

Лабораторна робота № 3

НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПОСЛІДОВНИХ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ У МЕРЕЖІ НА БАЗІ ОБЛАДНАННЯ CISCO

Мета заняття: ознайомитися з особливостями функціонування та налагодження послідовних каналів зв'язку глобальних мереж; налагодити функціонування послідовних з'єднань глобальних мереж із використанням протоколів HDLC та PPP на базі обладнання Cisco; дослідити процеси передачі даних та особливості функціонування обладнання у побудованій мережі.

Теоретичні відомості

Загальні відомості про застосування послідовних каналів зв'язку у мережах, побудованих на базі обладнання Cisco

Послідовний двоточковий канал зв'язку між маршрутизаторами Cisco будується за типовою схемою, що наведена на рис. 1, а. В лабораторних умовах для побудових тестових та навчальних стендів використовується спрощена схема, наведена на рис. 1, б. Кабельні з'єднання між DTE та DCE-пристроями є з'єднаннями стандартів V.35, X.21, EIA/TIA-232, EIA/TIA-449, EIA-530 (TIA-530-A), EIA-612/613 (HSSI, High-Speed Serial Interface). Вибір з'єднувальних кабелів здійснюється за даними технічної документації залежно від стандартів та ролей (DTE чи DCE) відповідних послідовних інтерфейсів пристроїв. Як протоколи каналного рівня, як правило, використовуються загальноновживані протоколи HDLC та PPP.

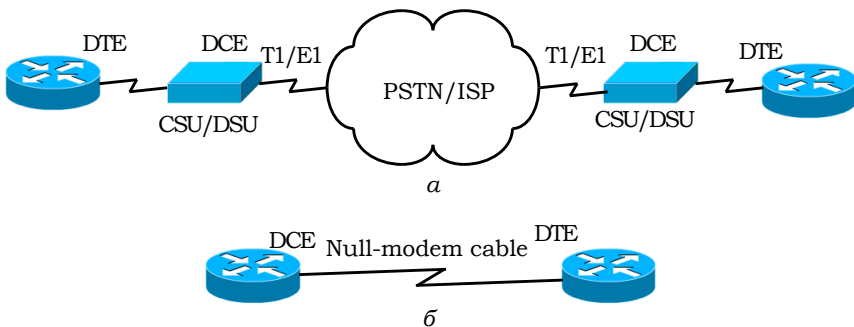


Рис. 1. Схеми побудови послідовного двоточкового каналу зв'язку

Порядок налагодження інтерфейсів послідовних каналів зв'язку у мережах, побудованих на базі обладнання Cisco

Налагодження функціонування послідовного інтерфейсу маршрутизатора Cisco для формування каналу зв'язку за рекомендаціями виробника передбачає такі етапи:

1. Вибрати та активувати послідовний інтерфейс (обов'язково).
2. Встановити тип інтерфейсу (DCE чи DTE). Для інтерфейсу DCE встановити параметри синхронізації (обов'язково).
3. Налогодити додаткові параметри функціонування каналу (не обов'язково).
4. Налогодити протокол інкапсуляції каналного рівня та додаткові параметри його функціонування (не обов'язково).
5. Присвоїти інтерфейсу IP-адресу та маску підмережі (обов'язково).

Команди налагодження послідовних каналів зв'язку у мережах, побудованих на базі обладнання Cisco

Оскільки послідовні інтерфейси маршрутизаторів Cisco використовуються у багатьох технологіях та протоколах фізичного і каналного рівнів моделі OSI, то для їх налагодження використовується достатньо великий набір команд, пов'язаних із різними аспектами функціонування того чи іншого протоколу або технології. Частина команд також використовується для налагодження певних параметрів, що належать до мережного рівня моделі OSI. Найбільш уживаними є команди: **interface**, **clock rate**, **description**, **ip address**, **shutdown**. Частовживаними є команди, що стосуються налагодження параметрів протоколів каналного рівня інтерфейсів, зокрема команда вибору протоколу **encapsulation** та команди, які стосуються певних протоколів, – наприклад, похідні команди від команди **ppp**. Серед команд, які досить часто використовуються, слід згадати команди, що стосуються налагодження параметрів інтерфейсів: **keepalive**, **serial restart-delay**, **compress**, **crc**, **mtu**. Команди, які можуть використовуватися для впливу на розрахунок метрик протоколів маршрутизації: **bandwidth**, **delay**.

Для вибору інтерфейсу використовується команда **interface**. Команда **clock rate** призначена для налаштування частоти тактових імпульсів на одному (типу DCE) з пари інтерфейсів, що формують

прямий двоточковий послідовний канал між двома пристроями (з'єднання типу „нуль-модем”). У разі підключення маршрутизатора через DCE-пристрій (наприклад, CSU/DSU) команда не виконується, оскільки синхронізація здійснюється провайдером послуг. Команда **description** призначена для опису інтерфейсу, використовується з метою полегшення аналізу результатів виведення команд при адмініструванні. Команда **ip address** призначена для присвоєння IP-адреси інтерфейсові.

