



Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Лабораторна робота №18
з дисципліни «Комп'ютерні мережі»

«Передача голосових повідомлень в мережі VOIP»

Виконала студентка групи: КВ-11
ПІБ: Михайліченко Софія Віталіївна

Перевірив: _____

Київ 2025

Мета роботи:

Ознайомитися з принципами побудови мереж для передачі голосових повідомлень, використовуючи симулятор мережі передачі даних Cisco Packet Tracer налаштувати тестову мережу, яка складається із пристроїв, апаратних та програмних модулів, які надають можливість передавати та приймати голосові повідомлення.

План виконання лабораторної роботи:

1. Ознайомлення з теоретичними відомостями до лабораторної роботи.
2. Побудова тестової мережі VoIP і об'єднання її з мережею Wi-Fi.
3. Виконання налаштувань пристроїв в мережі VoIP.
4. Виконання налаштувань пристроїв в мережі Wi-Fi.
5. Перевірка виконаних налаштувань.

Короткі теоретичні відомості:

IP-телефонія (VoIP) – це технологія голосового зв'язку через IP-мережі, яка поступово замінює традиційну телефонію завдяки низькій вартості дзвінків, простоті налаштування та високій якості зв'язку.

Замість орендованих ліній у VoIP використовується передача пакетів даних через Інтернет або локальні мережі. Голосовий сигнал спочатку кодується, стискається та розбивається на пакети, які передаються мережею і відновлюються у вихідний аудіосигнал на приймальному пристрої.

Принцип роботи

1. **Кодування голосу** – аналоговий сигнал перетворюється в цифровий.
2. **Розбиття на пакети** – дані стискаються і передаються через IP-мережу.
3. **Маршрутизація** – пакети йдуть найоптимальнішим шляхом через Інтернет.

4. **Декодування** – пакети збираються у правильному порядку та відтворюються.

Стек протоколів VoIP

VoIP працює на основі багаторівневого стеку протоколів:

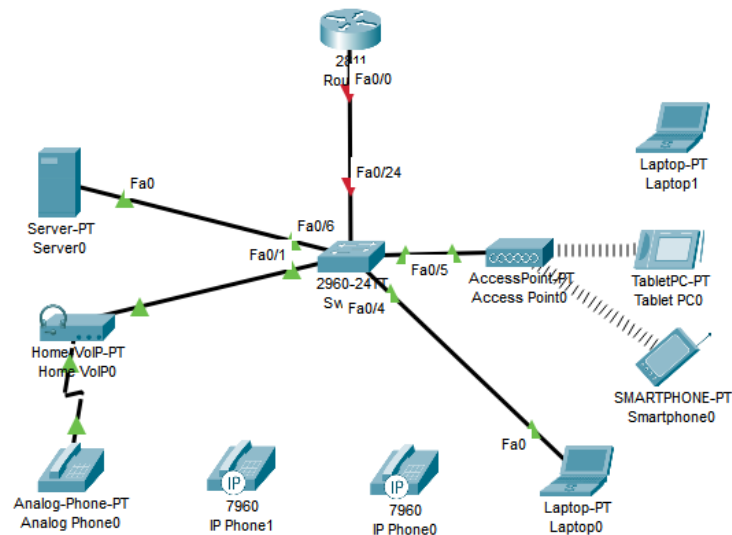
1. **Фізичний рівень** – передача сигналу через кабелі (Ethernet, телефонні лінії), Wi-Fi або мобільні мережі.
2. **Канальний рівень** – використання різних технологій комутації, зокрема Ethernet, Wi-Fi, PPP, Frame Relay.
3. **Мережевий рівень** – протокол **IP** відповідає за маршрутизацію пакетів. Через затримки у мережі IP може використовувати механізми QoS (якість обслуговування) для пріоритетної передачі голосу.
4. **Транспортний рівень** – використовується **UDP**, який забезпечує швидку передачу, але не гарантує порядок доставки. Для цього застосовується **RTP** (Real-Time Transport Protocol), що додає нумерацію пакетів та часові мітки. Також можливе використання **RSVP** для резервування смуги пропускання.
5. **Сесійний рівень** – **SIP** (Session Initiation Protocol) керує встановленням, зміною та завершенням з'єднань. Разом із ним використовується **SDP** (Session Description Protocol) для опису параметрів сеансу зв'язку.
6. **Рівень представлення** – забезпечує кодування та стиснення голосу. Використовуються аудіокодеки (G.711, G.729) для оптимізації якості та зменшення розміру переданих даних.

Порядок виконання роботи:

Побудова досліджуваної топології

З'єднуємо Analog Phone із шлюзом Home VoIP за допомогою телефонного кабелю. Всі інші з'єднання виконуємо прямим мідним кабелем.

Початковий вигляд тестової мережі:



Налаштовуємо інтерфейс Fa0/0 маршрутизатора Router0 для роботи з мережею. Для цього використовуємо інтерфейс командного рядка CLI. На маршрутизаторі Router0 встановимо служби DHCP і TFTP і призначимо його VoIP шлюзом:

```
Router>enable
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#host R0
R0(config)#interface fa0/0
R0(config-if)#ip address 10.3.0.1 255.255.255.0
R0(config-if)#no shutdown

R0(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to up

R0(config-if)#exit
R0(config)#ip dhcp excluded-address 10.3.0.1
R0(config)#ip dhcp pool Phones
R0(dhcp-config)#network 10.3.0.0 255.255.255.0
R0(dhcp-config)#default-router 10.3.0.1
R0(dhcp-config)#option 150 ip 10.3.0.1
R0(dhcp-config)#exit
R0(config)#telephony-service
R0(config-telephony)#max-ephones 8
R0(config-telephony)#max-dn 8
R0(config-telephony)#ip source-address 10.3.0.1 port 2000
R0(config-telephony)#auto assign 1 to 8
R0(config-telephony)#exit
R0(config)#do write memory
Building configuration...
[OK]
R0(config)#
```

Далі кожній із 8 створених телефонних ліній призначаємо телефонні номери:

```
R0(config)#ephone-dn 1
R0(config-ephone-dn)#%LINK-3-UPDOWN: Interface ephone_dsp DN 1.1, changed state to up

R0(config-ephone-dn)#number 101
R0(config-ephone-dn)#exit
R0(config)#ephone-dn 2
R0(config-ephone-dn)#%LINK-3-UPDOWN: Interface ephone_dsp DN 2.1, changed state to up

R0(config-ephone-dn)#number 102
R0(config-ephone-dn)#exit
R0(config)#ephone-dn 3
R0(config-ephone-dn)#%LINK-3-UPDOWN: Interface ephone_dsp DN 3.1, changed state to up

R0(config-ephone-dn)#number 103
R0(config-ephone-dn)#exit
R0(config)#ephone-dn 4
R0(config-ephone-dn)#%LINK-3-UPDOWN: Interface ephone_dsp DN 4.1, changed state to up

R0(config-ephone-dn)#number 104
R0(config-ephone-dn)#exit
R0(config)#ephone-dn 5
R0(config-ephone-dn)#%LINK-3-UPDOWN: Interface ephone_dsp DN 5.1, changed state to up

R0(config-ephone-dn)#number 105
R0(config-ephone-dn)#exit
R0(config)#ephone-dn 6
R0(config-ephone-dn)#%LINK-3-UPDOWN: Interface ephone_dsp DN 6.1, changed state to up

R0(config-ephone-dn)#number 106
R0(config-ephone-dn)#exit
R0(config)#ephone-dn 7
R0(config-ephone-dn)#%LINK-3-UPDOWN: Interface ephone_dsp DN 7.1, changed state to up

R0(config-ephone-dn)#number 107
R0(config-ephone-dn)#exit
R0(config)#ephone-dn 8
R0(config-ephone-dn)#%LINK-3-UPDOWN: Interface ephone_dsp DN 8.1, changed state to up

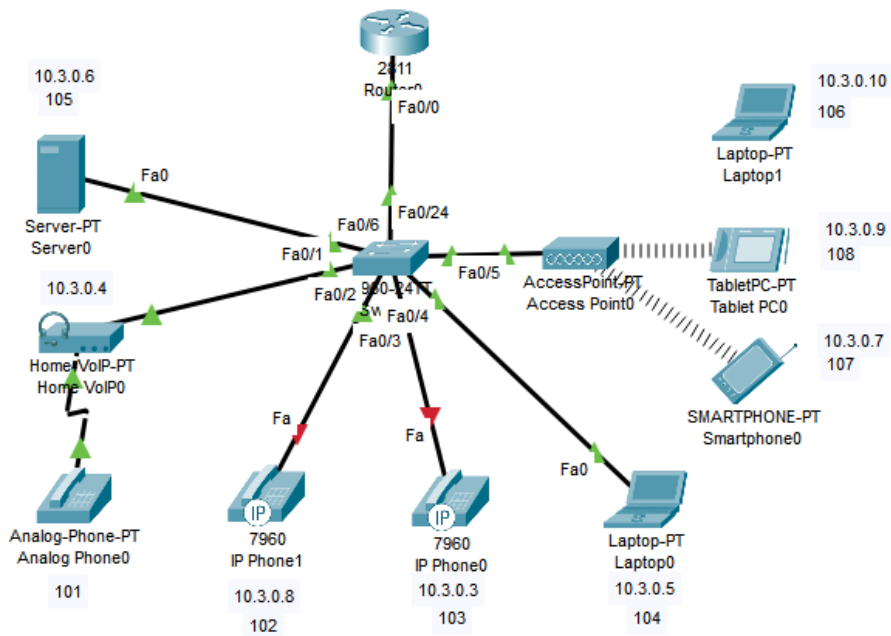
R0(config-ephone-dn)#number 108
R0(config-ephone-dn)#end
R0#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

R0#write memory
Building configuration...
[OK]
R0#
```

