

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

Лабораторна робота №14
з дисципліни «Комп'ютерні мережі»

**«Аналіз мережевої взаємодії при використанні
послідовних інтерфейсів на маршрутизаторах.
Протокол HDLC»**

Виконала студентка групи: КВ-11

ПІБ: Михайліченко Софія Віталіївна

Перевірив: _____

Київ 2025

Мета роботи:

Засвоєння принципів взаємодії мережевих пристроїв при використанні послідовних інтерфейсів на маршрутизаторах за допомогою програми симуляції комп'ютерних мереж Cisco Packet Tracer.

План виконання лабораторної роботи:

1. Засвоєння теоретичних відомостей;
2. Побудова топології досліджуваної мережі;
3. Налаштування мережевого обладнання;
4. Аналіз процесів фрагментації на маршрутизаторах при пересиланні пакетів різних протоколів із однієї мережі в іншу при використанні послідовних інтерфейсів.

Завдання:

1. Аналіз процесу фрагментації на маршрутизаторах при виконанні команди **ping** на комп'ютері PC0.
2. Аналіз процесу фрагментації на маршрутизаторах при виконанні HTTP-запиту до Web-сервера на Server0.
3. Аналіз процесу фрагментації на маршрутизаторах при виконанні команди ping на маршрутизаторі.

Короткі теоретичні відомості:

Фрагментація IP-пакетів - це процес розбиття великих IP-пакетів на менші фрагменти, які можуть бути передані через мережу з обмеженнями на розмір пакетів. Це необхідно, коли розмір пакета перевищує максимальний розмір пакета, який може бути переданий через певний мережевий сегмент (MTU - Maximum Transmission Unit).

Основні причини фрагментації:

- Різні MTU в різних мережевих сегментах
- Обмеження розміру пакета на певних типах фізичних середовищ (наприклад, HDLC)

Протокол HDLC (High-Level Data Link Control) - це протокол канального рівня, який використовується для передачі даних по послідовних каналах зв'язку. HDLC забезпечує надійну доставку кадрів через канал зв'язку, виконуючи операції кадрування, виявлення та виправлення помилок, а також керування потоком.

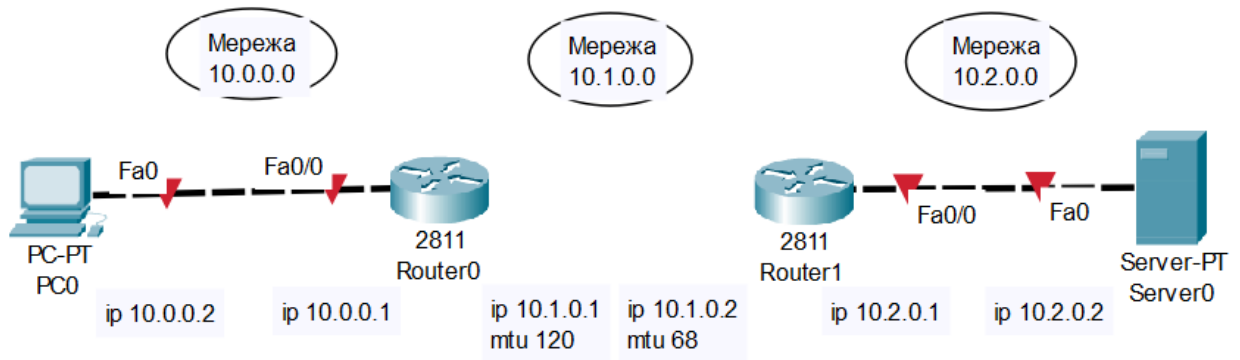
Протокол HDLC працює на канальному рівні моделі OSI. Він забезпечує передачу даних між пристроями у режимі точка-точка (Point-To-Point) або точка-багатоточка (Point-To-Multipoint). Останнім часом HDLC переважно застосовується в з'єднаннях точка-точка з використанням асинхронного збалансованого режиму (ABM).

Взаємодія пристроїв з послідовними інтерфейсами У мережі, де використовуються послідовні інтерфейси, один пристрій виступає як DCE (Data Communication Equipment), а інший як DTE (Data Terminal Equipment). DCE пристрій забезпечує тактову частоту для синхронізації передачі даних. Маршрутизатори Cisco, які обладнані послідовними інтерфейсами, за замовчуванням використовують протокол HDLC для інкапсуляції пакетів вищих рівнів, таких як IP, під час передачі по послідовних каналах.

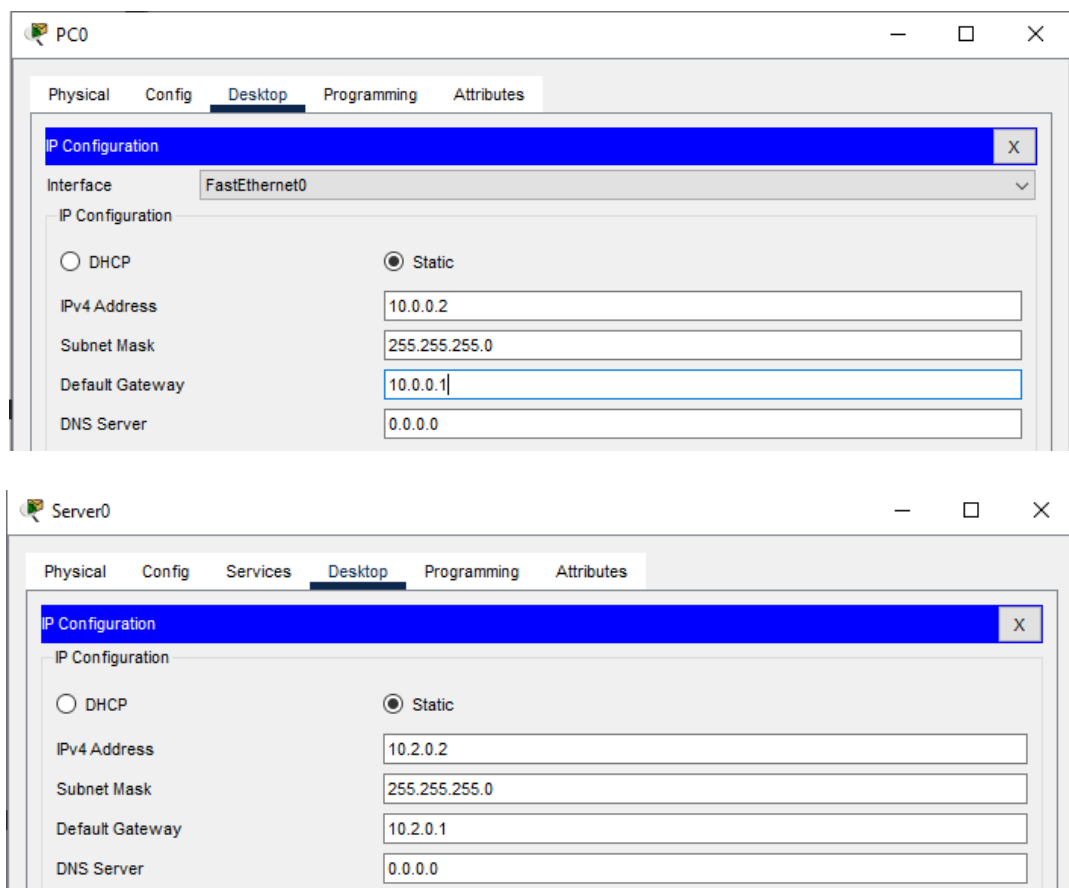
Порядок виконання роботи:

Побудова досліджуваної топології

Початковий стан мережі:



Налаштуємо мережеві пристрої згідно із заданими параметрами:

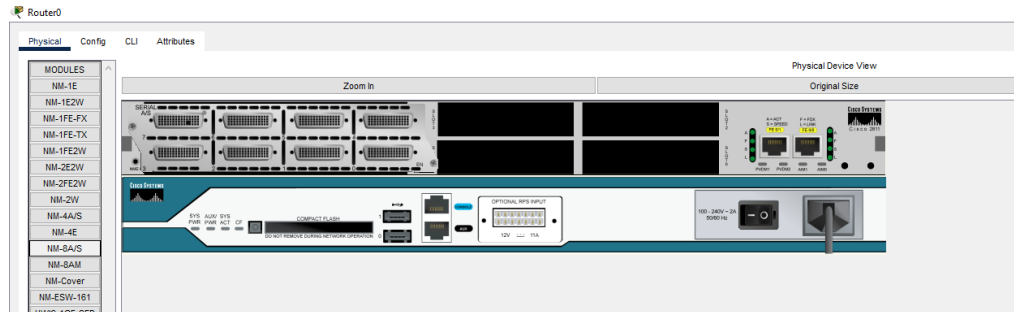


Налаштування маршрутизатора Router0:

Маршрутизатор Cisco 2811 в стандартній комплектації обладнаний двома інтерфейсами FastEthernet0/0 і FastEthernet0/1. Для побудови мережі із

заданою топологією необхідно ввести до складу маршрутизатора додатковий інтерфейсний модуль.

