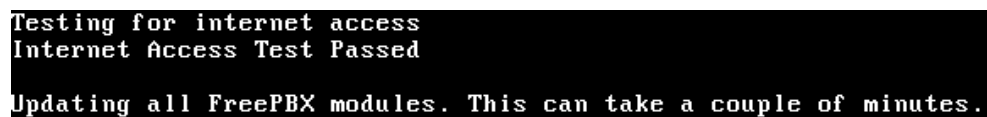


Рисунок 3.21 – Завершения

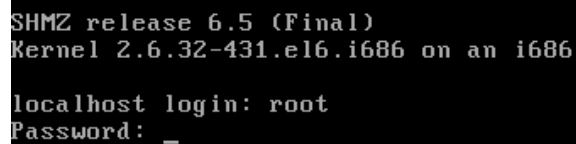


```
Testing for internet access
Internet Access Test Passed

Updating all FreePBX modules. This can take a couple of minutes.
_
```

Рисунок 3.22 – Завершення установки

12. Установка Asterisk: вхід користувача



```
SHMZ release 6.5 (Final)
Kernel 2.6.32-431.el6.i686 on an i686

localhost login: root
Password: _
```

Рисунок 3.23 – Вхід користувача

FreePBX System Status

FreePBX Notices

- Default Asterisk Manager Password Used
- Collecting Anonymous Browser Stats

[show all](#)

FreePBX Statistics

Total active calls	0
Internal calls	0
External calls	0
Total active channels	0

FreePBX Connections

Uptime

System Uptime: 5 minutes
Asterisk Uptime: 5 minutes
Last Reload: 5 minutes

System Statistics

Processor

Load Average 0.07

CPU 0%

Memory

App Memory 72%

Swap 0%

Disks

/ 28%

/dev/shm 0%

/boot 11%

Networks

eth0 receive 1.88 KB/s

eth0 transmit 1.27 KB/s

Server Status

Asterisk	OK
MySQL	OK
Web Server	OK
SSH Server	OK

Рисунок 3.26– Стартова сторінка

15. Налаштування Asterisk: Додавання внутрішніх абонентів

FreePBX Administration

10.100.102.186/admin/config.php

Admin Applications Connectivity Reports Settings User Panel

Logout: root

Add SIP Extension

Add Extension

User Extension

12

Display Name

CID Num Alias

SIP Alias

Extension Options

Outbound CID

Asterisk Dial Options

TTr

Override

Ring Time

Default

Call Forward Ring Time

Default

Outbound Concurrency Limit

3

Call Waiting

Enable

Internal Auto Answer

Disable

Call Screening

Disable

Pinless Dialing

Disable

Emergency CID

Queue State Detection

Use State

Рисунок 3.27– Додавання внутрішніх абонентів



Рисунок 3.28– Абоненти додані

3.1.3 Організація зв'язки Panasonic і Asterisk по E1 PRI

Налаштування з боку Asterisk:

Умовно настройку з боку Asterisk можна розділити на два етапи: конфігурування плати і настройка маршрутизації між Asterisk і Panasonic.

У `/etc/asterisk/extensions.conf` створюємо правила маршрутизації дзвінків:

`[From-pstn]`

`exten => _9XXXX., 3, Dial (DAHDI / g1 / $ {EXTEN: 1})` - виходимо на лінію через 9, після відрізаємо дев'ятку.

Об'єднуємо лінії плати PRI30 в окрему транкові групу: відкриваємо пункт "10.1" (CO Line Settings). У таблиці зліва бачимо номер слота і номер порту. Справа можемо задавати номер транкової групи (TRG) від 1 до 64. Вибираємо будь невикористаний номер і присвоюємо його всім 30-ти лініях плати.

АТС повинна бачити цю групу як локальну, для цього в пункті "9.1" (TIE Table) в графі "Leading Number" пишемо шаблон нумерації на Asterisk (наприклад, 1XX, якщо у нас тризначна нумерація з одиниці). У пункті "Trunk Group" вказуємо той же номер, що і в пункті 10.1 консолі. Номер рядка таблиці, в який це вписано **ВАЖЛИВИЙ** для наступних дій.

В пункт "2.6.1" (Numbering Plan, Main) на вкладку "Other PBX Extension" пишемо першу цифру нумерації Asterisk. **ВАЖЛИВО**, щоб рядок була та ж, що і в пункті 10.1.

4 ВИПРОБУВАННЯ

4.1 Настроювання VoIP шлюзу

Зовнішній вигляд VoIP шлюзу наведено на рис. 4.1.



