

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

Лабораторна робота №16
з дисципліни «Комп'ютерні мережі»

**«Основи динамічної маршрутизації.
Протокол маршрутизації OSPF»**

Виконала студентка групи: КВ-11

ПІБ: Михайліченко Софія Віталіївна

Перевірив: _____

Київ 2025

Мета роботи:

Ознайомитися з роботою послідовних інтерфейсів. За допомогою симулятора комп'ютерних мереж Cisco Packet Tracer отримати практичні навички в налаштуванні протоколу маршрутизації OSPF.

План виконання лабораторної роботи:

1. Ознайомлення з теоретичними відомостями до лабораторної роботи.
2. Побудова тестової мережі.
3. Виконання основних налаштувань мережевих пристроїв.
4. Виконання додаткових налаштувань маршрутизаторів для забезпечення можливості роботи протоколу OSPF.
5. Перевірка налаштувань OSPF-маршрутизації.

Короткі теоретичні відомості:

Динамічна маршрутизація — це метод, за допомогою якого маршрутизатори автоматично обмінюються інформацією про мережу і оновлюють свої таблиці маршрутизації. Це дозволяє мережам адаптуватися до змін, таких як додавання або видалення маршрутизаторів або зміна стану з'єднань.

Протоколи маршрутизації поділяються на три основні категорії:

1. Дистанційно-векторні протоколи.
2. Протоколи про стан каналу.
3. Змішані протоколи.

Протокол OSPF (Open Shortest Path First)

OSPF — це протокол маршрутизації, що належить до типу протоколів про стан каналу. Він розроблений для великих мереж і забезпечує швидке та ефективне обчислення маршрутів.

Основні характеристики OSPF:

- **Масштабованість:** OSPF може працювати в малих і великих мережах, дозволяючи розділяти мережу на зони.
- **Зони (Areas):** мережа може бути поділена на кілька зон для оптимізації обміну інформацією. Основна зона називається Area 0 (Backbone Area).
- **Вибір DR і BDR:** призначені маршрутизатори (DR) та резервні маршрутизатори (BDR) зменшують трафік, обмінюючись інформацією з іншими маршрутизаторами

Формат пакету OSPF

Пакети OSPF мають загальний заголовок, що містить такі поля:

- **Версія:** вказує версію протоколу OSPF (поточна версія - 2).
- **Тип пакету:** ідентифікує тип пакету (HELLO, DBD, LSR, LSU, LSACK).
- **Довжина повідомлення:** визначає довжину всього повідомлення, включаючи заголовок.
- **IP-адреса вихідного маршрутизатора:** адреса маршрутизатора, що відправляє пакет.
- **Ідентифікація зони:** вказує зону, в якій працює маршрутизатор.
- **Контрольна сума:** для виявлення помилок у пакеті.
- **Тип аутентифікації:** визначає метод аутентифікації (може бути без аутентифікації або з використанням пароля).

Типи повідомлень OSPF

OSPF базується на обміні такими типами повідомлень:

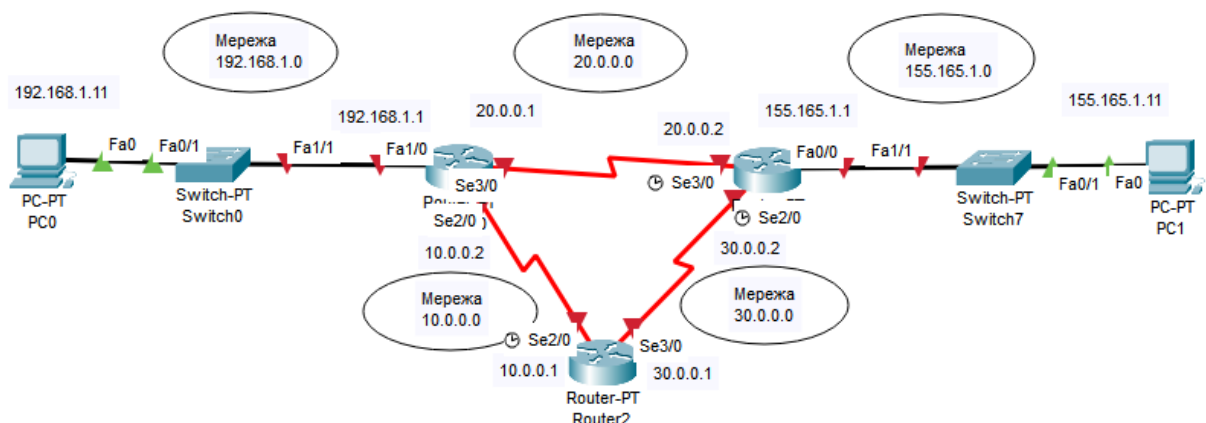
- **HELLO:** для виявлення сусідів і встановлення з ними зв'язків.
- **DBD (Database Description):** для обміну описами бази даних.
- **LSR (Link State Request):** для запиту інформації про стан зв'язків.
- **LSU (Link State Update):** для оновлення інформації про стан зв'язків.
- **LSACK (Link State Acknowledgment):** для підтвердження отримання LSA пакетів.