Вимкнемо маршрутизатор та встановимо модуль NM-8A/S:

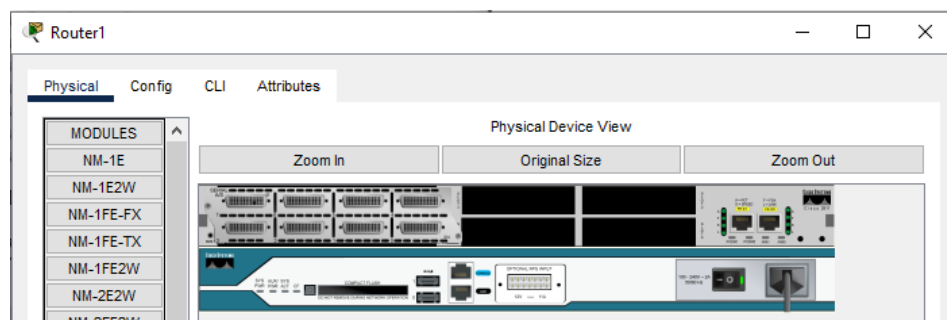


На маршрутизаторі Router0 в даній топології потрібно налаштувати два інтерфейси: FastEthernet0/0 і додатковий Serial1/0.

```
Router>enable
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#interface fa0/0
Router(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#do write
Building configuration...
[OK]
Router(config-if)#exit
Router(config)#interface ser1/0
Router(config-if)#ip address 10.1.0.1 255.255.255.0
Router(config-if)#mtu 120
%IPV6-3-MIN_MTU: The link MTU of Serial1/0 is below the 1280-byte minimum IPv6 link MTU.
IPv6 may not work correctly on this interface.
Router(config-if)#clock rate 64000
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#do write
Building configuration...
[OK]
Router(config-if)#exit
Router(config)#exit
Router#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
```

Налаштування на маршрутизаторі Router1 виконуємо аналогічно налаштуванням маршрутизатора Router0:

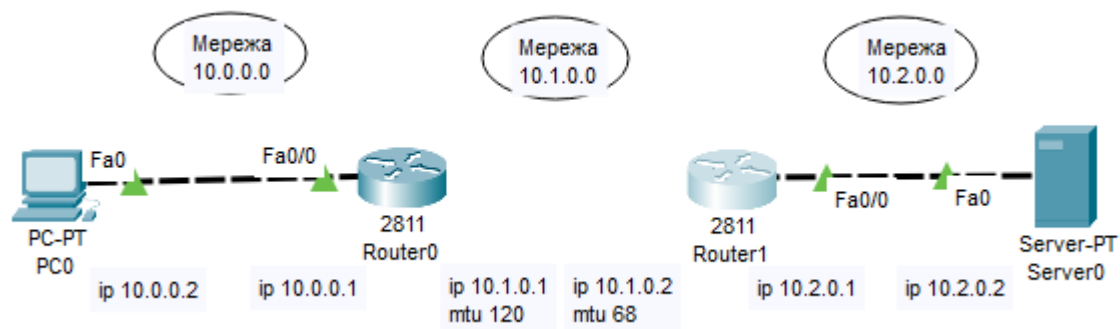
Вводимо до складу маршрутизатора додатковий модуль послідовного інтерфейсу NM-8A/S.



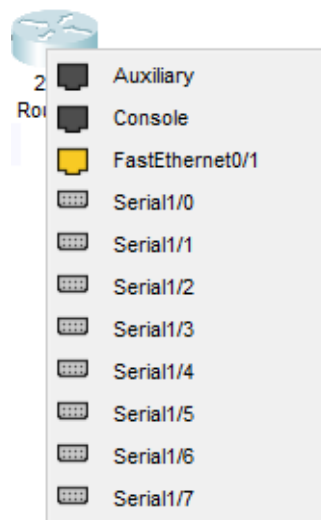
На маршрутизаторі Router1 в даній топології потрібно налаштувати два інтерфейси: FastEthernet0/0 і додатковий Serial1/0.

```
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#interface fa0/0
Router(config-if)#ip address 10.2.0.1 255.255.255.0
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#do write
Building configuration...
[OK]
Router(config-if)#exit
Router(config)#interface ser1/0
Router(config-if)#ip address 10.1.0.2 255.255.255.0
Router(config-if)#mtu 68
%IPV6-3-MIN_MTU: The link MTU of Serial1/0 is below the 1280-byte minimum IPv6 link MTU.
IPv6 may not work correctly on this interface.
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#do write
Building configuration...
[OK]
Router(config-if)#exit
Router(config)#exit
Router#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
```

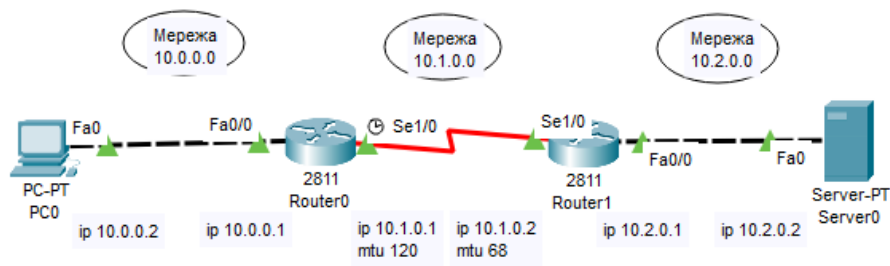
Вигляд мережі після налаштування маршрутизаторів:



Можемо побачити, що почали відображатися нові порти маршрутизаторів:



З'єднання нових портів маршрутизаторів:



Далі нам потрібно перевірити налаштування інтерфейсів маршрутизаторів:

```
Router>enable
Router#show ip interface brief
Interface                IP-Address      OK? Method Status        Protocol
FastEthernet0/0          10.0.0.1        YES manual    up            up
FastEthernet0/1          unassigned      YES NVRAM      administratively down down
Serial1/0                 10.1.0.1        YES manual    up            up
Serial1/1                unassigned      YES NVRAM      administratively down down
Serial1/2                unassigned      YES NVRAM      administratively down down
Serial1/3                unassigned      YES NVRAM      administratively down down
Serial1/4                unassigned      YES NVRAM      administratively down down
Serial1/5                unassigned      YES NVRAM      administratively down down
Serial1/6                unassigned      YES NVRAM      administratively down down
Serial1/7                unassigned      YES NVRAM      administratively down down
Vlan1                    unassigned      YES NVRAM      administratively down down
Router#
```

```
Router#show ip interface brief
Interface                IP-Address      OK? Method Status        Protocol
FastEthernet0/0          10.2.0.1        YES manual    up            up
FastEthernet0/1          unassigned      YES unset     administratively down down
Serial1/0                 10.1.0.2        YES manual    up            up
Serial1/1                unassigned      YES unset     administratively down down
Serial1/2                unassigned      YES unset     administratively down down
Serial1/3                unassigned      YES unset     administratively down down
Serial1/4                unassigned      YES unset     administratively down down
Serial1/5                unassigned      YES unset     administratively down down
Serial1/6                unassigned      YES unset     administratively down down
Serial1/7                unassigned      YES unset     administratively down down
Vlan1                    unassigned      YES unset     administratively down down
Router#
```