Рисунок 4.1 – Шлюз Cisco SB SPA 112 і Cisco SB SPA 122

Настроювання VOIP-Шлюзів Cisco SPA112 і Cisco SPA122

- Підключення аналогового телефонного апарату до порту Phone1 адаптера.
- Підключення кабелю Ethernet від роутера до порту Internet.
- Тому що за замовчуванням на адаптері настроєний DHCP, потрібно буде визначити який IP адреса призначена адаптеру SPA. Для цього потрібно набрати на телефоні в тональному режимі команду голосового меню адаптера - ****110#. У відповідь на цю команду приємний жіночий голос продиктує англійською мовою IP адреса адаптера.
- отримана IP адресу вводиться поле URL браузеру. Логин і пароль за замовчуванням – admin



Рисунок 4.2 – Web інтерфейс шлюзу

На вкладці вкладки **Voice**, обирається пункт **Line1** (рис. 4.3) та вводяться наступні параметри:

NAT Mapping Enable = **yes**

NAT Keep AliveEnable = **yes**

SIP Transport = **UDP**

SIP-Port = **5060**

Відкрийте вкладку **Voice**, виберіть пункт **SIP**

Укажіть наступні параметри:

NAT Keep Alive Intvl = **120**

RTP Port Min = **1024**

RTP Port Max = **65455**

RTP Parameters			
RTP Port Min:	1024	RTP Port Max:	65455
RTP Packet Size:	0.030	Max RTP ICMP Err:	0
RTCP Tx Interval:	0	No UDP Checksum:	no ▼
Stats In BYE:	yes ▼		
SDP Payload Types			
NSE Dynamic Payload:	100	AVT Dynamic Payload:	101
INFOREQ Dynamic Payload:		G726r32 Dynamic Payload:	2
G729b Dynamic Payload:	99	EncapRTP Dynamic Payload:	112
RTP-Start-Loopback Dynamic Payload:	113	RTP-Start-Loopback Codec:	G711u ▼
NSE Codec Name:	NSE	AVT Codec Name:	telephone-event
G711u Codec Name:	PCMU	G711a Codec Name:	PCMA
G726r32 Codec Name:	G726-32	G729a Codec Name:	G729a
G729b Codec Name:	G729ab	EncapRTP Codec Name:	encaprtsp
NAT Support Parameters			
Handle VIA received:	no ▼	Handle VIA rport:	no ▼
Insert VIA received:	no ▼	Insert VIA rport:	no ▼
Substitute VIA Addr:	no ▼	Send Resp To Src Port:	no ▼
STUN Enable:	no ▼	STUN Test Enable:	no ▼
STUN Server:		EXT IP:	
EXT RTP Port Min:		NAT Keep Alive Intvl:	15
Linksys Key System Parameters			
Linksys Key System:	no ▼	Multicast Address:	224.168.168.168:6061
Key System Auto Discovery:	yes ▼	Key System IP Address:	
Force LAN Codec:	none ▼		

Рисунок 4.3 – Налаштування параметрів лінії

На вкладці Voice, пункт Line1, параметри наступні

Укажіть наступні дані:

12345 - Ваш sip-номер

Password - Ваш пароль

Налаштування для коректного проходження DTMF сигналів і факсів наведено на рис. 4.4.