Порядок виконання роботи:

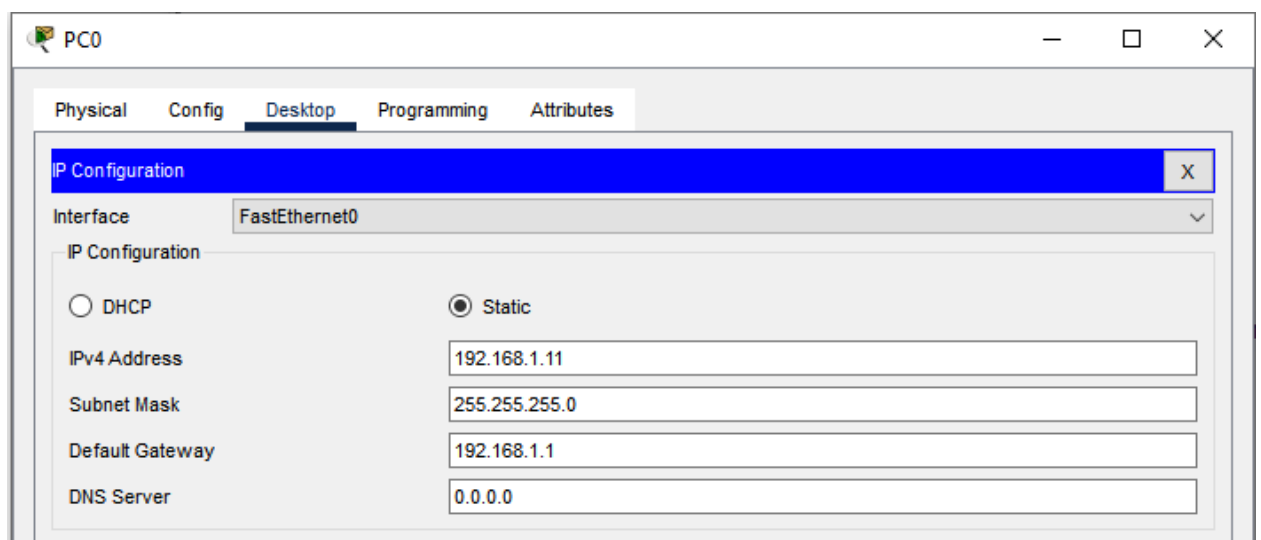
Побудова досліджуваної топології

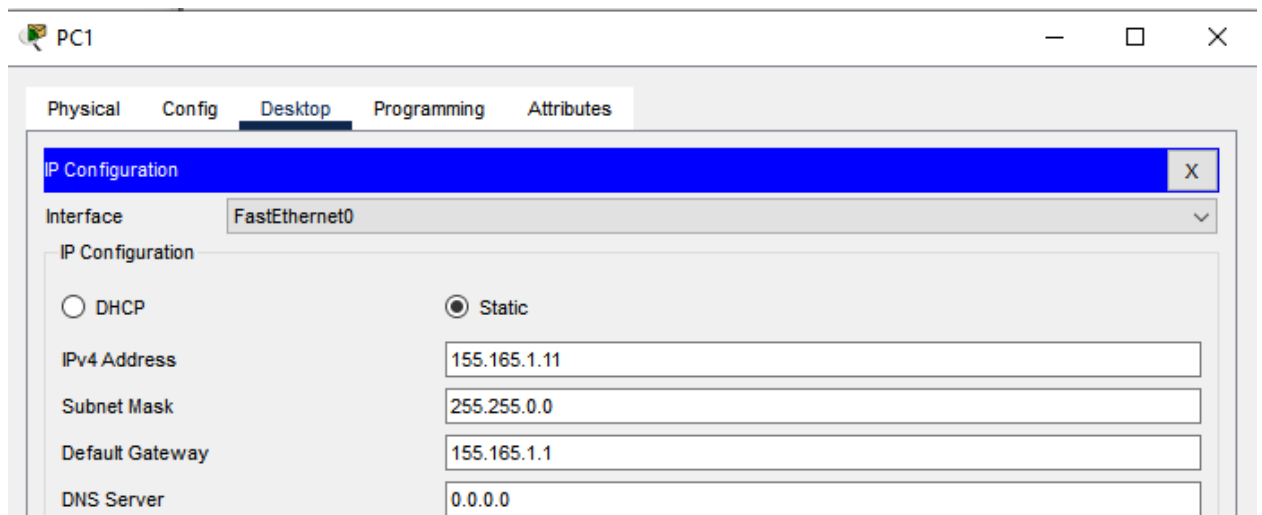
В схемі пристрій Cloud на стороні провайдера в глобальній мережі є пристроєм, що задає швидкість роботи каналу передачі DCE (Data Communication Equipment), а маршрутизатори R1, R2 і R3 на стороні клієнта виконують роль DTE (Data Terminal Equipment). Ролі пристроїв залежать від serial-кабелю, яким вони з'єднуються, тому з'єднання пристроїв Router і Cloud виконується за допомогою спеціального кабелю Serial DCE. Маршрутизатори з'єднуємо кабелем Serial DCE, решту з'єднань виконуємо прямим мідним кабелем.