Налаштуємо комутатор Switch0. Для цього користуємося інтерфейсом командного рядка CLI. Порти комутатора, через які проходить голосовий трафік, виділяємо в окремий VLAN для ізоляції голосового трафіку, створюваного IP-телефонами, від інших даних:

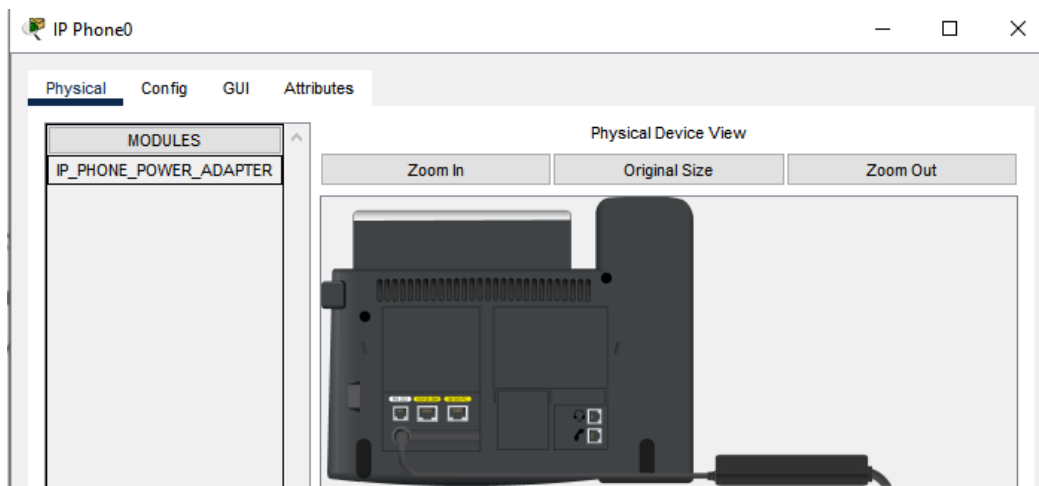
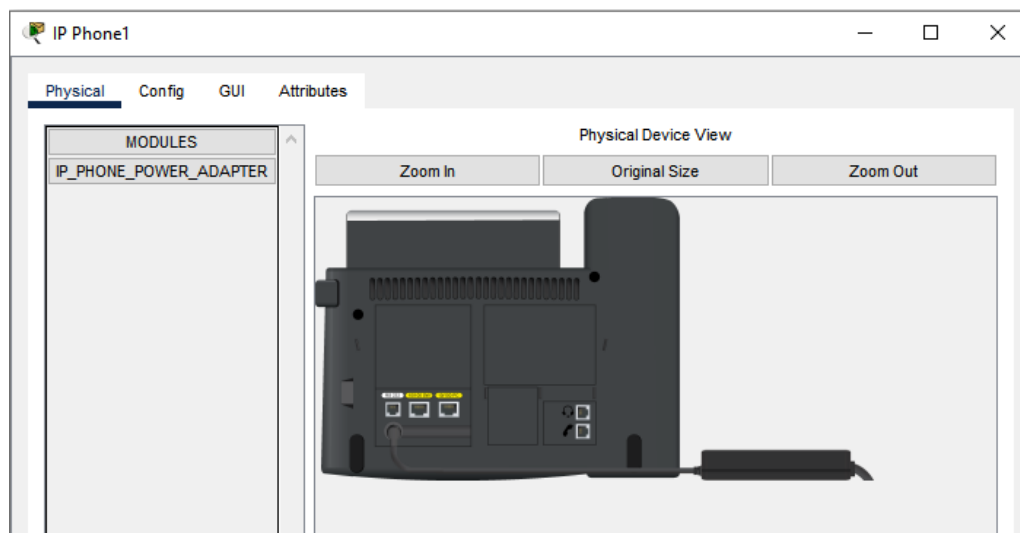
```
Switch(config)#int fa0/1
Switch(config-if)#switchport voice vlan 1
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#int fa0/2
Switch(config-if)#switchport voice vlan 1
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#int fa0/3
Switch(config-if)#switchport voice vlan 1
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#int fa0/4
Switch(config-if)#switchport voice vlan 1
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#int fa0/5
Switch(config-if)#switchport voice vlan 1
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#int fa0/6
Switch(config-if)#switchport voice vlan 1
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#int fa0/7
Switch(config-if)#switchport voice vlan 1
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#int fa0/8
Switch(config-if)#switchport voice vlan 1
Switch(config-if)#end
Switch#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

Switch#write memory
Building configuration...
[OK]
Switch#
```



Налаштування IP телефонів.

Адаптер живлення перетягуємо безпосередньо в роз'єм живлення телефону:



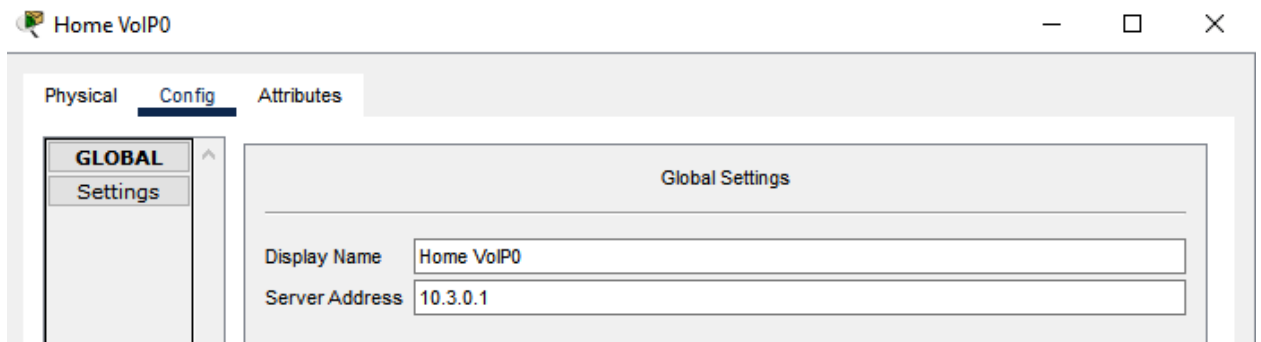
Переходимо на вкладку *GUI*. Якщо налаштування маршрутизатора і комутатора були виконані вірно, то маємо спостерігати на дисплеях апаратів автоматично призначені телефонні номери. Якщо підняти слухавку (клікнути на ній один раз), то буде чути характерний тональний звук (лінія працює):