Оскільки в нашій топології є маршрутизатор наступної пересилки, то потрібно прописати статичний маршрут від маршрутизатора Router1 до мережі, в якій розташований PC0:

```
Router#
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#ip route 10.0.0.0 255.255.255.0 10.1.0.1
Router(config)#exit
Router#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

Router#show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, 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

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
S       10.0.0.0/24 [1/0] via 10.1.0.1
C       10.1.0.0/24 is directly connected, Serial1/0
L       10.1.0.2/32 is directly connected, Serial1/0
C       10.2.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
L       10.2.0.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0
Router#
```

Повертаємось до налаштувань маршрутизатора Router0 і прописуємо статичний маршрут від маршрутизатора Router0 до мережі, в якій розташований Server0:

```
Router>enable
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#ip route 10.2.0.0 255.255.255.0 10.1.0.2
Router(config)#exit
Router#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

Router#show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, 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

    10.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks
C       10.0.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
L       10.0.0.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0
C       10.1.0.0/24 is directly connected, Serial1/0
L       10.1.0.1/32 is directly connected, Serial1/0
S       10.2.0.0/24 [1/0] via 10.1.0.2

Router#
```

Налаштування топології досліджуваної мережі завершено. Можна впевнитися, що послідовний інтерфейс використовує HDLC на обох кінцях з'єднання по **замовчуванню**, та в тому, що один кінець з'єднання – це **DCE** (Data Communication Equipment), а інший – це **DTE** (Data Terminal Equipment).

Характеристика послідовних інтерфейсів:

```
Router#show interface ser1/0
Serial1/0 is up, line protocol is up (connected)
  Hardware is HD64570
  Internet address is 10.1.0.1/24
  MTU 120 bytes, BW 128 Kbit, DLY 20000 usec,
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
  Encapsulation HDLC, loopback not set, keepalive set (10 sec)
  Last input never, output never, output hang never
  Last clearing of "show interface" counters never
  Input queue: 0/75/0 (size/max/drops); Total output drops: 0
  Queueing strategy: weighted fair
  Output queue: 0/1000/64/0 (size/max total/threshold/drops)
    Conversations 0/0/256 (active/max active/max total)
    Reserved Conversations 0/0 (allocated/max allocated)
    Available Bandwidth 96 kilobits/sec
  5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
  5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
    0 packets input, 0 bytes, 0 no buffer
    Received 0 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
    0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort
    0 packets output, 0 bytes, 0 underruns
    0 output errors, 0 collisions, 1 interface resets
    0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
    0 carrier transitions
  DCD=up DSR=up DTR=up RTS=up CTS=up
```



```

Router#show interface sel/0
Serial1/0 is up, line protocol is up (connected)
  Hardware is HD64570
  Internet address is 10.1.0.2/24
  MTU 68 bytes, BW 128 Kbit, DLY 20000 usec,
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
  Encapsulation HDLC, loopback not set, keepalive set (10 sec)
  Last input never, output never, output hang never
  Last clearing of "show interface" counters never
  Input queue: 0/75/0 (size/max/drops); Total output drops: 0
  Queueing strategy: weighted fair
  Output queue: 0/1000/64/0 (size/max total/threshold/drops)
    Conversations 0/0/256 (active/max active/max total)
    Reserved Conversations 0/0 (allocated/max allocated)
    Available Bandwidth 96 kilobits/sec
  5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
  5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
    0 packets input, 0 bytes, 0 no buffer
    Received 0 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
    0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort
    0 packets output, 0 bytes, 0 underruns
    0 output errors, 0 collisions, 1 interface resets
    0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
    0 carrier transitions
  DCD=up DSR=up DTR=up RTS=up CTS=up

```

Характеристика мережевих пристроїв:

```

Router#
Router#show controllers sel/0
Interface Serial1/0
Hardware is PowerQUICC MPC860
DCE V.35, clock rate 64000
idb at 0x81081AC4, driver data structure at 0x81084AC0
SCC Registers:
General [GSMR]=0x2:0x00000000, Protocol-specific [PSMR]=0x8
Events [SCCE]=0x0000, Mask [SCCM]=0x0000, Status [SCCS]=0x00
Transmit on Demand [TODR]=0x0, Data Sync [DSR]=0x7E7E
Interrupt Registers:
Config [CICR]=0x00367F80, Pending [CIPR]=0x0000C000
Mask [CIMR]=0x00200000, In-srv [CISR]=0x00000000
Command register [CR]=0x580
Port A [PADIR]=0x1030, [PAPAR]=0xFFFF
  [PAODR]=0x0010, [PADAT]=0xCBFF
Port B [PBDIR]=0x09C0F, [PBPAR]=0x0800E
  [PBODR]=0x00000, [PBDAT]=0x3FFFD
Port C [PCDIR]=0x00C, [PCPAR]=0x200
  [PCSO]=0xC20, [PCDAT]=0xDF2, [PCINT]=0x00F
Receive Ring
  rmd(68012830): status 9000 length 60C address 3B6DAC4
  rmd(68012838): status B000 length 60C address 3B6D444
Transmit Ring
  tmd(680128B0): status 0 length 0 address 0
  tmd(680128B8): status 0 length 0 address 0
  tmd(680128C0): status 0 length 0 address 0
  tmd(680128C8): status 0 length 0 address 0
  tmd(680128D0): status 0 length 0 address 0
  tmd(680128D8): status 0 length 0 address 0
  tmd(680128E0): status 0 length 0 address 0
  tmd(680128E8): status 0 length 0 address 0
  tmd(680128F0): status 0 length 0 address 0
  tmd(680128F8): status 0 length 0 address 0
  tmd(68012900): status 0 length 0 address 0
  tmd(68012908): status 0 length 0 address 0
  tmd(68012910): status 0 length 0 address 0
  tmd(68012918): status 0 length 0 address 0
  tmd(68012920): status 0 length 0 address 0
  tmd(68012928): status 2000 length 0 address 0
tx_limited=1(2)

```

```

Router#show controllers ser/0
Interface Serial1/0
Hardware is PowerQUICC MPC860
DTE V.35 TX and RX clocks detected
idb at 0x81081AC4, driver data structure at 0x81084AC0
SCC Registers:
General [GSMR]=0x2:0x00000000, Protocol-specific [PSMR]=0x8
Events [SCCE]=0x0000, Mask [SCCM]=0x0000, Status [SCCS]=0x00
Transmit on Demand [TODR]=0x0, Data Sync [DSR]=0x7E7E
Interrupt Registers:
Config [CICR]=0x00367F80, Pending [CIPR]=0x0000C000
Mask [CIMR]=0x00200000, In-srv [CISR]=0x00000000
Command register [CR]=0x580
Port A [PADIR]=0x1030, [PAPAR]=0xFFFF
[PAODR]=0x0010, [PADAT]=0xCBFF
Port B [PBDIR]=0x09C0F, [PBPAR]=0x0800E
[PBODR]=0x00000, [PBDAT]=0x3FFFD
Port C [PCDIR]=0x00C, [PCPAR]=0x200
[PCSO]=0xC20, [PCDAT]=0xDF2, [PCINT]=0x00F
Receive Ring
rmd(68012830): status 9000 length 60C address 3B6DAC4
rmd(68012838): status B000 length 60C address 3B6D444
Transmit Ring
tmd(680128B0): status 0 length 0 address 0
tmd(680128B8): status 0 length 0 address 0
tmd(680128C0): status 0 length 0 address 0
tmd(680128C8): status 0 length 0 address 0
tmd(680128D0): status 0 length 0 address 0
tmd(680128D8): status 0 length 0 address 0
tmd(680128E0): status 0 length 0 address 0
tmd(680128E8): status 0 length 0 address 0
tmd(680128F0): status 0 length 0 address 0
tmd(680128F8): status 0 length 0 address 0
tmd(68012900): status 0 length 0 address 0
tmd(68012908): status 0 length 0 address 0
tmd(68012910): status 0 length 0 address 0
tmd(68012918): status 0 length 0 address 0
tmd(68012920): status 0 length 0 address 0
tmd(68012928): status 2000 length 0 address 0

tx_limited=1(2)

```

Налаштування послідовних інтерфейсів створили умови для демонстрації процесу фрагментації IP-дейтаграм на маршрутизаторах Router0 та Router1.