Початковий вигляд мережі:

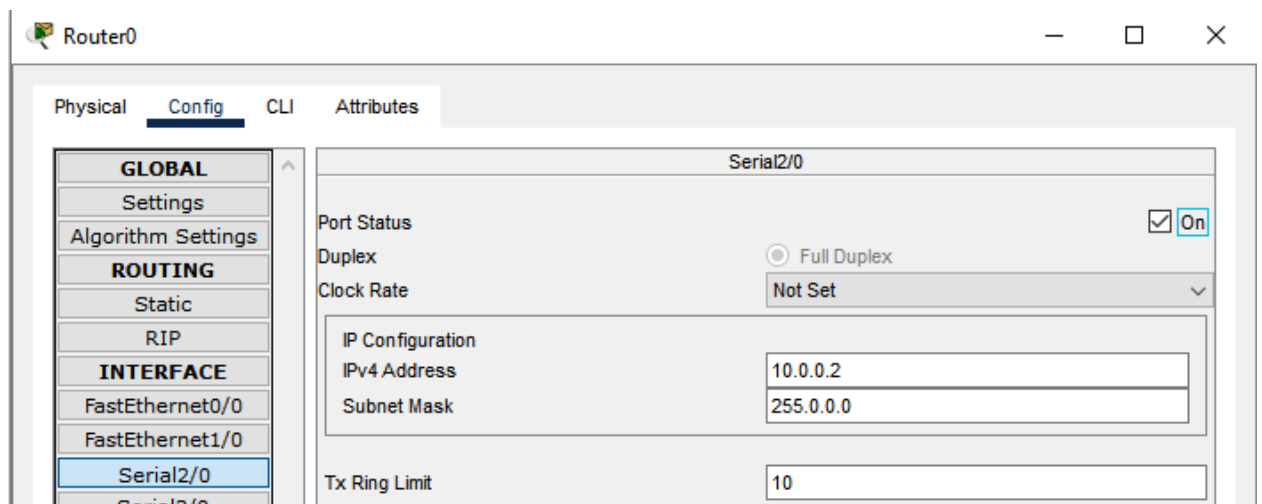
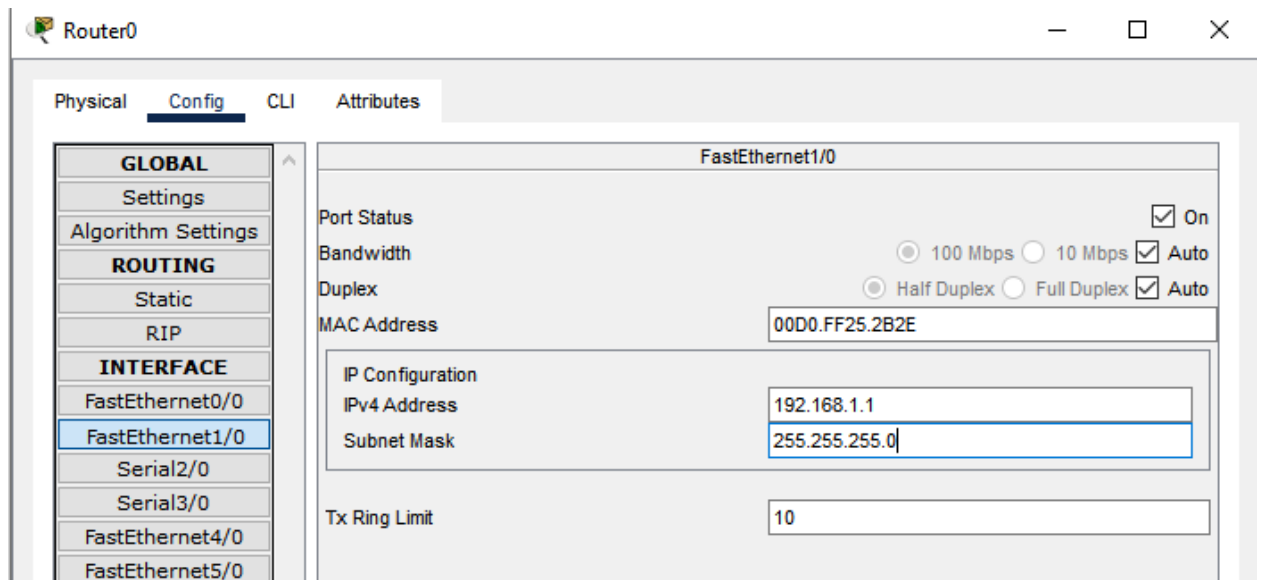


Налаштуємо схему IP-адресації на комп'ютерах PC0 і PC1:





Далі потрібно виконати налаштування схеми IP-адресації на маршрутизаторах Router0, Router1 і Router2:



Router0

Physical

Config

CLI

Attributes

GLOBAL

Settings

Algorithm Settings

ROUTING

Static

RIP

INTERFACE

FastEthernet0/0

FastEthernet1/0

Serial2/0

Serial3/0

FastEthernet4/0

FastEthernet5/0

Serial3/0

Port Status

☒ On

Duplex

☐ Full Duplex

Clock Rate

64000

IP Configuration

IPv4 Address

20.0.0.1

Subnet Mask

255.0.0.0

Tx Ring Limit

10

Router1

Physical

Config

CLI

Attributes

GLOBAL

Settings

Algorithm Settings

ROUTING

Static

RIP

INTERFACE

FastEthernet0/0

FastEthernet1/0

Serial2/0

Serial3/0

FastEthernet4/0

FastEthernet5/0

FastEthernet0/0

Port Status

☒ On

Bandwidth

☐ 100 Mbps ☐ 10 Mbps ☒ Auto

Duplex

☐ Half Duplex ☐ Full Duplex ☒ Auto

MAC Address

00D0.D399.4226

IP Configuration

IPv4 Address

155.165.1.1

Subnet Mask

255.255.0.0

Tx Ring Limit

10

Router1

Physical

Config

CLI

Attributes

GLOBAL

Settings

Algorithm Settings

ROUTING

Static

RIP

INTERFACE

FastEthernet0/0

FastEthernet1/0

Serial2/0

Serial3/0

FastEthernet4/0

FastEthernet5/0

Serial2/0

Port Status

☒ On

Duplex

☐ Full Duplex

Clock Rate

Not Set

IP Configuration

IPv4 Address

30.0.0.2

Subnet Mask

255.0.0.0

Tx Ring Limit

10

Router1

PhysicalConfigCLIAttributes

GLOBAL

Settings

Algorithm Settings

ROUTING

Static

RIP

INTERFACE

FastEthernet0/0

FastEthernet1/0

Serial2/0

Serial3/0

FastEthernet4/0

FastEthernet5/0

Serial3/0

Port Status

☒ On

Duplex

☐ Full Duplex

Clock Rate

Not Set

IP Configuration

IPv4 Address

20.0.0.2

Subnet Mask

255.0.0.0

Tx Ring Limit

10

Router2

PhysicalConfigCLIAttributes

GLOBAL

Settings

Algorithm Settings

ROUTING

Static

RIP

INTERFACE

FastEthernet0/0

FastEthernet1/0

Serial2/0

Serial3/0

FastEthernet4/0

FastEthernet5/0

Serial2/0

Port Status

☒ On

Duplex

☐ Full Duplex

Clock Rate

64000

IP Configuration

IPv4 Address

10.0.0.1

Subnet Mask

255.0.0.0

Tx Ring Limit

10

Router2

PhysicalConfigCLIAttributes

GLOBAL

Settings

Algorithm Settings

ROUTING

Static

RIP

INTERFACE

FastEthernet0/0

FastEthernet1/0

Serial2/0

Serial3/0

FastEthernet4/0

FastEthernet5/0

Serial3/0

Port Status

☒ On

Duplex

☐ Full Duplex

Clock Rate

64000

IP Configuration

IPv4 Address

30.0.0.1

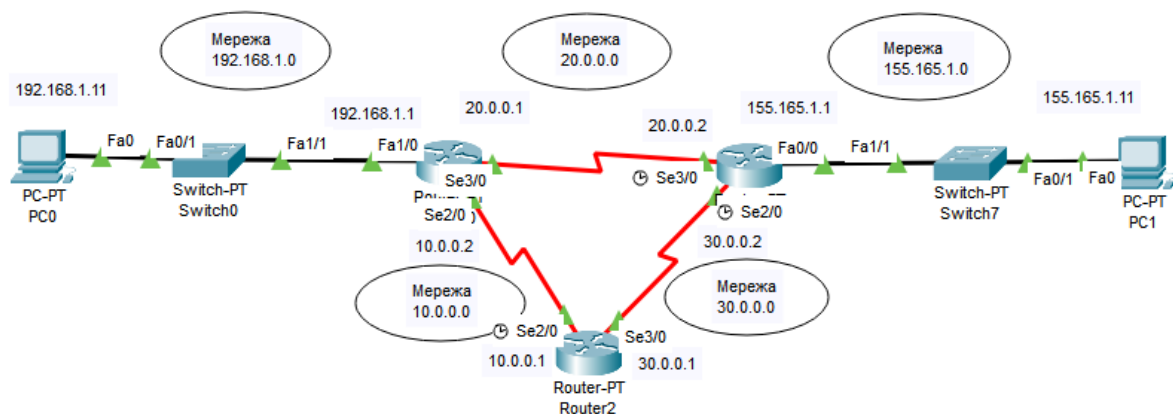
Subnet Mask

255.0.0.0

Tx Ring Limit

10

Вигляд мережі після налаштування маршрутизаторів:



Для перевірки виконаних налаштувань скористаємося інструментом Simple PDU.

На панелі PDU List Window маємо спостерігати повідомлення про успішне проходження пакету ICMP від PC0 до Router0:

Fire	Last Status	Source	Destination	Type	Color	Time(sec)	Periodic	Num	Edit	Delete
	Successful	PC0	Router0	ICMP		0.000	N	0	(edit)	(delete)

На панелі PDU List Window маємо спостерігати повідомлення про успішне проходження пакету ICMP від PC1 до Router1:

Fire	Last Status	Source	Destination	Type	Color	Time(sec)	Periodic	Num	Edit	Delete
	Successful	PC0	Router0	ICMP		0.000	N	0	(edit)	(delete)
	Successful	PC1	Router1	ICMP		0.000	N	1	(edit)	(delete)

На панелі PDU List Window спостерігаємо повідомлення про помилку, що свідчить про відсутність зв'язку між PC1 і PC0:

Fire	Last Status	Source	Destination	Type	Color	Time(sec)	Periodic	Num	Edit	Delete
	Successful	PC0	Router0	ICMP		0.000	N	0	(edit)	(delete)
	Successful	PC1	Router1	ICMP		0.000	N	1	(edit)	(delete)
	Failed	PC0	PC1	ICMP		0.000	N	2	(edit)	(delete)

Для встановлення каналу зв'язку між PC0 і PC1 включимо на маршрутизаторах Router0, Router1 і Router2 протокол динамічної маршрутизації OSPF.