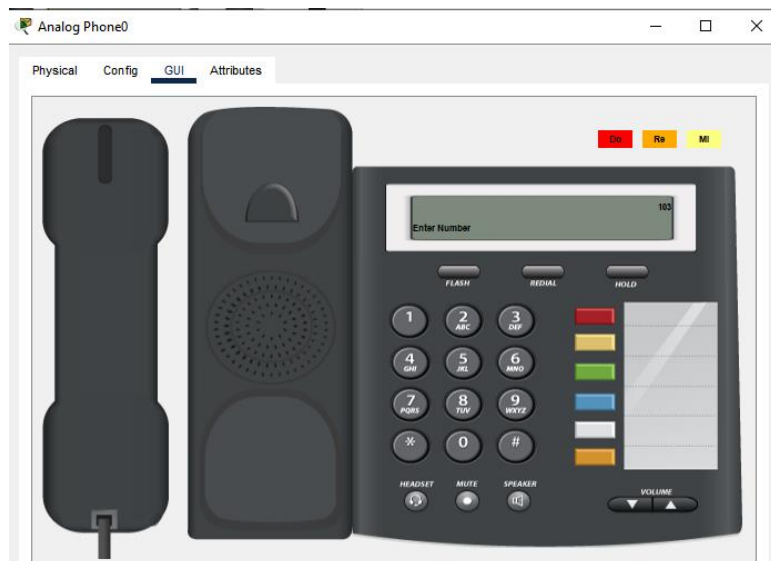
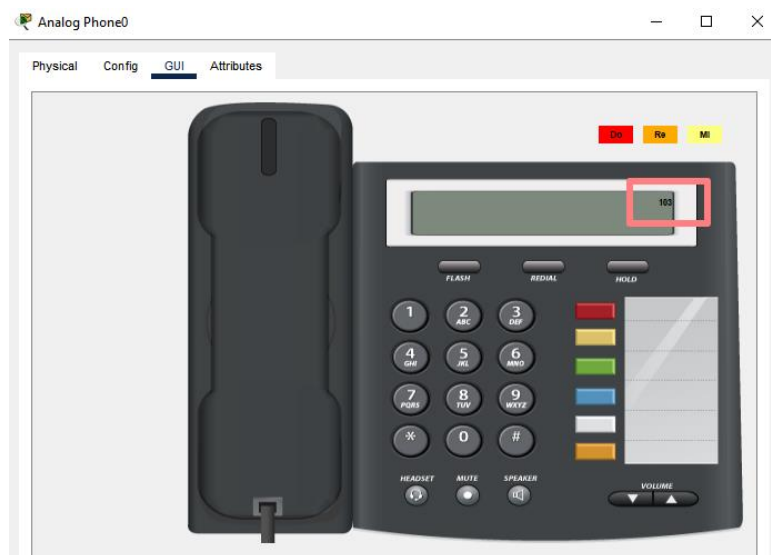
Бачимо, що телефонний номер був призначений вірно.



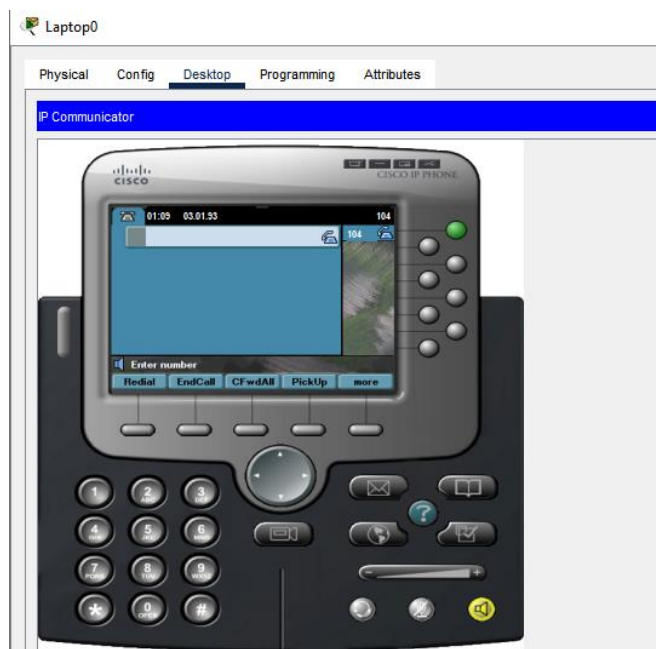
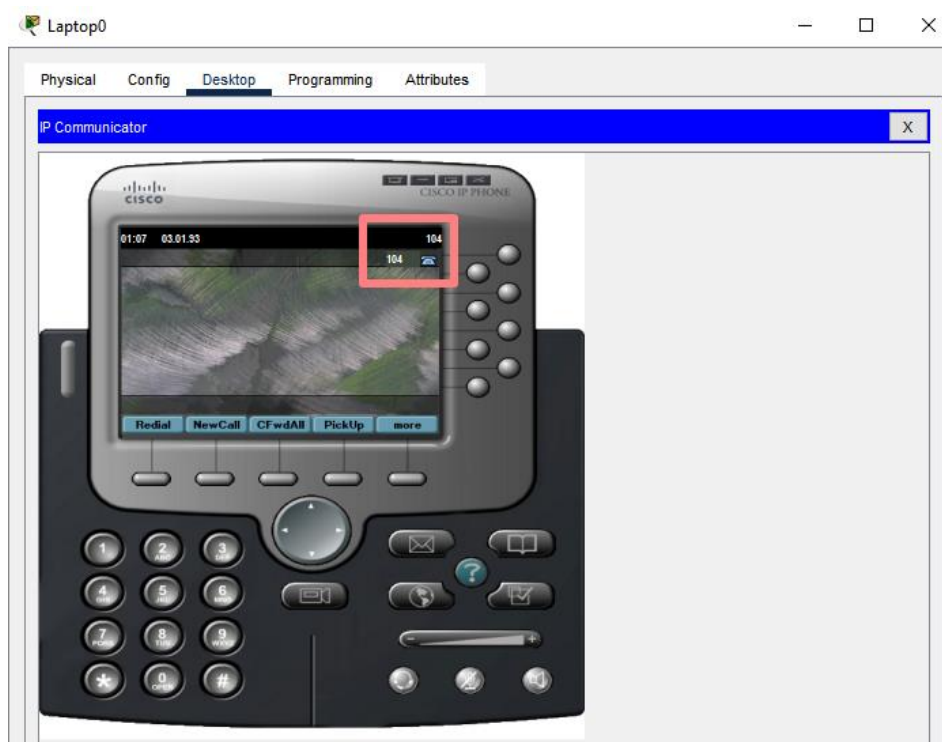
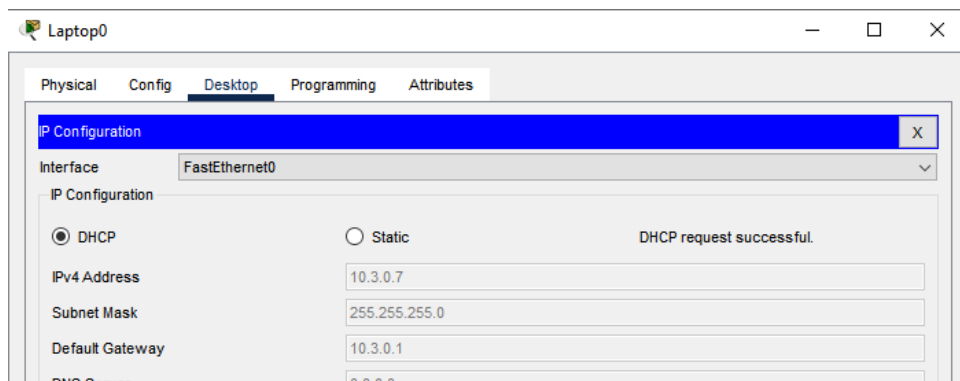
Налаштування аналогового телефону і шлюзу Home VoIP:

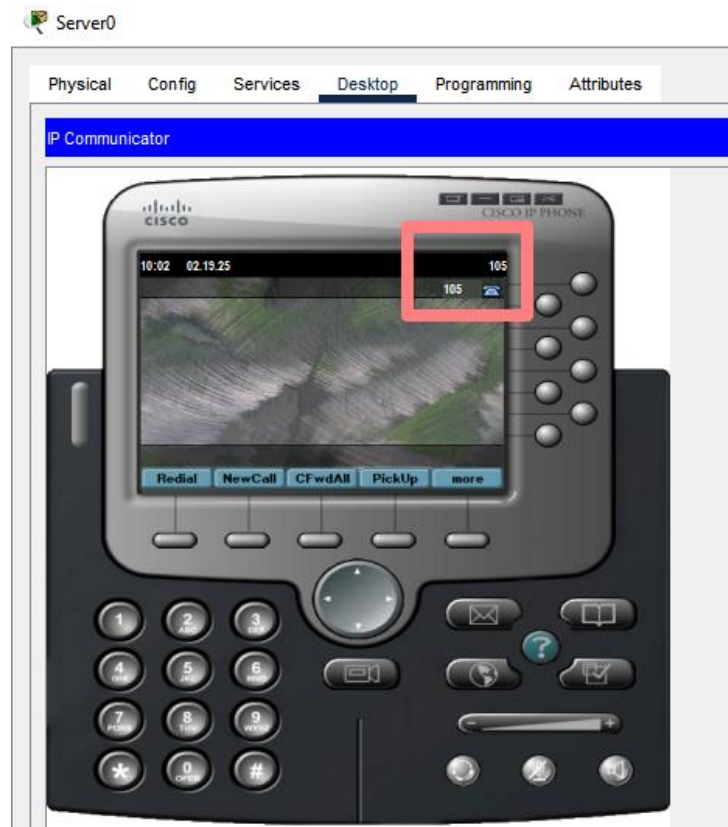
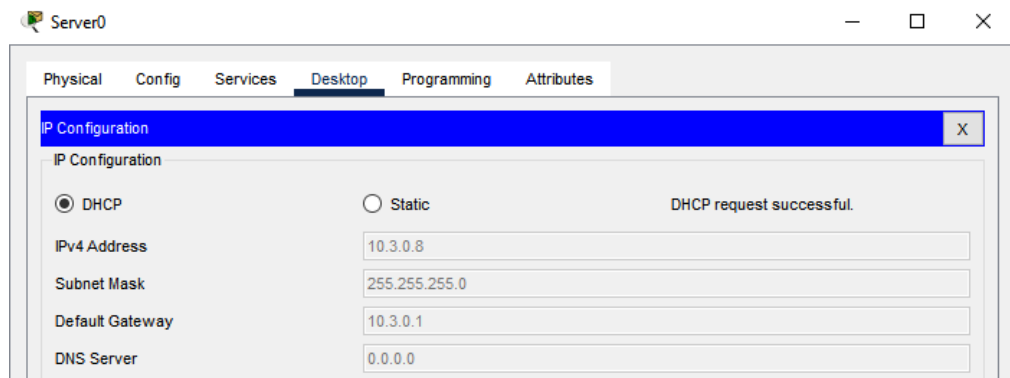


На Analog Phone0 переходимо на вкладку GUI. На дисплеї спостерігаємо автоматично призначений телефонний номер. Якщо підняти слухавку (клікнути на ній один раз), то буде чути характерний тональний звук (лінія працює):

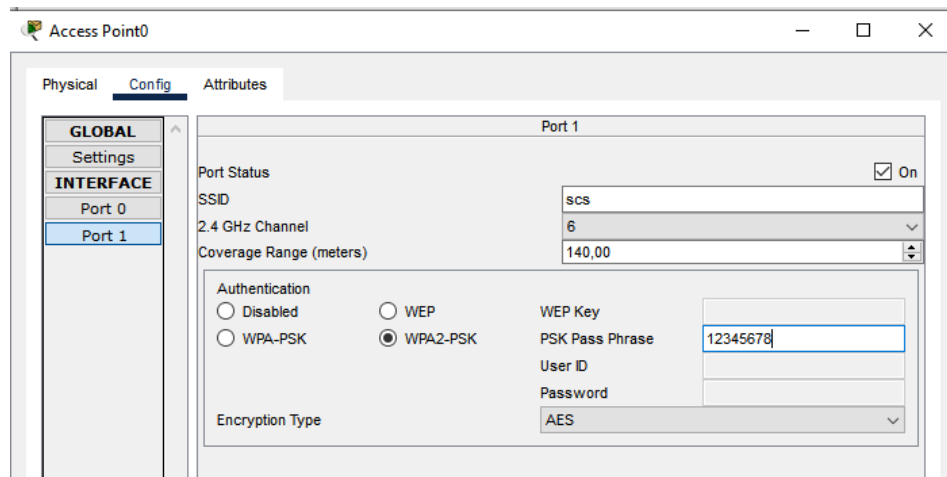


Налаштування ноутбука Laptop0 і сервера Server0:



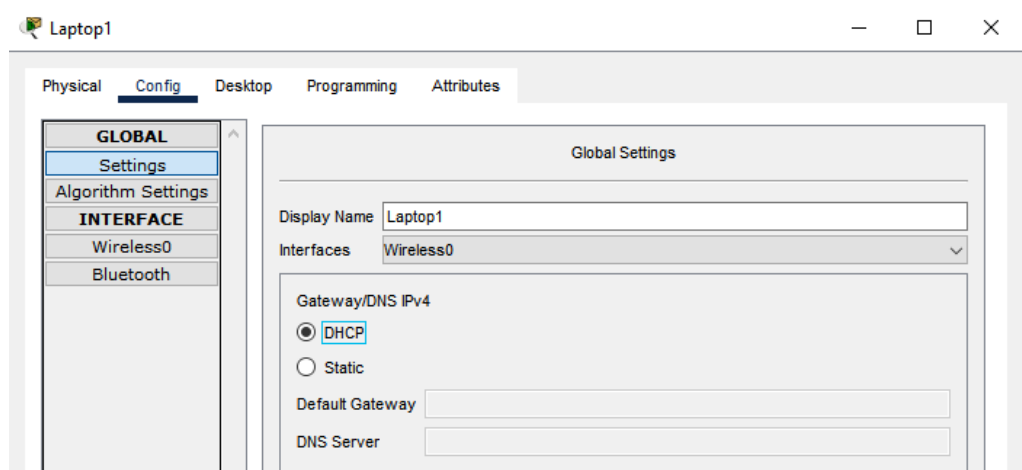
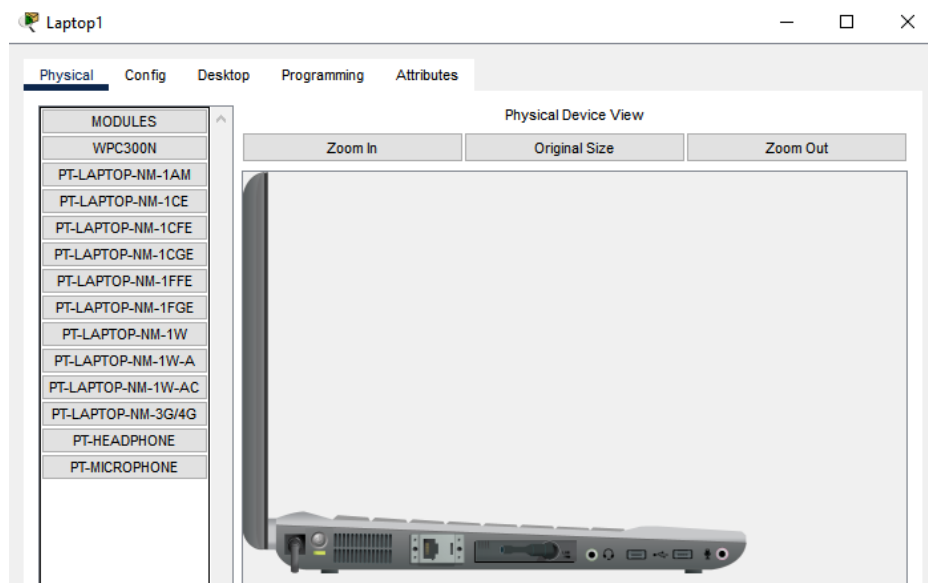