Команда **encapsulation** призначена для налагодження протоколу канального рівня на інтерфейсі. За замовчуванням на послідовних інтерфейсах налагоджено використання протоколу HDLC. Команда **ppp** та похідні від неї команди призначені для налагодження додаткових параметрів функціонування протоколу PPP (аутентифікація, шифрування, багатоканальність та ін.).

За допомогою команди **keepalive** зазначають інтервал, протягом якого маршрутизатор буде очікувати перед тим, як відправити через інтерфейс повідомлення про перевірку зв'язку для визначення, чи працює інтерфейс на іншому кінці послідовного каналу. Командою **serial restart-delay** встановлюють інтервал перезапуску інтерфейсу. Команда **compress** призначена для налагодження стиснення трафіка, який передається через інтерфейс. За допомогою команди **crc** змінюють довжину поля, що містить контрольну суму кадру. Командою **mtu** вказуються MTU інтерфейсу, це значення слід змінювати для оптимізації продуктивності мережі, наприклад, для каналів із великими втратами його необхідно зменшувати.

Команда **bandwidth** призначена для встановлення значення пропускної здатності, що використовується при обчисленні метрик маршрутів у протоколах маршрутизації, команда не встановлює швидкість передачі даних інтерфейсу і не впливає на фактичну швидкість передачі даних по каналу зв'язку. Команда **delay** призначена для встановлення значення затримки на інтерфейсі, це значення використовується при обчисленні метрик у деяких протоколах маршрутизації, команда не встановлює фізичних параметрів затримки на інтерфейсі.

Синтаксис команди **interface** (режим глобального конфігурування):

interface *interface-type interface-id*,

де *interface-type* – тип інтерфейсу, для послідовних з'єднань набуває значення **Serial**;

interface-id – ідентифікатор інтерфейсу, може мати одночислове позначення *number* (номер інтерфейсу), двочислове позначення *module/number* (номер модуля (адаптера)/номер інтерфейсу), тричислове позначення *slot/module/number* (номер слоту/номер модуля (адаптера)/ номер інтерфейсу);

Синтаксис команди **bandwidth** (режим конфігурування інтерфейсу):

bandwidth *bw_value*,

де *bw_value* – значення пропускної здатності в Кбіт/с, за замовчуванням залежить від типу інтерфейсу.

Синтаксис команди **clock rate** (режим конфігурування інтерфейсу):

clock rate *bps_value*,

де *bps_value* – значення частоти тактових імпульсів (біт/с), може набувати значень 1200, 2400, 4800, 9600, 19 200, 38400, 56000, 64000, 72000, 125000, 148000, 500000, 800000, 1000000, 1300000, 2000000, 4000000; за замовчуванням не зазначається.

Синтаксис команди **delay** (режим конфігурування інтерфейсу):

delay *delay_value*,

де *delay_value* – значення затримки на інтерфейсі в десятках мілісекунд, за замовчуванням залежить від типу інтерфейсу.

Синтаксис команди **description** (режим конфігурування інтерфейсу):

description *text-line*,

де *text-line* – тестовий рядок опису інтерфейсу (до 240 символів).

Синтаксис команди **encapsulation** (режим конфігурування інтерфейсу):

encapsulation *type { commands ... }*,

де *type* – параметр, який зазначає протокол або технологію інкапсуляції каналного рівня, може набувати значень **atm-dxi**, **bstun**, **frame-relay**, **hdlc**, **lapb**, **ppp**, **sdlc**, **sdlc-primary**, **sdlc-secondary**, **smds**, **stun**, **x25**;

commands – додаткові параметри, залежно від протоколу або технології.

Синтаксис команди **ip address** (режим конфігурування інтерфейсу):

ip address *IP-address network_mask*,

де *IP-address* – IP-адреса у десятковому записі;

network_mask – маска мережі, записана у звичайній формі.

Синтаксис команди **mtu** (режим конфігурування інтерфейсу):

mtu *mtu_value*,

де *mtu_value* – значення MTU у байтах, число з діапазону 64 ... 17940; значення за замовчуванням залежить від технології або протоколу каналного рівня.

Синтаксис команди **compress** (режим конфігурування інтерфейсу):

compress { **stac** | **predictor** | **lzs** | **mppc** },

де **stac** – тип стиснення, який використовує більше пропускну здатності, але менше процесорного часу і пам'яті маршрутизатора (використовується для з'єднань як протоколу PPP, так і HDLC);

predictor – тип стиснення, який використовує більше процесорного часу і пам'яті маршрутизатора, але менше пропускну здатності (використовується для з'єднань протоколу PPP);

lzs – тип стиснення, який базується на алгоритмі LZS (використовується для з'єднань протоколу PPP);

mppc – тип стиснення, який базується на алгоритмі MPPC (Microsoft Point-to-Point Compression) (використовується для з'єднань протоколу PPP).