Налаштування виконуємо з використанням інтерфейсу командного рядка CLI:

- Налаштування маршрутизатора Router0:

```
Router>enable
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#host R0
R0(config)#router ospf 1
R0(config-router)#          CLI:
                        ^
% Invalid input detected at '^' marker.

R0(config-router)# Router0:
R0(config-router)#network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
R0(config-router)#network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
R0(config-router)#network 20.0.0.0 0.255.255.255 area 0
R0(config-router)#end
R0#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

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

- Налаштування маршрутизатора Router1:

```
Router>enable
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#host R1
R1(config)#router ospf 1
R1(config-router)#network 20.0.0.0 0.255.255.255 area 0
R1(config-router)#network 30.0.0.0 0.255.255.255 area 0
00:22:22: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 192.168.1.1 on Serial3/0 from LOADING to FULL,
Loading Done

R1(config-router)#network 155.165.1.0 0.0.255.255 area 0
R1(config-router)#end
R1#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

R1#write memory
Building configuration...
[OK]
R1#
```

- Налаштування маршрутизатора Router2:



```
Router>enable
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#host R2
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
R2(config-router)#
00:24:10: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 192.168.1.1 on Serial2/0 from LOADING to FULL,
Loading Done

R2(config-router)#network 30.0.0.0 0.255.255.255 area 0
R2(config-router)#
00:24:22: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 155.165.1.1 on Serial3/0 from LOADING to FULL,
Loading Done

R2(config-router)#end
R2#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

R2#write memory
Building configuration...
[OK]
R2#
```

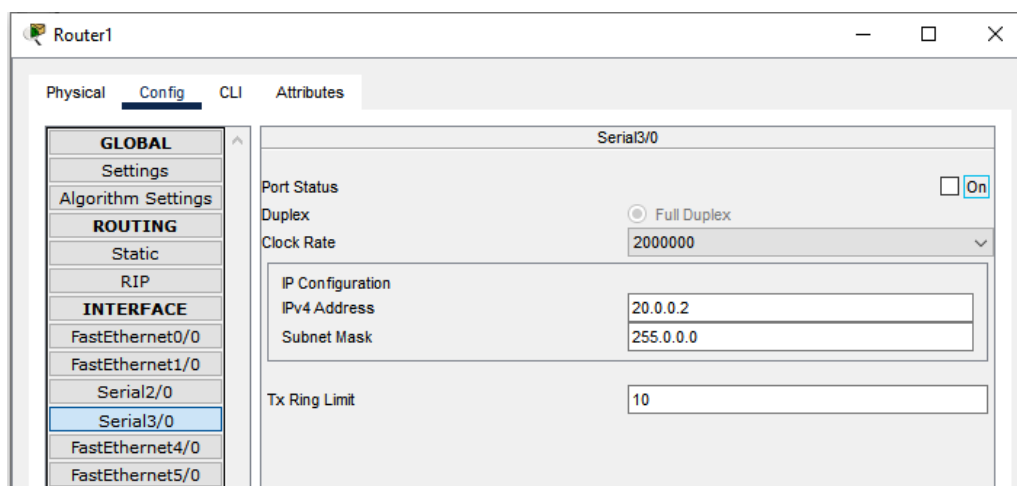
Налаштування протоколу OSPF завершені. Перевіримо зв'язок між PC0 і PC1. Вибираємо інструмент Simple PDU. Клікаємо спочатку на PC0, потім на PC1. На панелі PDU List Window маємо спостерігати повідомлення про успішне проходження пакету від PC0 до PC1:

Fire	Last Status	Source	Destination	Type	Color	Time(sec)	Periodic	Num	Edit	Delete
	Successful	PC0	PC1	ICMP		0.000	N	0	(edit)	(delete)

Переходимо в режим Simulation і повторимо перевірку зв'язку між PC0 і PC1. Вибираємо інструмент Simple PDU. Клікаємо спочатку на PC0, потім на PC1. У вікні Simulation Panel спостерігаємо проходження ICMP-пакету по шляху PC0 – Router0 – Router1 – PC1. Протокол OSPF вибрав найкоротший шлях від PC0 до PC1:

Simulation Panel				
Event List				
Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC0	ICMP
	0.001	PC0	Switch0	ICMP
	0.002	Switch0	Router0	ICMP
	0.003	Router0	Router1	ICMP
	0.004	Router1	Switch1	ICMP
	0.005	Switch1	PC1	ICMP
	0.006	PC1	Switch1	ICMP
	0.007	Switch1	Router1	ICMP
	0.008	Router1	Router0	ICMP
	0.009	Router0	Switch0	ICMP
	0.010	Switch0	PC0	ICMP

На маршрутизаторі Router1 перемикачем „On“ відключимо інтерфейс Serial3/0:



Переходимо в режим Simulation і знову повторюємо перевірку зв'язку між PC0 і PC1. Вибираємо інструмент Simple PDU. Клікаємо спочатку на PC0, потім на PC1. У вікні Simulation Panel спостерігаємо проходження ICMP-пакету по шляху PC0 – Router0 – Router2 – Router1 – PC1. Протокол OSPF вибрав інший шлях від PC0 до PC1.

Simulation Panel				
Event List				
Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC0	ICMP
	0.001	PC0	Switch0	ICMP
	0.002	Switch0	Router0	ICMP
	0.003	Router0	Router2	ICMP
	0.004	Router2	Router1	ICMP
	0.005	Router1	Switch1	ICMP
	0.006	Switch1	PC1	ICMP
	0.007	PC1	Switch1	ICMP
	0.008	Switch1	Router1	ICMP
	0.009	Router1	Router2	ICMP
	0.010	Router2	Router0	ICMP
	0.011	Router0	Switch0	ICMP
	0.012	Switch0	PC0	ICMP

Переглянемо вміст таблиць про сусідство на маршрутизаторах:

```
R0>sh ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
30.0.0.1	0	FULL/ -	00:00:36	10.0.0.1	Serial2/0

```
R0>
```

```
R1#sh ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
30.0.0.1	0	FULL/ -	00:00:32	30.0.0.1	Serial2/0