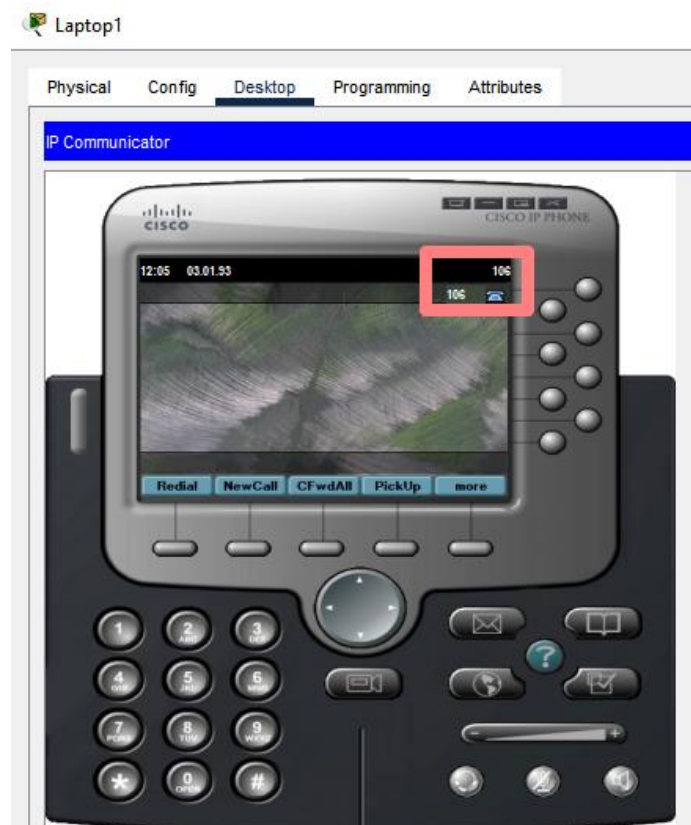
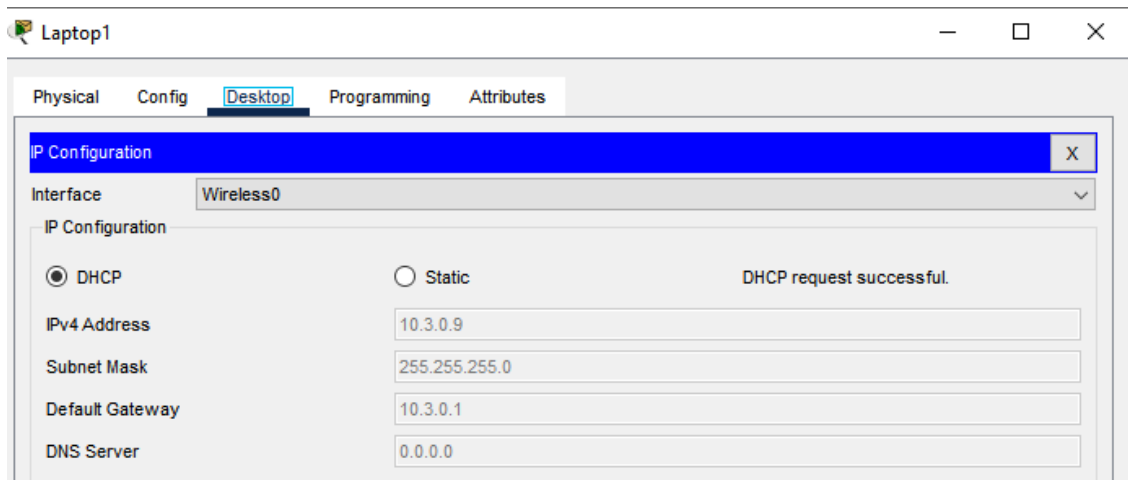
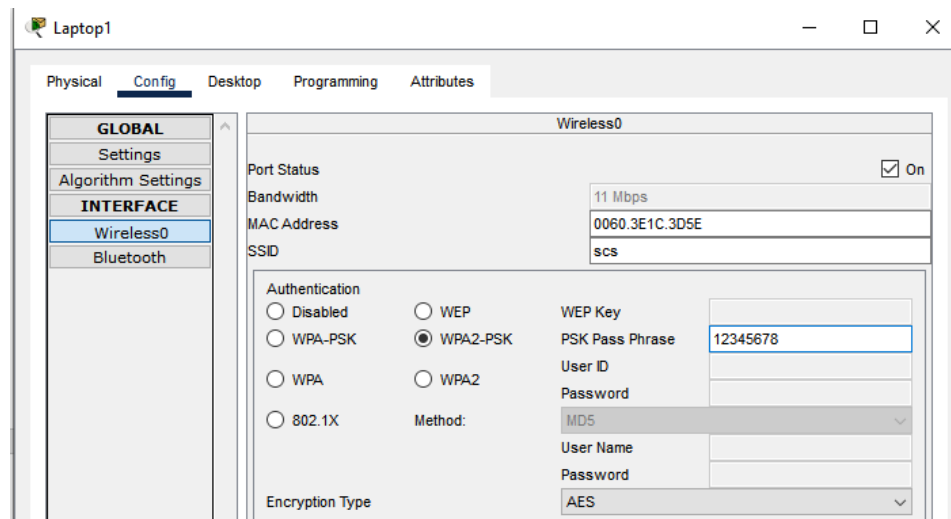
Налаштування точки доступу AP-PT:



Налаштування ноутбука Laptop1 в мережі Wi-Fi:

Встановлений модуль PT-Laptop-NM-1CFE замінюємо на модуль WPC300N для роботи в мережі Wi-Fi.

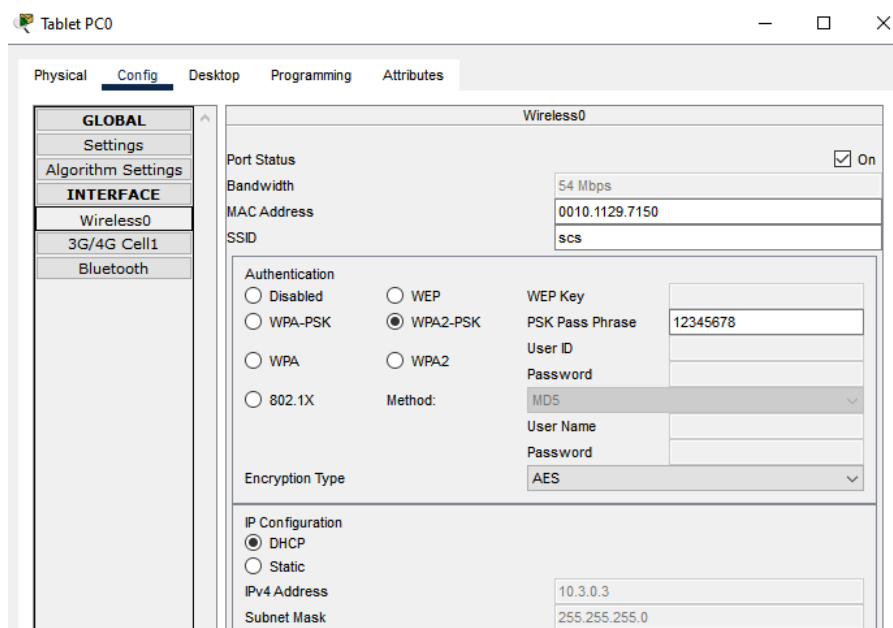
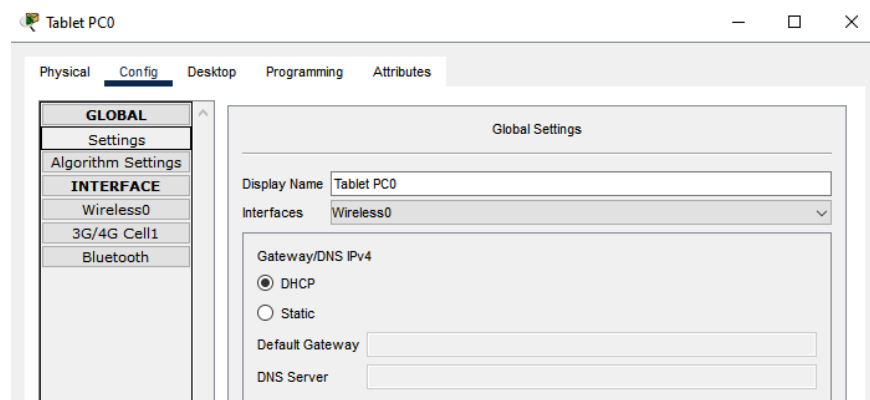