General	
Line Enable:	yes
Streaming Audio Server (SAS)	
SAS Enable:	no
SAS Inbound RTP Sink:	
SAS DLG Refresh Intvl:	30
NAT Settings	
NAT Mapping Enable:	no
NAT Keep Alive Msg:	\$NOTIFY
NAT Keep Alive Enable:	yes
NAT Keep Alive Dest:	\$PROXY
Network Settings	
SIP ToS/DiffServ Value:	0x68
RTP ToS/DiffServ Value:	0xb8
Network Jitter Level:	high
SIP CoS Value:	3 [0-7]
RTP CoS Value:	6 [0-7]
Jitter Buffer Adjustment:	yes
SIP Settings	
SIP Transport:	UDP
SIP 100REL Enable:	no
Auth Resync-Reboot:	yes
SIP Remote-Party-ID:	yes
SIP Debug Option:	none
Restrict Source IP:	no
Refer Target Bye Delay:	0
Refer-To Target Contact:	no
SIP Port:	5060
EXT SIP Port:	
SIP Proxy-Require:	
SIP GUID:	no
RTP Log Intvl:	0
Referor Bye Delay:	4
Referee Bye Delay:	0
Sticky 183:	no
Proxy and Registration	
Proxy:	sip.zadarma.com
Outbound Proxy:	
Use Outbound Proxy:	no
Register:	yes
Register Expires:	300
Use DNS SRV:	no
Proxy Failback Intvl:	3600
Mailbox Subscribe URL:	
Use OB Proxy In Dialog:	yes
Make Call Without Reg:	no
Ans Call Without Reg:	no
DNS SRV Auto Prefix:	no
Proxy Redundancy Method:	Normal
Mailbox Subscribe Expires:	2147483647
Subscriber Information	
Display Name:	111111
Password:	*****
Auth ID:	
User ID:	111111
Use Auth ID:	no
Resident Online Number:	
Supplementary Service Subscription	
Call Waiting Serv:	no
Block ANC Serv:	yes
Cfwd All Serv:	yes
Cfwd No Ans Serv:	yes
Cfwd Last Serv:	yes
Accept Last Serv:	yes
CID Serv:	yes
Call Return Serv:	yes
Call Back Serv:	yes
Three Way Conf Serv:	yes
Unattn Transfer Serv:	yes
VMWI Serv:	yes
Secure Call Serv:	yes
Feature Dial Serv:	yes
Block CID Serv:	yes
Dist Ring Serv:	yes
Cfwd Busy Serv:	yes
Cfwd Sel Serv:	yes
Block Last Serv:	yes
DND Serv:	yes
CWCID Serv:	yes
Call Redial Serv:	yes
Three Way Call Serv:	yes
Attn Transfer Serv:	yes
MWI Serv:	yes
Speed Dial Serv:	yes
Referral Serv:	yes
Service Announcement Serv:	no
Audio Configuration	
Preferred Codec:	G711a
Third Preferred Codec:	Unspecified
G729a Enable:	yes
G726-32 Enable:	no
FAX V21 Detect Enable:	yes
FAX CNG Detect Enable:	yes
FAX Codec Symmetric:	yes
FAX Passthru Method:	NSE
FAX Process NSE:	yes
FAX Disable ECAN:	no
DTMF Tx Strict Hold Off Time:	70
Hook Flash Tx Method:	None
FAX T38 ECM Enable:	no
Symmetric RTP:	no
Second Preferred Codec:	G711u
Use Pref Codec Only:	no
Silence Supp Enable:	no
Silence Threshold:	medium
Echo Canc Enable:	yes
FAX Passthru Codec:	G711a
DTMF Process INFO:	yes
DTMF Process AVT:	yes
DTMF Tx Method:	Auto
DTMF Tx Mode:	Normal
FAX Enable T38:	no
FAX T38 Redundancy:	1
FAX Tone Detect Mode:	caller or callee

Рисунок 4.4 – Налаштування кодеків

При використанні віртуальної АТС параметри наступні:

Display name - внутрішній номер АТС

User ID - внутрішній номер АТС

Password - Ваш пароль внутрішнього номера АТС

Proxy –Proxy

Outbound Proxy – Ваш Proxy

1. Які інші пристрої можна використовувати замість VoIP шлюзів?

Замість VoIP шлюзів можна використовувати VoIP адаптери.

2. Які недоліки має IP-телефонія?

– Дороге обладнання

– Для IP АТС потрібен комп'ютер (він може входити в комплект АТС, але все одно це комп'ютер), а це означає, що можливі збої диска, та інших комплектуючих.

– Як правило, складність початкової конфігурації.

4.2 Настроювання програмного IP телефону

У програмі MicroSIP – Меню – Створити аккаунт

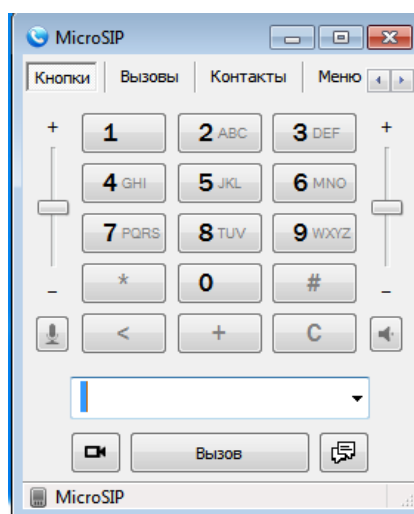


Рисунок 4.5 – Інтерфейс MicroSIP

У поле домен вводиться IP адреса FreePBX, у поле Користувач – ім'я користувача, у поле пароль – SIP secret.