```
R1#
```

```
R2>enable
R2#sh ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
192.168.1.1	0	FULL/ -	00:00:36	10.0.0.2	Serial2/0
155.165.1.1	0	FULL/ -	00:00:38	30.0.0.2	Serial3/0

```
R2#
```

Переглянемо вміст таблиці маршрутизації на Router0:

```
R0>sh ip ospf neighbor

Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address      Interface
30.0.0.1         0    FULL/ -         00:00:36    10.0.0.1     Serial2/0

R0>enable
R0#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    10.0.0.0/8 is directly connected, Serial2/0
O    30.0.0.0/8 [110/128] via 10.0.0.1, 00:07:42, Serial2/0
O    155.165.0.0/16 [110/129] via 10.0.0.1, 00:07:42, Serial2/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0

R0#
```

Як бачимо, до таблиці маршрутизації додалися маршрути, створені протоколом OSPF.

Переглянемо базу даних на маршрутизаторі Router0.

```
R0#sh ip ospf database
                OSPF Router with ID (192.168.1.1) (Process ID 1)

                Router Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router   Age         Seq#          Checksum Link count
30.0.0.1       30.0.0.1       998         0x80000004   0x00aa3b 4
192.168.1.1    192.168.1.1    574         0x80000006   0x002812 3
155.165.1.1    155.165.1.1    574         0x80000006   0x0094f6 3

R0#
```

У режимі симуляції Cisco Packet Tracer при натиснутій клавіші „Play“ (режим автоматичної симуляції) спостерігаємо роботу протоколу маршрутизації OSPF. Маршрутизатори відправляють повідомлення "Hello" до безпосередньо під'єднаних сусідніх маршрутизаторів.

PDU Information at Device: Router1

OSI Model

Inbound PDU Details

At Device: Router1

Source: Router2

Destination: 224.0.0.5

In Layers

Layer7

Layer6

Layer5

Layer4

Layer 3: IP Header Src. IP: 30.0.0.1, Dest. IP: 224.0.0.5 OSPF HELLO

Layer 2: HDLC Frame HDLC

Layer 1: Port Serial2/0

Out Layers

Layer7

Layer6

Layer5

Layer4

Layer3

Layer2

Layer1

1. The device looks up the destination IP address in the CEF table.

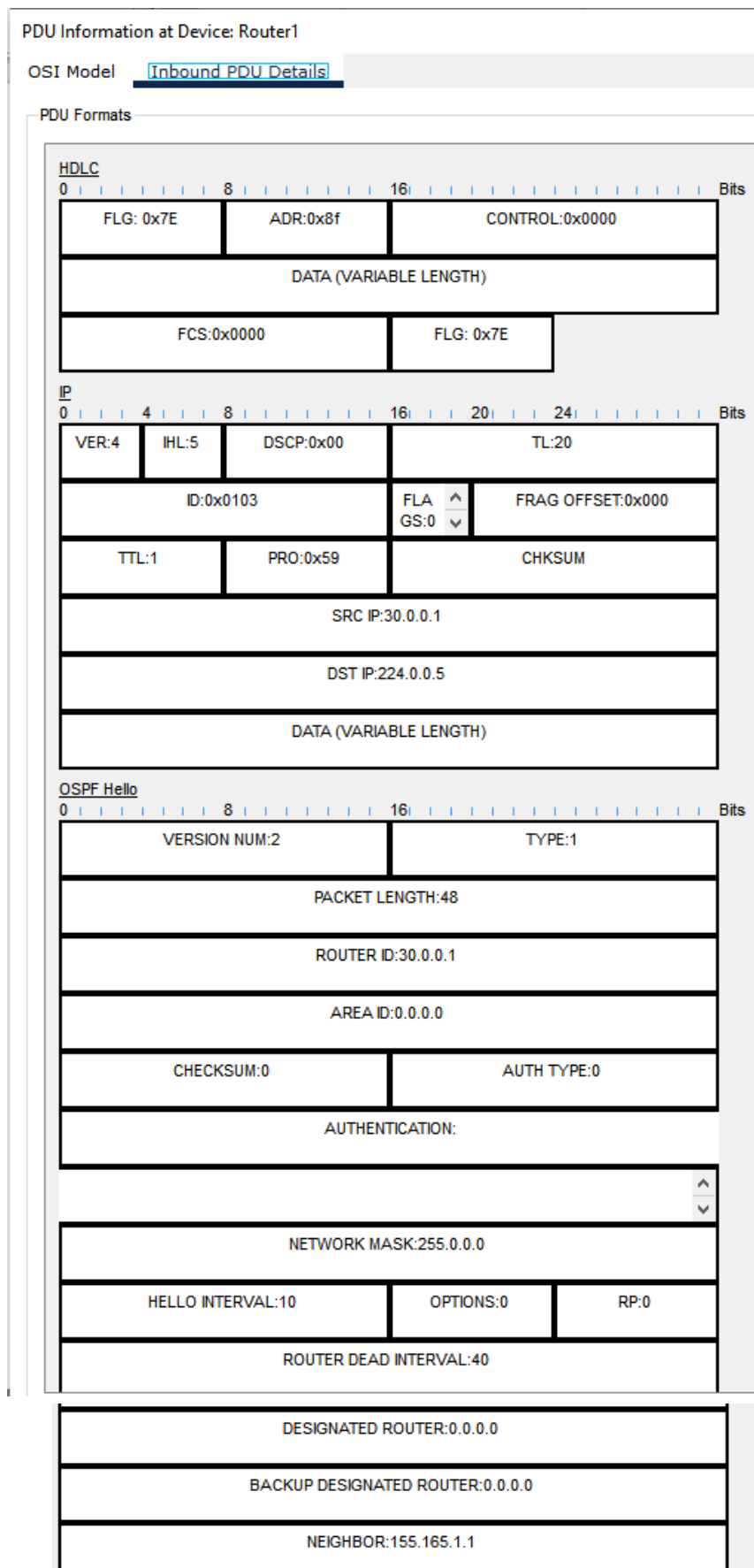
2. The CEF table has an entry for the device to receive this packet. The device dispatches the packet to the upper layer.