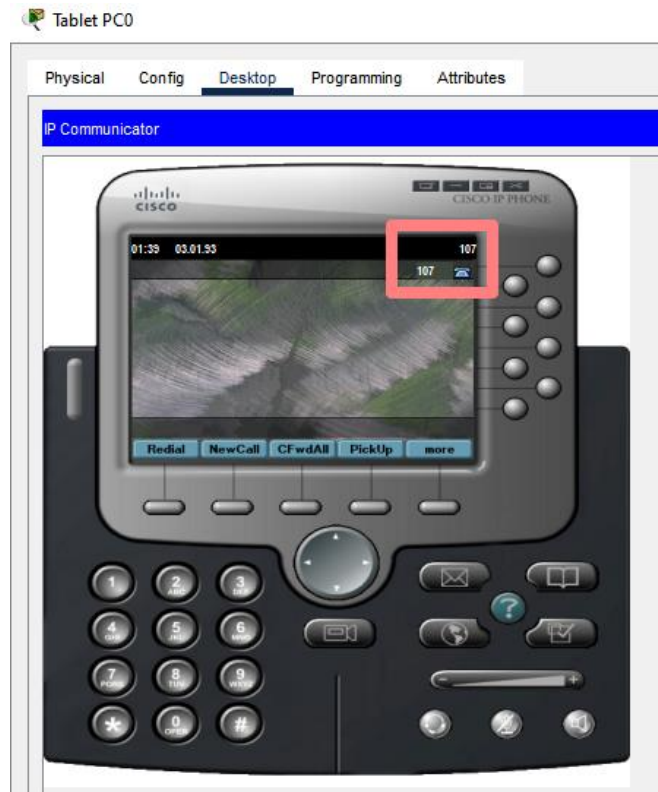
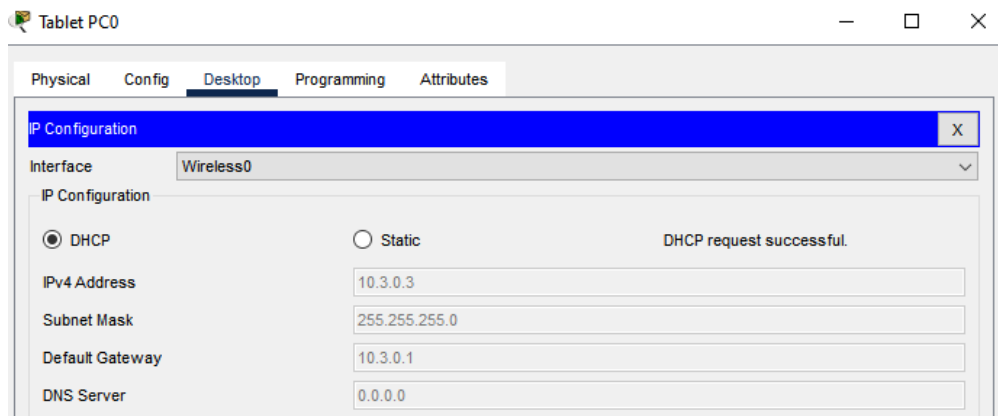


У вікні, що з'явилося, спостерігаємо дисплей комунікатора, на якому відображається автоматично призначений телефонний номер.



Налаштування планшета Tablet PC0 і смартфона Smartphone0:





Smartphone0

Physical **Config** Desktop Programming Attributes

GLOBAL

Settings

Algorithm Settings

INTERFACE

Wireless0

3G/4G Cell1

Bluetooth

Global Settings

Display Name Smartphone0

Interfaces Wireless0

Gateway/DNS IPv4

☒ DHCP

☐ Static

Default Gateway

DNS Server

Smartphone0

Physical **Config** Desktop Programming Attributes

GLOBAL

Settings

Algorithm Settings

INTERFACE

Wireless0

3G/4G Cell1

Bluetooth

Wireless0

Port Status ☒ On

Bandwidth 54 Mbps

MAC Address 000C.8540.3367

SSID scs

Authentication

☐ Disabled ☐ WEP

☐ WPA-PSK ☒ WPA2-PSK

☐ WPA ☐ WPA2

☐ 802.1X Method:

WEK Key

PSK Pass Phrase 12345678

User ID

Password

MD5

User Name

Password

Encryption Type AES

IP Configuration

☒ DHCP

☐ Static

IPv4 Address 10.3.0.4

Subnet Mask 255.255.255.0

Smartphone0

Physical **Config** **Desktop** Programming Attributes

IP Configuration X

Interface Wireless0

IP Configuration

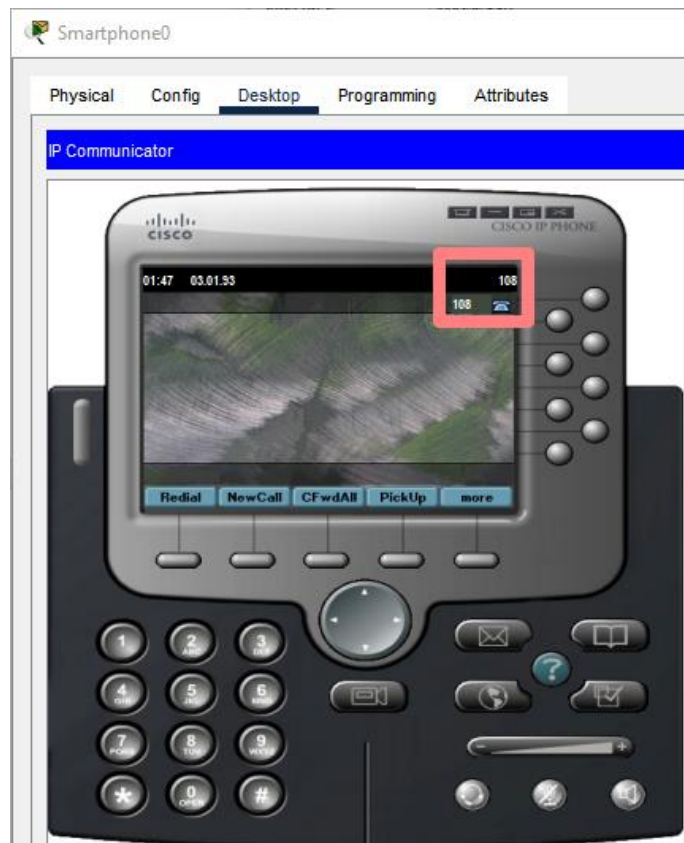
☒ DHCP ☐ Static DHCP request successful.

IPv4 Address 10.3.0.4

Subnet Mask 255.255.255.0

Default Gateway 10.3.0.1

DNS Server 0.0.0.0

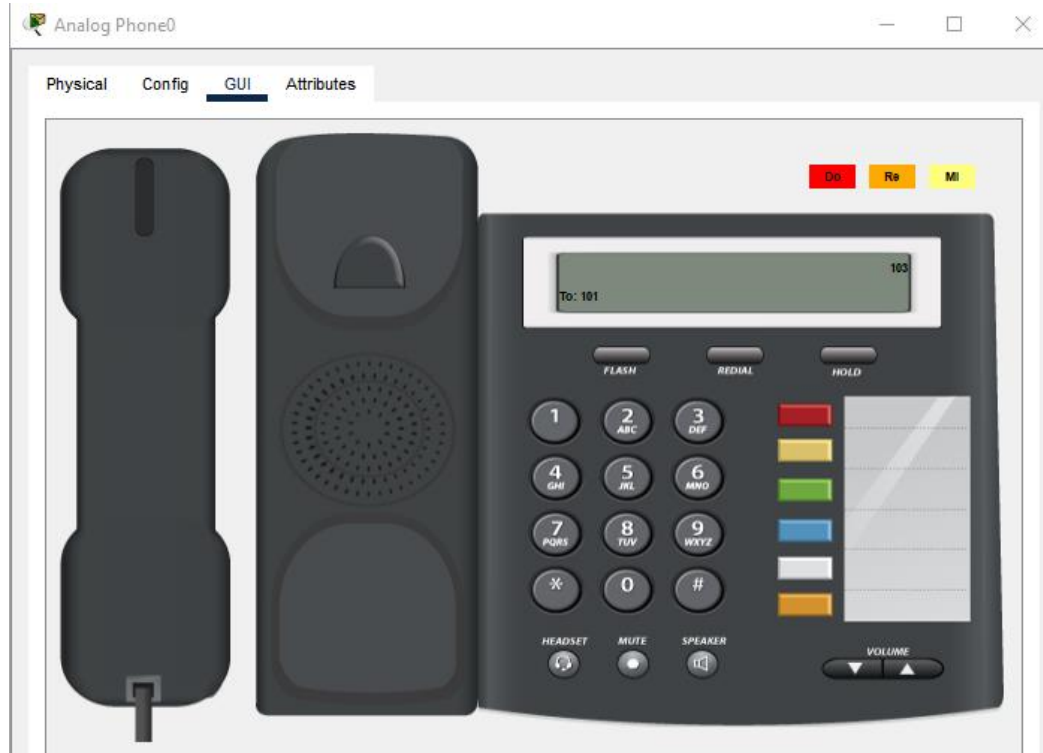


У вікні, що з'явилося, спостерігаємо дисплей комунікатора, на якому відображається автоматично призначений телефонний номер.