The screenshot shows the 'Аккаунт' (Account) configuration window in MicroSIP. The fields are as follows:

- SIP сервер: (empty)
- SIP прокси: (empty)
- Пользователь *: 102
- Домен *: 192.168.1.22
- Логин: (empty)
- Пароль: (masked with dots)
- показать пароль: (link)
- Ваше имя: (empty)
- Шифрование медиа: Отключено
- Транспорт: Авто
- Публичный адрес: Авто
- Публиковать присутствие: (unchecked)
- STUN сервер: (empty)
- ICE: (unchecked)
- Разрешить перезапись IP: (unchecked)

Buttons at the bottom: Сохранить (Save), Отмена (Cancel).

Рисунок 4.6 – Налаштування MicroSIP

Після цього натискається кнопка Зберегти.

Далі виконується дзвінок із програмного телефону з номером 102 на аналоговий телефон, підключений через шлюз, з номером 103 та виконується зворотний дзвінок.

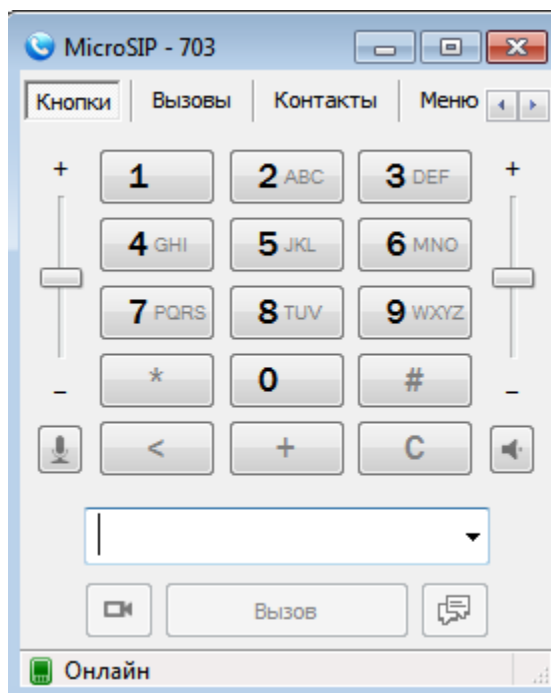


Рисунок 4.7 – Перехід SIP клієнта у стан “Online”

4.3 Тестування зв’язку

Для початку роботи у вікні «Кнопки» слід натиснути комбінацію 103, а потім натиснути клавішу «Виклик».

1. Налаштування параметрів підключення порту 2 шлюзу до PBX

Необхідно налаштувати параметри підключення порту 2 шлюзу до PBX. Для цього використовують наступні дані:

Домен: 192.168.1.22

Користувач: 101

Пароль: m168a152

Слід перейти на вкладку «Voice», а потім вибрати «Line2». У поле «Проху» потрібно ввести вказаний домен, у поле «Display name» – ім'я користувача, а у поле «Password» – пароль.

2. Підключення шлюзу до порту CO1 ATC Panasonic TEA308

Користувач підключив VoIP шлюз до порту CO1 ATC Panasonic TEA308.

3. Налаштування переадресації виклику з порту CO1 АТС Panasonic TEA308 на внутрішній номер 101

Для налаштування переадресації виклику з порту CO1 АТС Panasonic TEA308 на внутрішній номер 101, потрібно перейти у вкладку «Basic settings», потім вибрати «Unconditional Call Forward to VoIP» і ввести 101.

4. Здійснення дзвінків із програмного телефону

Необхідно здійснити дзвінок із програмного телефону з номера 102 на номер 101 та провести розмову. Після цього слід виконати зворотний дзвінок.

Для дзвінка з номера 102 на 101: у вікні «Кнопки» натискається комбінація 101, а потім клавіша «Виклик».

Для зворотного дзвінка: у вікні «Кнопки» натискається комбінація 102, а потім клавіша «Виклик».

5. Здійснення дзвінків з аналогового телефону, підключеного через шлюз

Потрібно здійснити дзвінок з аналогового телефону з номером 103, підключеного через шлюз, на номер 101. Після цього слід виконати зворотний дзвінок.

Щоб зателефонувати з аналогового телефону: користувач знімає трубку і набирає комбінацію 101.

Для зворотного дзвінка: необхідно зайти в програму MicroSIP, набрати комбінацію 103 і натиснути клавішу «Виклик».