3. The device receives an OSPF packet.

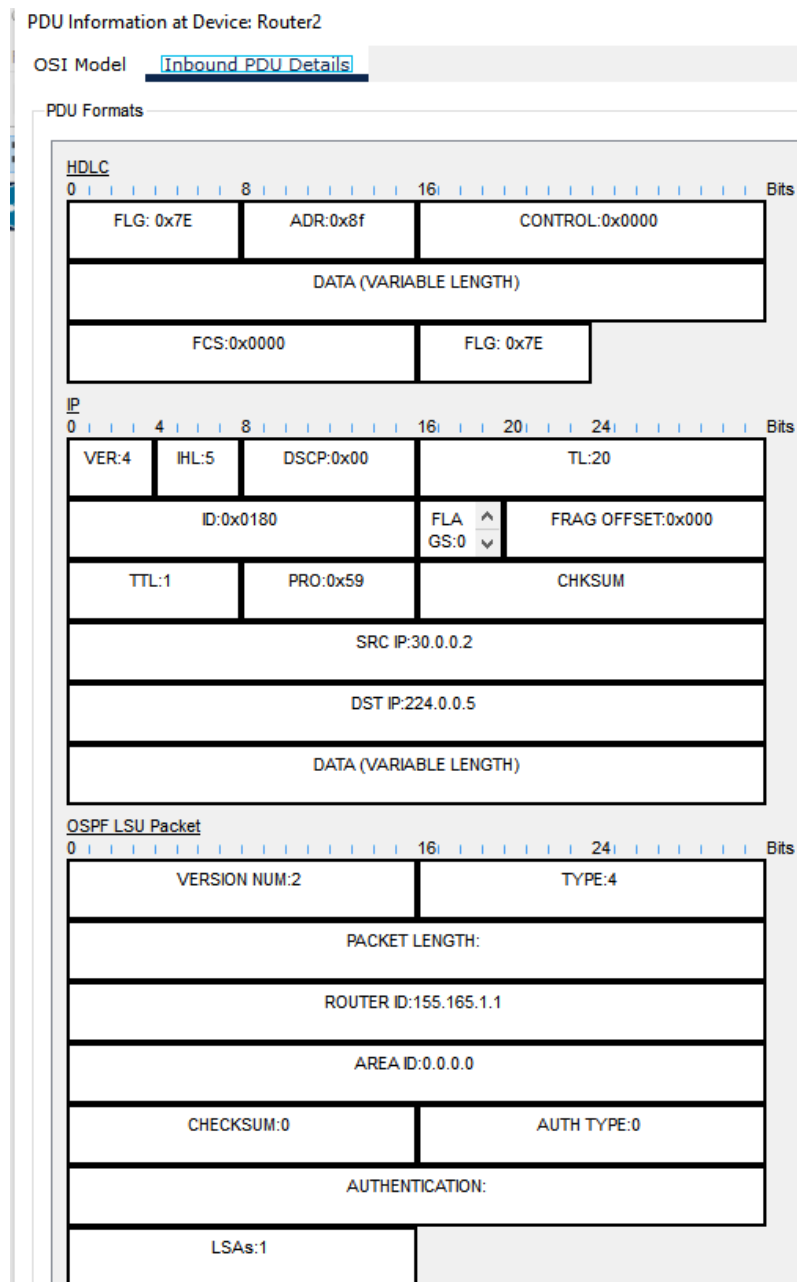
4. The OSPF packet is a Hello packet.