Виконаємо перевірку з'єднання Analog Phone0 – IP phone1:

На клавіатурі за допомогою мишки набираємо номер IP телефону IP Phone1 (у нашому випадку 101) і чуємо звук виклику.



На дисплеї з'являється повідомлення про встановлення з'єднання Connected:

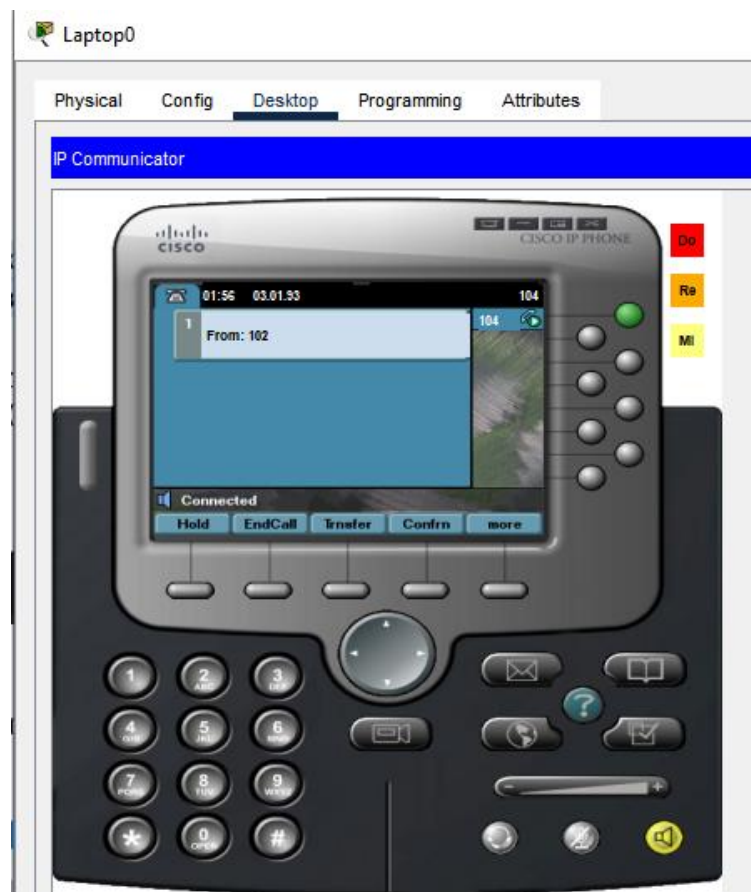


Виконаємо перевірку з'єднання IP Phone0 – Laptop0:

На клавіатурі за допомогою мишки набираємо номер IP телефону Laptop0 (у нашому випадку 104) і чуємо звук виклику;



На дисплеї з'являється повідомлення про встановлення з'єднання Connected:



Виконаємо перевірку з'єднання Smartphone0 – Server0:

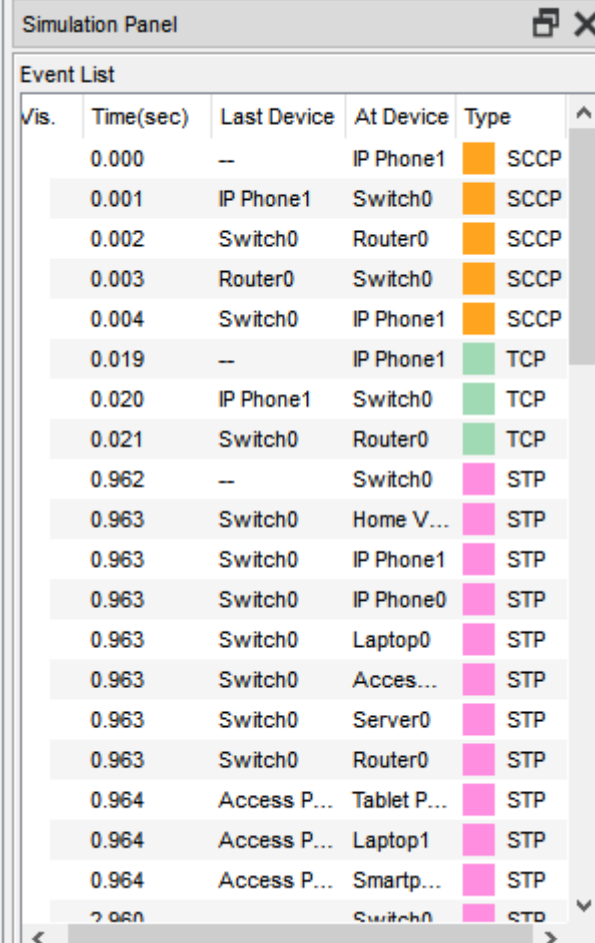
Натискаємо клавішу New Call і чуємо характерний тональний звук. На клавіатурі за допомогою мишки набираємо номер Server0 (у нашому випадку 105) і чуємо звук виклику.



У вікні, що з'явилося, на дисплеї комунікатора бачимо, що є виклик від номера 108:



Приведемо усі пристрої в початковий стан (слухавки на базах, IP комунікатори не в режимі очікування вводу номера або ведення розмови), увійдемо в режим симуляції Cisco Paket Tracer:



Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	IP Phone1	SCCP
	0.001	IP Phone1	Switch0	SCCP
	0.002	Switch0	Router0	SCCP
	0.003	Router0	Switch0	SCCP
	0.004	Switch0	IP Phone1	SCCP
	0.019	--	IP Phone1	TCP
	0.020	IP Phone1	Switch0	TCP
	0.021	Switch0	Router0	TCP
	0.962	--	Switch0	STP
	0.963	Switch0	Home V...	STP
	0.963	Switch0	IP Phone1	STP
	0.963	Switch0	IP Phone0	STP
	0.963	Switch0	Laptop0	STP
	0.963	Switch0	Acces...	STP
	0.963	Switch0	Server0	STP
	0.963	Switch0	Router0	STP
	0.964	Access P...	Tablet P...	STP
	0.964	Access P...	Laptop1	STP
	0.964	Access P...	Smartp...	STP
	0.964	Switch0	Switch0	STP