Аналіз процесу фрагментації на маршрутизаторах при виконанні команди ping на комп'ютері PC0.

```

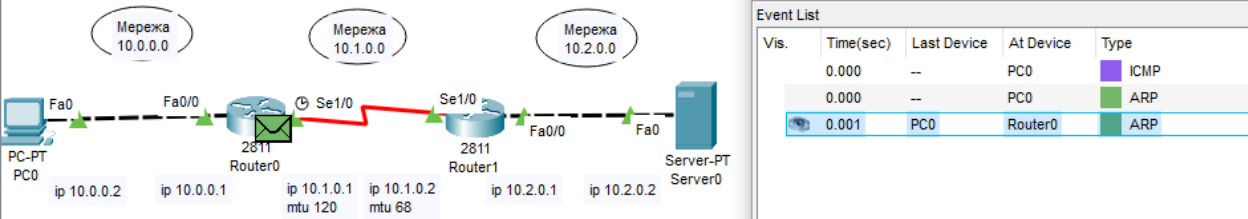
C:\>ping 10.2.0.2 -n 1

Pinging 10.2.0.2 with 32 bytes of data:

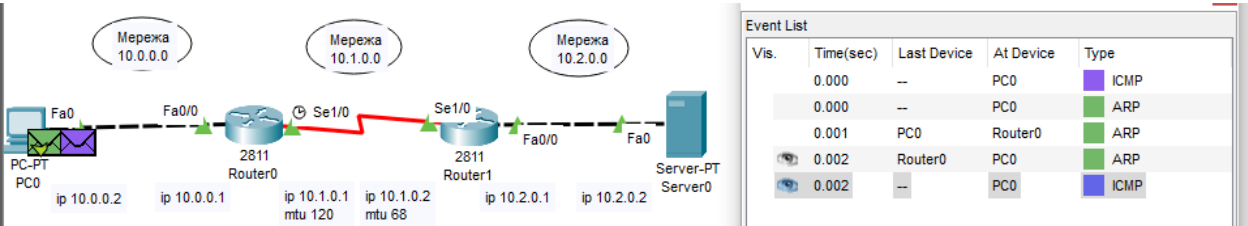
```

Simulation Panel				
Event List				
Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC0	ICMP
	0.000	--	PC0	ARP

Отже, на початку симуляції пристрій PC0 надсилає ICMP-повідомлення та ARP-запит. Це може процес ping, який ініціюється на PC0 для зв'язку з іншим пристроєм у мережі.

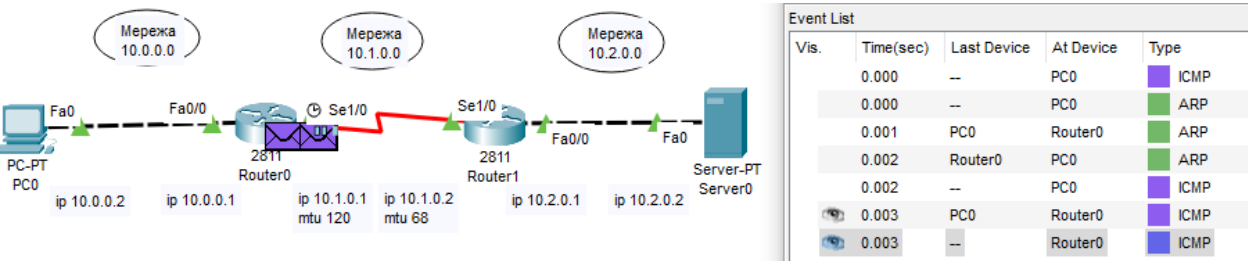


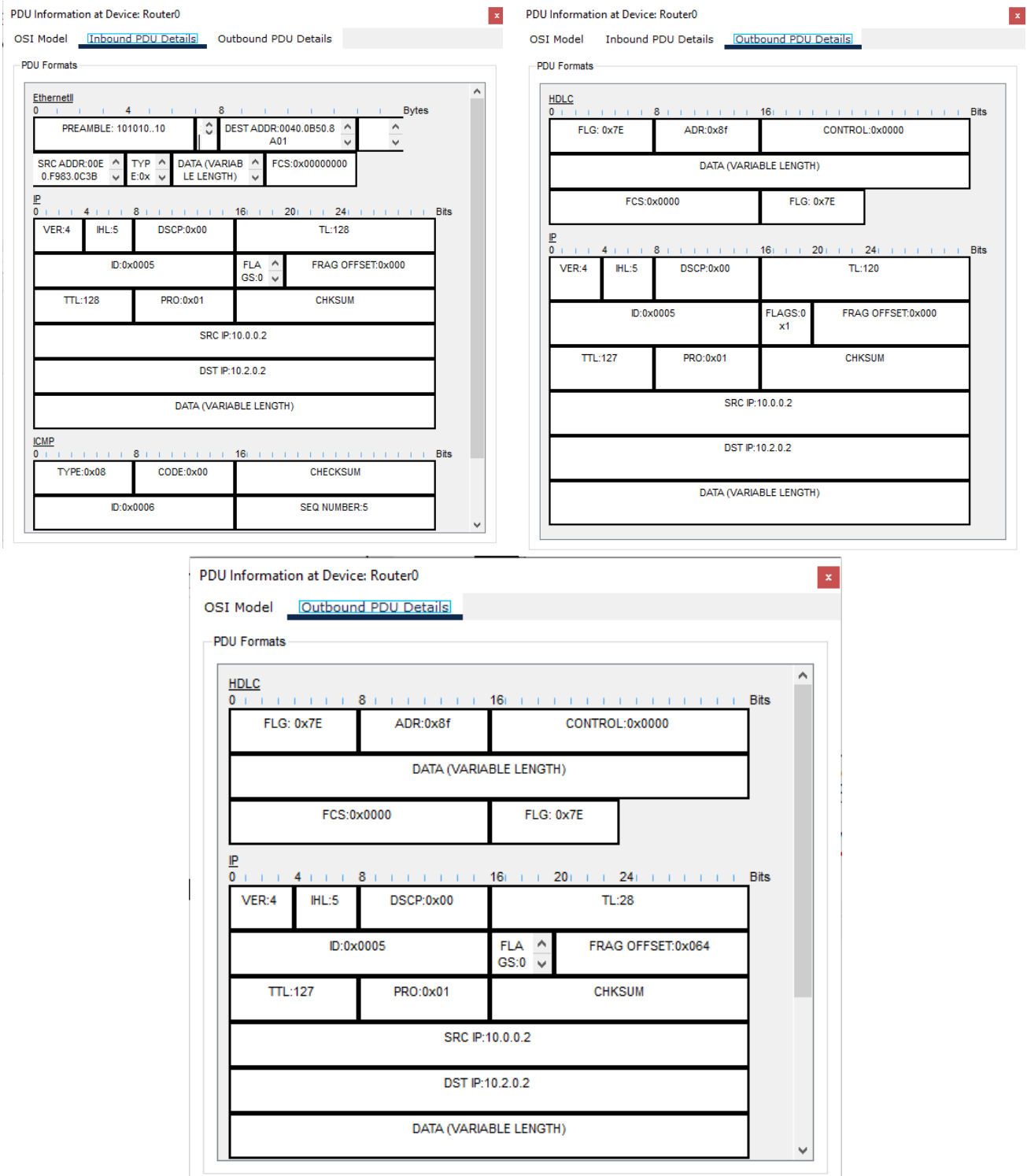
Ця подія показує, що пристрій PC0 надсилає ARP-запит до маршрутизатора Router0. Це означає, що PC0 намагається визначити MAC-адресу маршрутизатора Router0, щоб мати можливість надсилати дані через нього. ARP-запит - це стандартний механізм, який використовується для визначення MAC-адреси пристрою за його IP-адресою.