ВИСНОВКИ

Розроблено та реалізовано лабораторний комплекс для дослідження сучасних систем телефонного зв'язку, який поєднує як традиційні (аналогові та цифрові), так і IP-технології. Комплекс побудований на основі IP-АТС FreePBX, маршрутизатора Cisco 2921 з модулями FXO, FXS, E1, телефонів Alcatel 8012 та аналогової АТС Siemens H150E OfficeCom. Досліджено архітектуру та принципи роботи аналогових, цифрових та VoIP систем телефонії, здійснено налаштування IP-АТС FreePBX для внутрішньої маршрутизації викликів, керування SIP-терміналами та створення телефонних сценаріїв, виконано конфігурацію шлюзу Cisco 2921 для взаємодії з аналоговими та цифровими інтерфейсами, протестовано різні сценарії викликів між пристроями з використанням SIP, FXO/FXS та TDM.

Лабораторний стенд дозволяє вивчати: взаємодію різних типів телефонних пристроїв, налаштування SIP-транків та маршрутизації викликів, принципи побудови корпоративної телефонної мережі, основи інформаційної безпеки у VoIP-системах, адміністрування та моніторинг IP-АТС.

Отримані результати підтверджують працездатність комплексу та його ефективність для навчання, тестування і дослідження у сфері телекомунікацій.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Cisco Systems. Cisco 2921 Integrated Services Router Hardware Installation Guide [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cisco.com> – Назва з екрана.
2. Cisco Systems. Cisco IOS Voice Configuration Guide [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cisco.com> – Назва з екрана.
3. Siemens Enterprise Communications. HiPath 150 H150E OfficeCom. Operating Manual. – Munich: Siemens AG, 2012. – 186 с.
4. FreePBX. Official FreePBX Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://wiki.freepbx.org> – Назва з екрана.
5. Alcatel-Lucent. Alcatel Temporis IP8012 User Guide. – Paris: Alcatel-Lucent, 2021. – 92 с.
6. Oppenheimer P. Top-Down Network Design. – 3rd ed. – Indianapolis: Cisco Press, 2010. – 528 p.
7. Stallings W. Data and Computer Communications. – 10th ed. – Boston: Pearson, 2013. – 912 p.
8. Rosenberg J., Schulzrinne H., Camarillo G. SIP: Session Initiation Protocol. – RFC 3261. – Internet Engineering Task Force (IETF), 2002. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc3261>
9. Schulzrinne H., Casner S., Frederick R., Jacobson V. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. – RFC 3550. – IETF, 2003. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc3550>
10. Компанія 3CX. VoIP та IP-АТС: основи, переваги та архітектура [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.3cx.com/voip> – Назва з екрана.
11. Zabbix Documentation. Zabbix 6.0 Manual [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.zabbix.com/documentation> – Назва з екрана.
12. Internet Protocol. RFC 791. – IETF, 1981. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc791>

ДОДАТОК

Конфігурація маршрутизатора

```
CME#conf t
CME#(config)ip dhcp pool voicepool
CME#(config-ip-dhcp)network 192.168.101.0 255.255.255.0
CME#(config-ip-dhcp)default-router 192.168.101.1
CME#(config-ip-dhcp)option 150 ip 192.168.101.1
CME#(config-ip-dhcp)lease 0 0 30
CME#conf t
CME#(config)voice service voip
CME#(config-voice)allow-connections sip to sip

CME#conf t
CME#(config)voice service voip
CME#(config-voice)sip
CME#(config-voice-sip)registrars server expires max 3600 min 3600

CME#conf t
CME#(config)voice class codec 1
CME#(config-voice)codec preference 1 g711alaw
CME#(config-voice)codec preference 2 g711ulaw
CME#(config-voice)codec preference 3 g729br8

CME#conf t
CME#(config)telephony-service
CME#(config-telephony)max-ephones 10
CME#(config-telephony)max-dn 10
CME#(config-telephony)ip source-address 192.168.101.1 port 2000

CME#conf t
CME#(config)voice register global
CME#(config-voice)mode cme
CME#(config-voice)source-address 192.168.101.1 port 5060
CME#(config-voice)max-dn 50
CME#(config-voice)max-pool 36

CME#conf t
CME#(config)ephone-dn 1
CME#(config-ephone-dn)number 100
CME#(config-ephone-dn)description Beauty-User
CME#(config-ephone-dn)name The Real Man

CME#conf t
CME#(config)ephone 1
CME#(config-ephone)mac-address B4A4.E328.BDEC
CME#(config-ephone)button 1:1

CME#conf t
CME#(config)voice register dn 1
CME#(config-voice-register-dn)number 200

CME#conf t
```

```
CME#(config)voice register pool 1
CME#(config-voice-register-pool)id mac 1CDF.0F4A.152E
CME#(config-voice-register-pool)number 1 dn 1
CME#(config-voice-register-pool)voice-class codec 1
CME#(config-voice-register-pool)username test password test
```