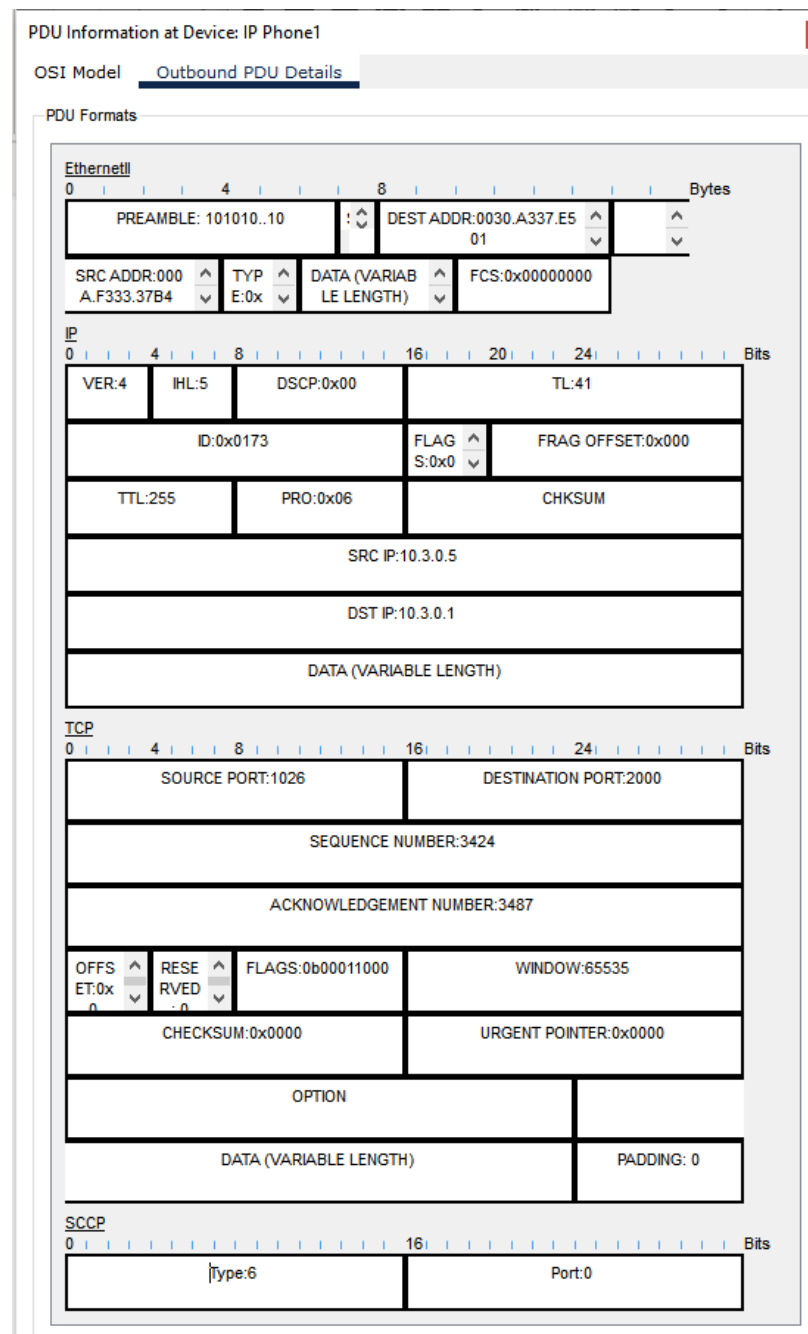
Відразу після підняття слухавки на IP Phone1 (час 0.000 с), ми бачимо активність протоколу SCCP (Skinny Client Control Protocol), який використовується для встановлення сеансу зв'язку. Ця активність спостерігається на IP Phone1, потім на Switch0 і далі на Router0, що свідчить про процес встановлення з'єднання.

Після встановлення з'єднання за допомогою SCCP, ми спостерігаємо передачу даних між IP Phone1, Switch0 та Router0 за допомогою TCP (Transmission Control Protocol). TCP забезпечує надійну доставку даних між мережевими пристроями.

На пізніших етапах симуляції, ми бачимо активність протоколу STP (Spanning Tree Protocol) на комутаторі Switch0. STP використовується для запобігання

утворення петель в мережі з комутаторами, забезпечуючи резервні канали зв'язку.

Розглянемо детальніше вихідний пакет з пристрою:



Після підняття слухавки зі станції, на маршрутизатор було послано повідомлення off-hook (0x0006), що означає неготовність пристрою до прийняття вхідних викликів, оскільки незабаром він зробить новий виклик. Останній TCP пакет містить повідомлення TCP ACK, що посилається у відповідь на SCCP пакет від маршрутизатор.

Simulation Panel

Event List

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	6.961	Switch0	Acces...	STP
	6.961	Switch0	Server0	STP
	6.961	Switch0	Router0	STP
	6.962	Access P...	Tablet P...	STP
	6.962	Access P...	Laptop1	STP
	6.962	Access P...	Smartp...	STP
	6.962	--	IP Phone1	SCCP
	6.962	--	IP Phone1	SCCP
	6.962	--	IP Phone1	SCCP
	6.963	IP Phone1	Switch0	SCCP
	6.963	--	IP Phone1	SCCP
	6.964	IP Phone1	Switch0	SCCP
	6.964	Switch0	Router0	SCCP
	6.964	--	IP Phone1	SCCP
	6.965	IP Phone1	Switch0	SCCP
	6.965	Switch0	Router0	SCCP
	6.965	Router0	Switch0	SCCP
	6.966	Switch0	Router0	SCCP
	6.966	Router0	Switch0	SCCP
	6.966	Switch0	IP Phone1	SCCP
	6.967	Router0	Switch0	SCCP
	6.967	Switch0	IP Phone1	SCCP
	6.967	--	Router0	SCCP
	6.968	Router0	Switch0	SCCP
	6.968	Switch0	Acces...	SCCP
	6.969	Access P...	Tablet P...	SCCP
	6.969	Access P...	Laptop1	SCCP
	6.969	Switch0	IP Phone1	SCCP
	6.969	Access P...	Smartp...	SCCP
	6.969	--	IP Phone1	TCP

Після кожної введеної цифри ми надсилаємо про це повідомлення по тому ж самому маршруту, який був при піднятті слухавки.

На початку присутньо три пакета схожого змісту:

PDU Information at Device: IP Phone1

OSI Model [Outbound PDU Details](#)

PDU Formats

EthernetII

PREAMBLE: 101010..10		DEST ADDR: 0030.A337.E5 01	
SRC ADDR: 000 A.F333.37B4	TYP E: 0x	DATA (VARIABLE LENGTH)	FCS: 0x00000000

IP

VER: 4	IHL: 5	DSCP: 0x00	TL: 41
ID: 0x0175		FLAG S: 0x0	FRAG OFFSET: 0x000
TTL: 255	PRO: 0x06	CHKSUM	
SRC IP: 10.3.0.5			
DST IP: 10.3.0.1			
DATA (VARIABLE LENGTH)			

TCP

SOURCE PORT: 1026		DESTINATION PORT: 2000	
SEQUENCE NUMBER: 3445			
ACKNOWLEDGEMENT NUMBER: 3508			
OFFS ET: 0x	RESE RVED	FLAGS: 0b00011000	WINDOW: 65535
CHECKSUM: 0x0000		URGENT POINTER: 0x0000	
OPTION			
DATA (VARIABLE LENGTH)			PADDING: 0

SCCP

Type: 3	Port: 0
---------	---------

Тип повідомлення 3 (0x0003) означає натискання клавіші на набірницькому телефоні. Ми набрали номер 108, тож кожен пакет відповідає натиснутій клавіші з цифрою.

Далі можна побачити як після отримання пакетів з інформацією про натиснуті клавіші маршрутизатором, той посилає пакети на Smartphone0, оскільки його номер співпадає з введеною послідовністю. Маршрутизатор посилає SCCP-пакет для встановлення з'єднання з Smartphone0. Після цього, телефон та ноутбук встановлюють TCP-з'єднання з маршрутизатором та надсилають SCCP-повідомлення типу 0 (0x0000) – Keep alive, для того аби виклик тривав.

Висновок:

У ході виконання лабораторної роботи було досліджено процес налаштування та роботи VoIP-мережі в середовищі Cisco Packet Tracer. Основною метою було створення та тестування мережі для передачі голосових даних, включаючи налаштування маршрутизатора, комутатора, VoIP-шлюзу, IP-телефонів, аналогових телефонів, а також підключення бездротових пристроїв.

Робота розпочалася з проєктування мережі та підключення всіх необхідних пристроїв. Було використано маршрутизатор, який виконував роль VoIP-шлюзу, забезпечував DHCP-сервер для автоматичної видачі IP-адрес пристроям у мережі, а також працював як TFTP-сервер для завантаження налаштувань IP-телефонами. Також був налаштований комутатор для об'єднання пристроїв у єдину інфраструктуру та організації VLAN для ізоляції голосового трафіку.

Наступним етапом стало налаштування телефонного обладнання. Для IP-телефонів були призначені унікальні номери, що дало можливість здійснювати виклики між ними. Також було підключено аналогові телефони через шлюз Home VoIP, що дозволило забезпечити взаємодію традиційної телефонії з IP-технологіями.

Окремо налаштовано бездротову частину мережі, до якої були підключені ноутбуки, планшети та смартфони. Це дало змогу протестувати, як працює VoIP-зв'язок через Wi-Fi, та оцінити затримку сигналу і якість зв'язку.

Після завершення налаштувань було виконано серію тестових дзвінків між різними пристроями. В результаті вдалося перевірити працездатність протоколів SCCP, TCP, STP та їхню роль у передачі голосових даних. Усі дзвінки були успішно здійснені, що підтвердило коректність конфігурації мережі.

Таким чином, у ході лабораторної роботи було отримано практичні навички роботи з IP-телефонією, налаштування VoIP-шлюзів та сервісів, а також організації голосового трафіку в локальній мережі. Реалізована конфігурація продемонструвала можливість створення ефективної системи голосового зв'язку на базі IP-мереж із підтримкою як цифрових, так і аналогових пристроїв.