Ця подія показує, що маршрутизатор Router0 надсилає ARP-відповідь до пристрою PC0, повідомляючи свою MAC-адресу. Пристрій PC0 надсилає ICMP-відповідь на попередній ICMP-запит.

Фрагментація на Router0:

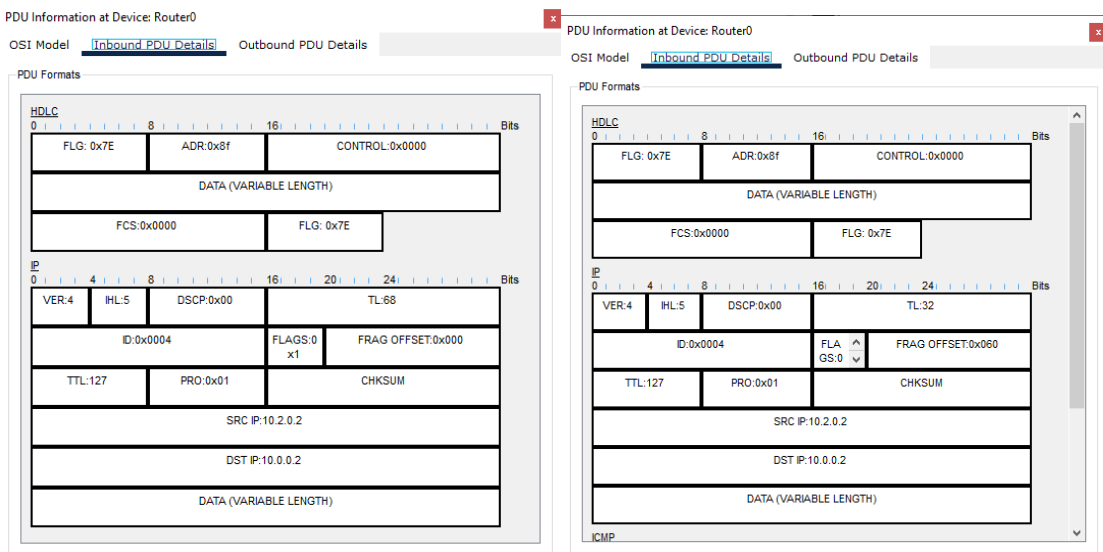




Довжина IP-дейтаграми, що надійшла на інтерфейс fa0/0 Router0 128 байтів, а MTU інтерфейсу se1/0 дорівнює 120. Фрагментація дозволена (біт DF=0 у заголовку IP), тому дейтаграма фрагментується: створюються два IPфрагменти розміром 120 байтів і 28 байтів. Це вже окремі HDLC-кадри. На маршрутизаторі Router1 відбувається «перетворення» кадрів HDLC в кадри

Ethernet. Далі Ethernet-кадри, в яких інкапсульовані фрагменти, надходять на інтерфейс fa0/0 сервера Server0. Відбувається зборка фрагментів.

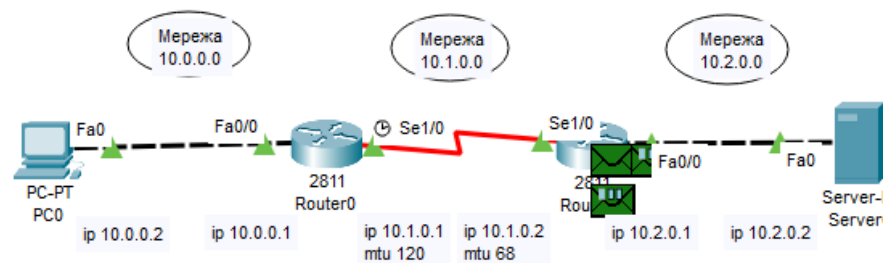
У відповідь, на мережевому рівні на Server0 створюється дейтаграма довжиною 128 байтів. Коли кадр, в якому інкапсульована ця дейтаграма, на маршрутизаторі Router1 передається на його послідовний інтерфейс se1/0, у якого IP MTU=68, дейтаграма фрагментується – утворюються три фрагменти розміром 68, 68 і 32 байти. Ці фрагменти інкапсуюються в HDLC-кадри і надсилаються на Router0.



Маршрутизатор Router0 «перетворює» кадри HDLC в кадри Ethernet і надсилає їх комп'ютеру PC0.

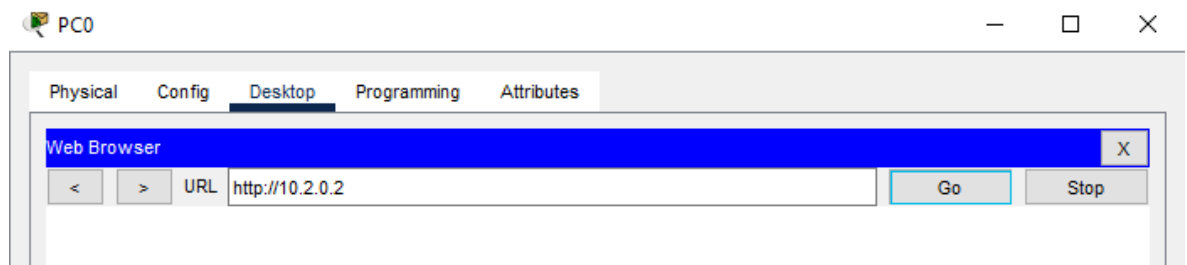
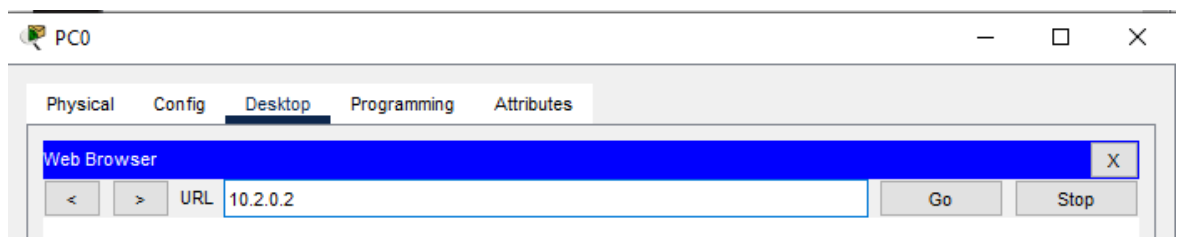
Event List				
Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC0	ARP
	0.001	PC0	Router0	ARP
	0.002	Router0	PC0	ARP
	0.002	--	PC0	ICMP
	0.003	PC0	Router0	ICMP
	0.003	--	Router0	ICMP
	0.004	Router0	Router1	ICMP
	0.004	--	Router0	ICMP
	0.005	Router0	Router1	ICMP
	0.005	Router1	Server0	ICMP
	0.006	Router1	Server0	ICMP
	0.006	--	Server0	ARP
	0.007	Server0	Router1	ARP
	0.008	Router1	Server0	ARP
	0.008	--	Server0	ICMP
	0.009	Server0	Router1	ICMP
	0.009	--	Router1	ICMP
	0.009	--	Router1	ICMP
	0.010	Router1	Router0	ICMP
	0.010	--	Router1	ICMP
	0.011	Router1	Router0	ICMP
	0.011	Router0	PC0	ICMP

Фрагментація ICMP-кадру на Router1:



Аналіз процесу фрагментації на маршрутизаторах при виконанні HTTP-запиту до Web-сервера на Server0.

Перейдемо у режим симуляції. Активізуємо службу HTTP на сервері. Перейдімо на вкладку Desktop і запусимо Web Brouther. В адресному рядку URL вкажемо IP-адресу Server0: 10.2.0.2 і натиснемо кнопку Go.