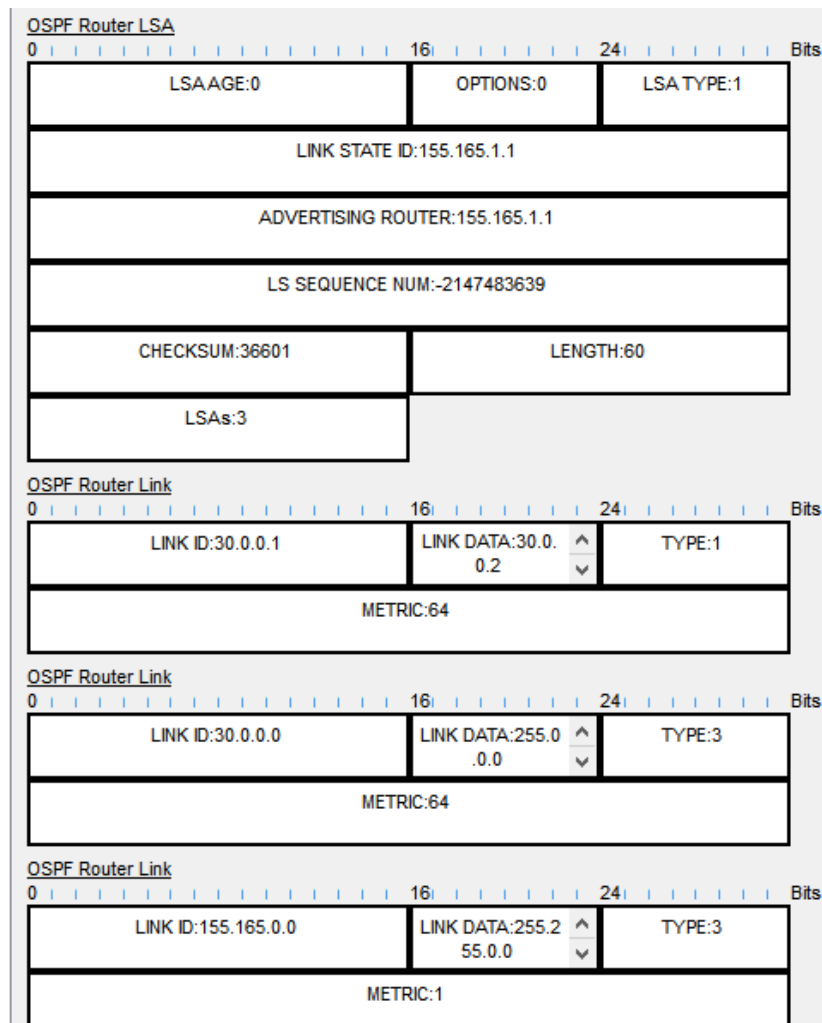
5. The Hello packet is from an existing neighbor. The device resets the timers for this neighbor.

Структура кадру з інкапсульованим "Hello" повідомленням:



А тепер змодельюємо випадок несподіваного розірвання з'єднання між маршрутизаторами Router0 і Router1. Зупиняємо режим автоматичної симуляції (клатвішею „Play“). Переходимо на Router1 і в режимі конфігурування „Config“ клатвішею „On“ відключаємо інтерфейс Serial3/0. Продовжуємо процес автоматичної симуляції (клатвішею „Play“) і спостерігаємо, як маршрутизатори почали розсилати один одному широкомовні повідомлення OSPF типу 4 про зміну стану своїх безпосередніх зв'язків. Такі повідомлення містять списки оголошень і мають такий формат:





PDU Information at Device: Router2

OSI Model Inbound PDU Details

At Device: Router2
Source: Router1
Destination: 224.0.0.5

In Layers

Layer7
Layer6
Layer5
Layer4
Layer 3: IP Header Src. IP: 30.0.0.2, Dest. IP: 224.0.0.5 OSPF LINK STATE UPDATE
Layer 2: HDLC Frame HDLC
Layer 1: Port Serial3/0

Out Layers

Layer7
Layer6
Layer5
Layer4
Layer3
Layer2
Layer1

1. The device looks up the destination IP address in the CEF table.
2. The CEF table has an entry for the device to receive this packet. The device dispatches the packet to the upper layer.
3. The device receives an OSPF packet.
4. The OSPF packet is a Link State Update packet.

Після завершення обміну пакетами типу 4 маршрутизатори повертаються до режиму періодичного обміну повідомленнями типу 1:

0.857	--	Switch0	STP
0.858	Switch0	Router0	STP
0.858	Switch0	PC0	STP
0.986	--	Router2	OSPF
0.987	Router2	Router0	OSPF
1.912	--	Switch1	STP
1.913	Switch1	PC1	STP
1.913	Switch1	Router1	STP

Висновок:

У ході виконання лабораторної роботи ми ознайомилися з основами динамічної маршрутизації та протоколу OSPF, дослідили його принципи роботи, налаштували маршрутизатори в середовищі Cisco Packet Tracer та перевірили ефективність роботи протоколу.

На початковому етапі було створено мережеву топологію, яка включала маршрутизатори, персональні комп'ютери та хмарний сегмент, що імітував підключення до провайдера. Було виконано підключення пристроїв за допомогою серійних та мідних кабелів відповідно до їхніх ролей (DTE/DCE).

Далі було здійснено налаштування IP-адресації на всіх мережевих пристроях, що дозволило встановити початковий рівень зв'язності в мережі. На цьому етапі було помічено, що без протоколу маршрутизації OSPF передача даних між вузлами з різних мереж неможлива, оскільки маршрутизатори не обмінюються маршрутною інформацією автоматично.

Наступним кроком стало налаштування протоколу OSPF на маршрутизаторах. Для цього було використано командний рядок (CLI), де були налаштовані відповідні інтерфейси та оголошені мережі, що беруть участь у маршрутизації. Після впровадження OSPF спостерігалось успішне встановлення зв'язку між усіма вузлами мережі, що було підтверджено тестами за допомогою інструмента Simple PDU.

Особливу увагу було приділено перевірці динамічного характеру OSPF. Було виконано моделювання виходу з ладу одного зі з'єднань (відключення інтерфейсу на Router1), що дозволило спостерігати зміну маршруту передачі пакетів у реальному часі. OSPF автоматично вибрав альтернативний маршрут через інший маршрутизатор (Router2), що підтвердило його здатність до адаптації до змін у топології.

Також було досліджено таблиці маршрутизації маршрутизаторів, переглянуто список сусідніх маршрутизаторів та аналізовано базу даних OSPF. Спостереження у режимі Simulation продемонстрували процес обміну Hello-пакетами між маршрутизаторами, що є основним механізмом встановлення та підтримки сусідства між ними.