Simulation Panel				
Event List				
Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC0	TCP
	0.000	--	PC0	ARP
	0.001	PC0	Router0	ARP
	0.002	Router0	PC0	ARP
	0.002	--	PC0	TCP
	0.003	PC0	Router0	TCP
	0.004	Router0	Router1	TCP
	0.005	Router1	Server0	TCP
	0.005	--	Server0	ARP
	0.006	Server0	Router1	ARP
	0.007	Router1	Server0	ARP
	0.007	--	Server0	TCP
	0.008	Server0	Router1	TCP
	0.009	Router1	Router0	TCP
	0.010	Router0	PC0	TCP

На зображенні можна побачити, як взаємодіють протоколи TCP і ARP при покроковому встановленні з'єднання з сервером Server0.

Після встановлення з'єднання з Server0 відбувається пересилання пакету протоколу HTTP від PC0 до Server0. Кадр, в якому інкапсульований пакет HTTP, проходить через маршрутизатор Router0, змінюючи при цьому заголовок канального рівня з EthernetII на HDLC.

Далі цей кадр проходить через маршрутизатор Router1, заголовок HDLC замінюється на заголовок EthernetII і кадр доставляється на Server0.

The figure displays two side-by-side network packet analysis windows, likely from Wireshark, showing the details of an inbound packet from Router0. The left window shows the 'Inbound PDU Details' tab, and the right window shows the 'Outbound PDU Details' tab.

Left Window (Inbound PDU Details):

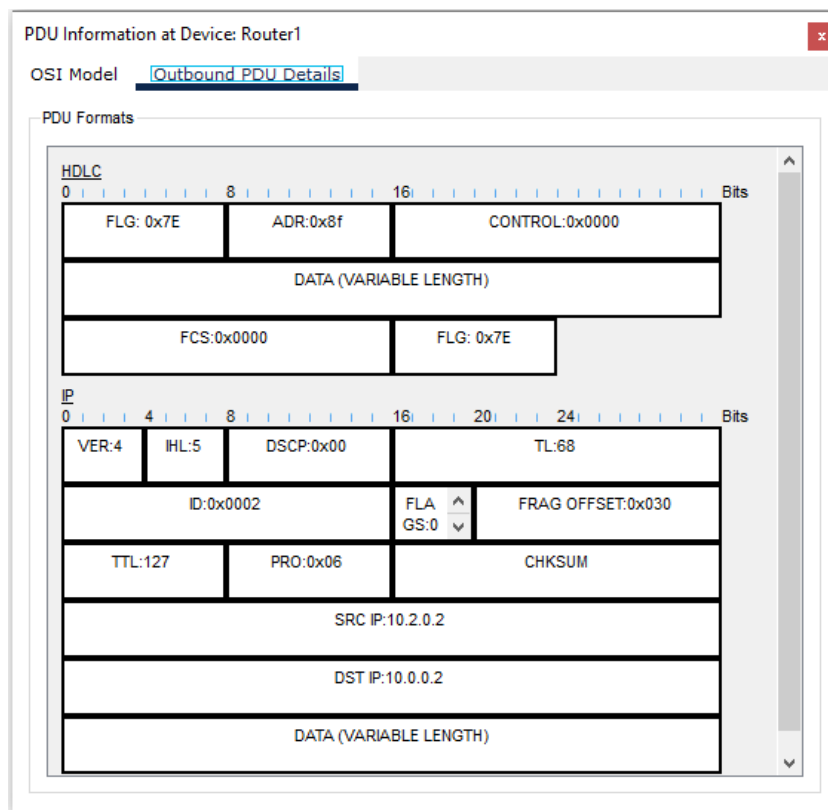
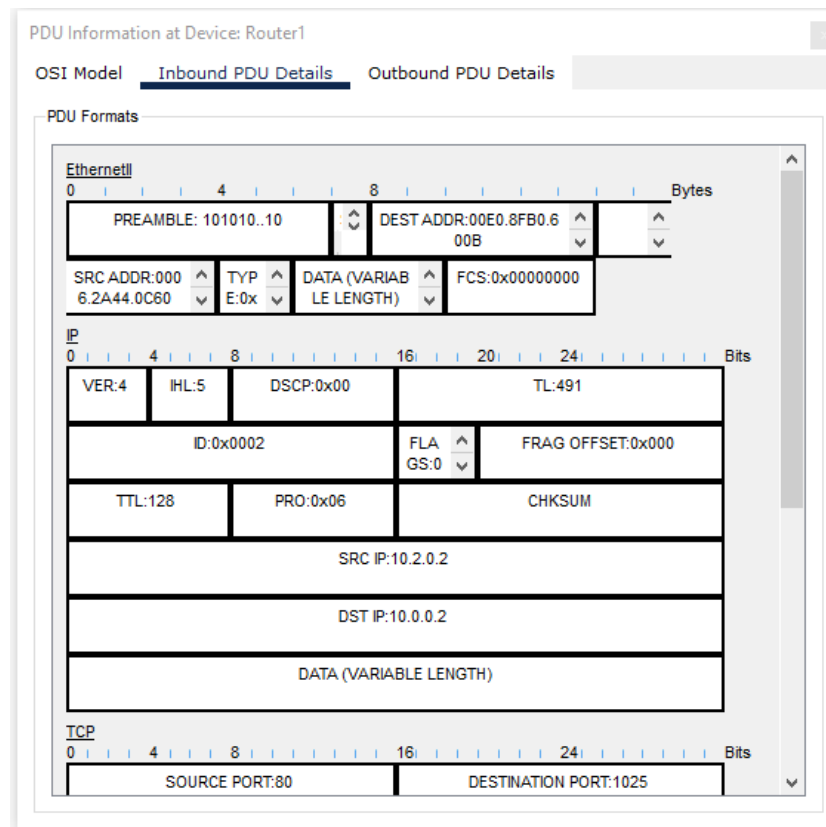
- Ethernet II:** Preamble: 101010...10, Destination Address: 0040.0B50.8A01, Source Address: 00E0.F983.0C3B, Type: E:0x, Data Length: (Variable Length), FCS: 0x00000000.
- IP:** Version: 4, IHL: 5, DSCP: 0x00, Total Length: 117, ID: 0x0006, Flags: 0, Fragment Offset: 0x000, TTL: 128, Protocol: 0x06, Checksum: (Variable Length), Source IP: 10.0.0.2, Destination IP: 10.2.0.2, Data Length: (Variable Length).
- TCP:** Source Port: 1026, Destination Port: 80.

Right Window (Outbound PDU Details):

- HDLC:** Flag: 0x7E, Address: 0x8f, Control: 0x0000, Data Length: (Variable Length), FCS: 0x0000, Flag: 0x7E.
- IP:** Version: 4, IHL: 5, DSCP: 0x00, Total Length: 117, ID: 0x0006, Flags: 0, Fragment Offset: 0x000, TTL: 127, Protocol: 0x06, Checksum: (Variable Length), Source IP: 10.0.0.2, Destination IP: 10.2.0.2, Data Length: (Variable Length).
- TCP:** Source Port: 1026, Destination Port: 80.

У відповідь Server0 надсилає на Router1 кадр з інкапсульованим HTTP пакетом розміром 491 байт, що значно перевищує MTU інтефейсу se1/0 маршрутизатора. Тому маршрутизатор виконує фрагментацію: дейтаграма розбивається на 10 фрагментів, довжина яких не перевищує 68 байтів.

[illegible]

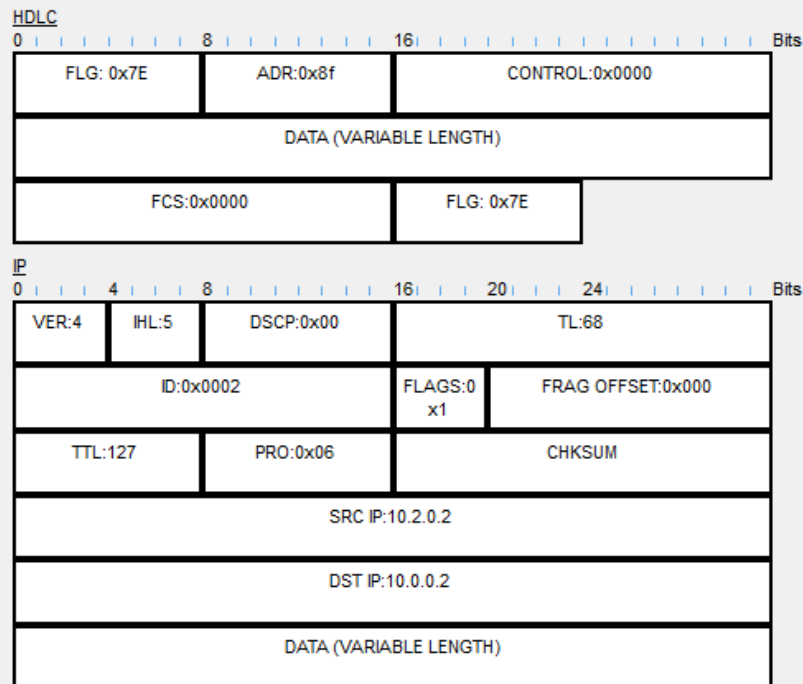


Ці фрагменти інкапсулюються в HDLC кадри і надсилаються маршрутизатору Router0. На маршрутизаторі відбувається заміна заголовків HDLC на заголовки EthernetII і всі фрагменти надходять на комп'ютер PC0, де відбувається збирання первинної дейтаграми.

PDU Information at Device: Router0

OSI Model [Inbound PDU Details](#) [Outbound PDU Details](#)

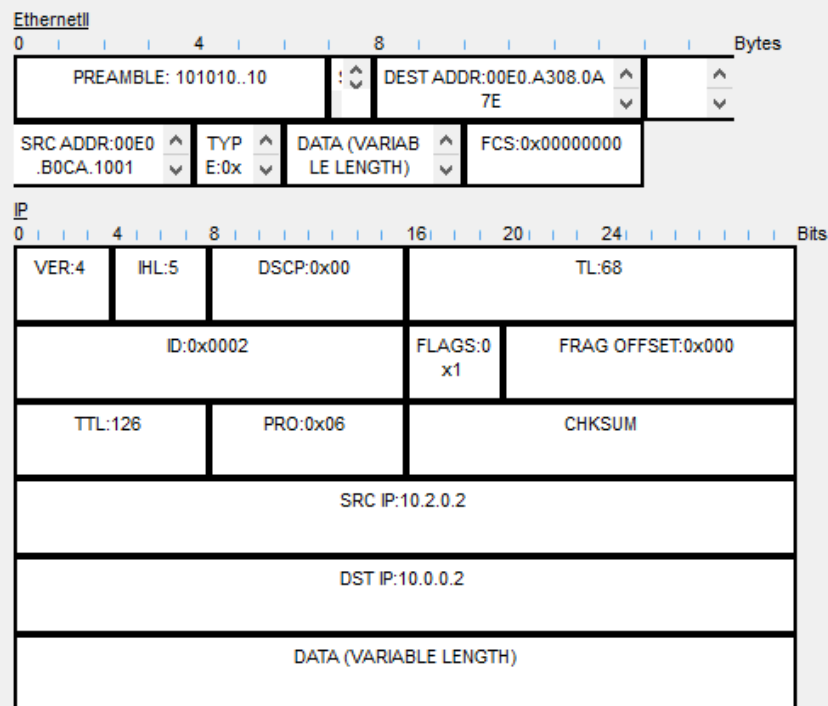
PDU Formats



PDU Information at Device: Router0

OSI Model [Inbound PDU Details](#) [Outbound PDU Details](#)

PDU Formats

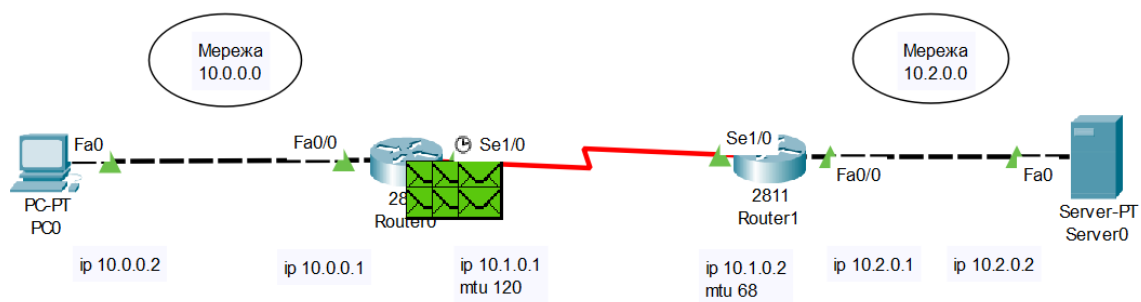


Аналіз процесу фрагментації на маршрутизаторах при виконанні команди ping на маршрутизаторі

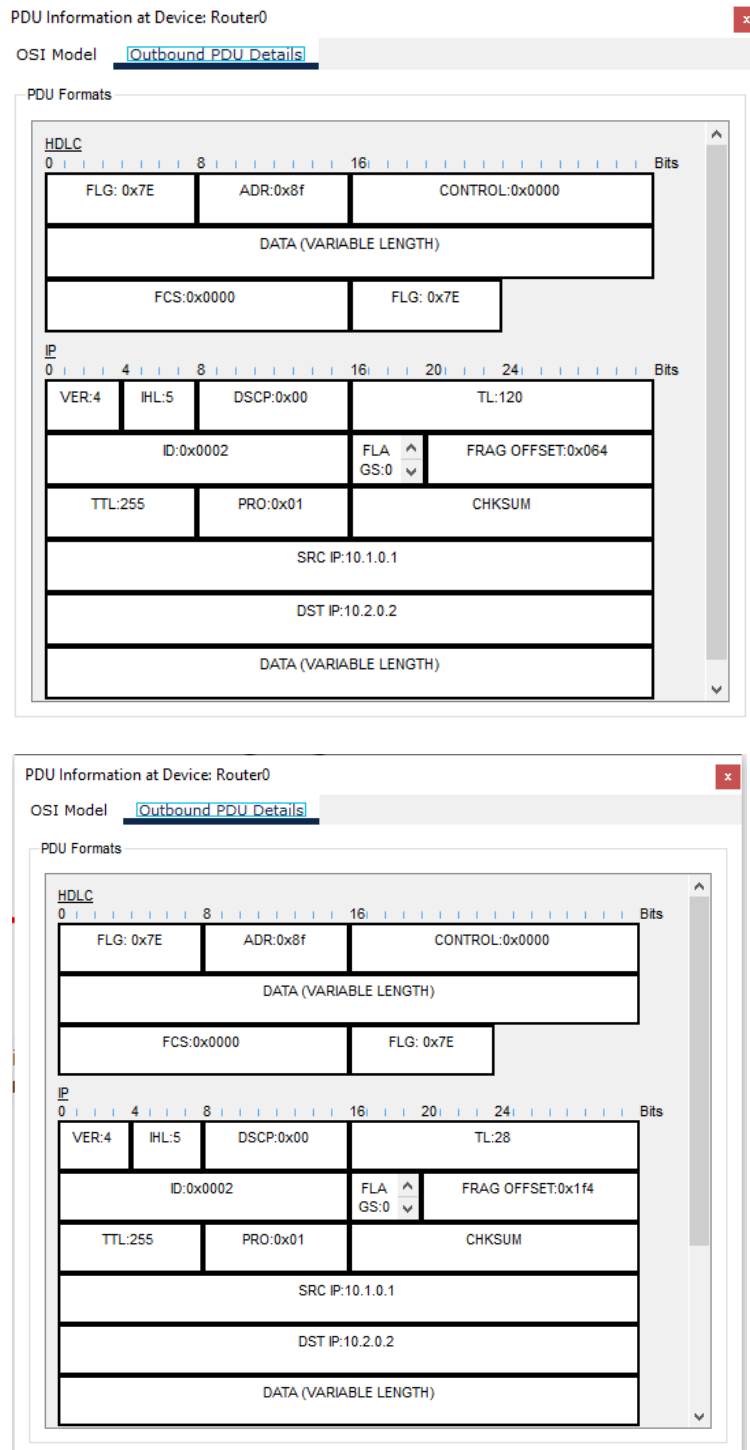
Перейдемо у режим симуляції. На маршрутизаторі Router0 перейдемо на вкладку „CLI“(„Інтерфейс командного рядка“) і виконаємо розширену команду ping. Параметри для команди ping вводяться в діалоговому режимі.

```
Router>enable
Router#ping
Protocol [ip]:
Target IP address: 10.2.0.2
Repeat count [5]: 1
Datagram size [100]: 500
Timeout in seconds [2]:
Extended commands [n]:
Sweep range of sizes [n]:
Type escape sequence to abort.
Sending 1, 500-byte ICMP Echos to 10.2.0.2, timeout is 2 seconds:
```

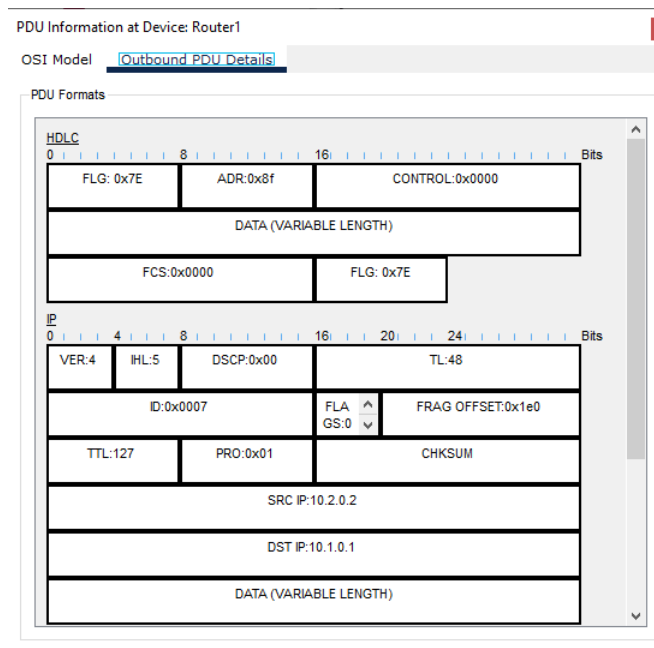
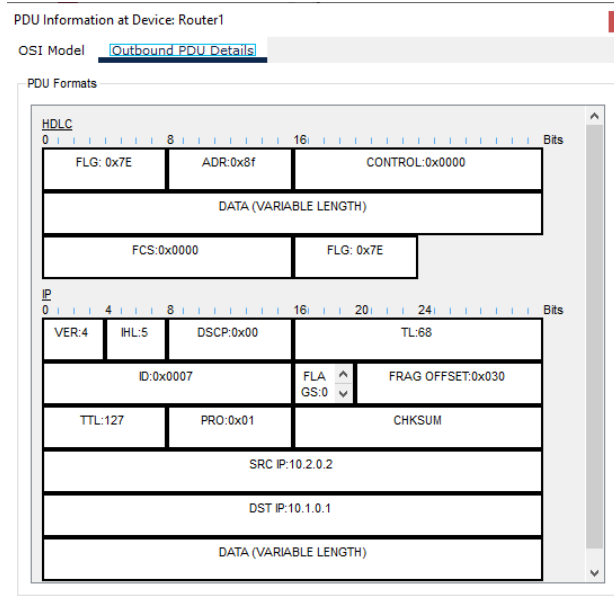
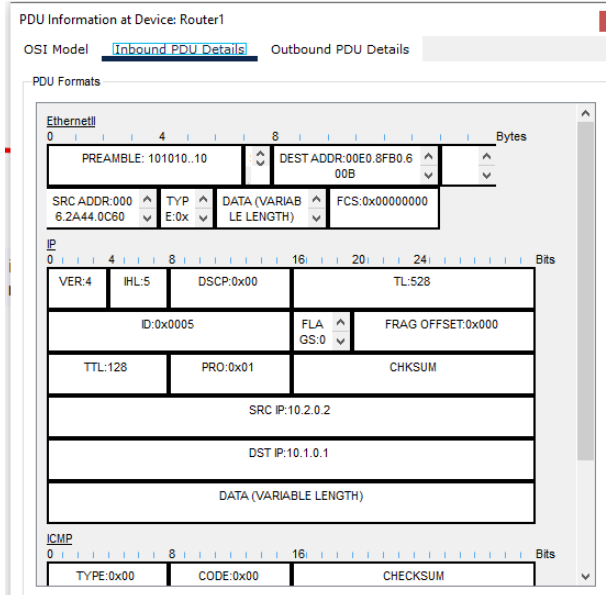
vis.	time(sec)	Last Device	At Device	type
	0.000	--	Router0	ICMP
	0.000	--	Router0	ICMP
	0.000	--	Router0	ICMP
	0.000	--	Router0	ICMP
	0.000	--	Router0	ICMP
	0.000	--	Router0	ICMP
	0.001	Router0	Router1	ICMP
	0.001	--	Router0	ICMP



Після встановлення з'єднання Router0 одразу розбиває пакет 528 байт на 6 пакетів, де 5 по 120 байт і 1 пакет 28 байт. Ці фрагменти інкапсулюються в HDLC кадри і надсилаються маршрутизатору Router1, а роутер в свою чергу змінює заголовок на EthernetII і надсилає їх серверу.



Після того, як сервер отримав усі фрагменти та зібрав повний пакет, він формує відповідь розміром 528 байт із заголовком EthernetII і надсилає її на Router1. Маршрутизатор розбиває цю відповідь на 10 фрагментів: 9 фрагментів по 68 байт і один фрагмент розміром 48 байт. Потім усі ці фрагменти інкапсулюються в HDLC-кадри і передаються до Router0.



Seq	Source	Destination	Protocol
0.010	Server0	Router1	ICMP
0.010	--	Router1	ICMP
0.010	--	Router1	ICMP
0.010	--	Router1	ICMP
0.010	--	Router1	ICMP
0.010	--	Router1	ICMP
0.010	--	Router1	ICMP
0.010	--	Router1	ICMP
0.010	--	Router1	ICMP
0.010	--	Router1	ICMP
0.011	Router1	Router0	ICMP
0.011	--	Router1	ICMP
0.012	Router1	Router0	ICMP
0.012	--	Router1	ICMP
0.013	Router1	Router0	ICMP
0.013	--	Router1	ICMP
0.014	Router1	Router0	ICMP

Висновок:

У ході виконання лабораторної роботи було досліджено процеси фрагментації IP-дейтаграм при взаємодії мережевих пристроїв через послідовні інтерфейси маршрутизаторів із використанням протоколу HDLC.

Було побудовано топологію мережі, налаштовано маршрутизатори Router0 та Router1, а також перевірено процес маршрутизації трафіку між пристроями. Проведені експерименти показали, що при передачі даних через інтерфейси з різним значенням MTU відбувається автоматична фрагментація IP-дейтаграм, що підтверджується аналізом кадрів у режимі симуляції Cisco Packet Tracer.

Дослідження процесів ICMP-запитів та HTTP-трафіку дозволило простежити зміну заголовків EthernetII та HDLC на різних етапах передавання даних, а також механізм збирання фрагментованих дейтаграм на кінцевих пристроях. Це демонструє важливість правильного налаштування послідовних інтерфейсів та розуміння принципів роботи мережевих протоколів.

Отже, виконана робота дозволила засвоїти принципи маршрутизації та фрагментації IP-дейтаграм, а також отримати практичні навички аналізу мережевого трафіку в середовищі Cisco Packet Tracer.