Синтаксис команди **crc** (режим конфігурування інтерфейсу):

crc *crc_value*,

де *crc_value* – параметр, який вказує довжину поля контрольної суми в кадрі (у бітах), може набувати значень 16 або 32; за замовчуванням дорівнює 16 бітів.

Синтаксис команди **keepalive** (режим конфігурування інтерфейсу):

keepalive *seconds*,

де *seconds* – значення інтервалу часу очікування, яке задається у секундах, за замовчуванням становить 10 с.

Синтаксис команди **serial restart-delay** (режим конфігурування інтерфейсу):

serial restart-delay *seconds*,

де *seconds* – значення інтервалу часу рестарту, яке задається у секундах у діапазоні від 0 до 900, за замовчуванням становить 0 с.

*Команди налагодження функціонування протоколу PPP
для послідовних каналів зв'язку мереж, побудованих
на базі маршрутизаторів Cisco*

Для налагодження функціонування протоколу PPP на послідовних інтерфейсах маршрутизатора використовується досить велика кількість підкоманд команди **ppp**, пов'язаних із різними аспектами функціонування протоколу, зокрема це команди: **ppp accm**, **ppp accounting**, **ppp acfc**, **ppp authentication**, **ppp authorization**, **ppp bcp**, **ppp bridge**, **ppp caller**, **ppp chap**, **ppp direction**, **ppp disconnect-cause**, **ppp dns**, **ppp eap**, **ppp encrypt**, **ppp ipcp**, **ppp iphc**, **ppp lcp**, **ppp link**, **ppp loopback**, **ppp max-bad-auth**, **ppp max-configure**, **ppp max-failure**, **ppp max-terminate**, **ppp ms-chap**, **ppp ms-chap-v2**, **ppp mtu**, **ppp multilink**, **ppp ncp**, **ppp pap**, **ppp pfc**, **ppp quality**, **ppp reliable-link**, **ppp timeout**. Призначення основних команд **ppp** наведено нижче.

Команда **ppp authentication** призначена для налагодження протоколу аутентифікації. Основними протоколами аутентифікації є протоколи CHAP та PAP, можливе використання й інших протоколів: EAP, MS-CHAP тощо. Додаткові параметри аутентифікації налагоджуються за допомогою команд **ppp chap**, **ppp pap**, **ppp eap**, **ppp ms-chap**, **ppp ms-chap-v2**. Для встановлення шифрування даних за протоколом MPPE (Microsoft Point-to-Point Encryption) використовується команда **ppp encrypt mppe**. Для встановлення контролю надійності каналу на одному з його інтерфейсів використовується команда **ppp quality**. Якщо значення надійності стає меншим, ніж вказане значення, канал перезавантажується. Для активації перевірки помилок каналного рівня використовується команда **ppp reliable-link**. Ця процедура допомагає при пересилці UDP-датаграм. Для налаштування значення MTU використовується команда **ppp mtu**. Для налагодження багатоканальних послідовних PPP-з'єднань використовуються команди **interface multilink**, **ppp multilink**, **ppp multilink group**.

Синтаксис основних команд налагодження протоколу PPP та режими їх застосування наведено нижче.

Синтаксис команди **ppp authentication** (режим конфігурування інтерфейсу):

```
ppp authentication {chap | chap pap | pap chap | pap} [if-needed ... ]
```

де **chap** – параметр, який використовується для встановлення протоколу аутентифікації CHAP;

chap pap – параметри, які використовуються для встановлення початкового протоколу аутентифікації CHAP, наступного – PAP; у випадку неможливості аутентифікації за протоколом CHAP проводиться аутентифікація за протоколом PAP;

pap chap – аналогічно попередньому пункту;

pap – параметр, який використовується для встановлення протоколу аутентифікації PAP;

if-needed – службова конструкція для активації додаткових параметрів аутентифікації.

Синтаксис команди **ppp chap** (режим конфігурування інтерфейсу):

ppp chap { **hostname** *name-string* } | { **password** { *password-level password-string* | *password-string* } } | { **refuse** [**callin**] } | **wait** },

де **hostname** – службова конструкція, яка вказує на необхідність використання як параметра аутентифікації альтернативної текстової назви пристрою;

name-string – альтернативна текстова назва пристрою;

password – службова конструкція, яка вказує на необхідність використання паролю;

password-level – рівень шифрування паролю, може набувати значень від 0 до 7; якщо використовується значення 0, то пароль не зашифровується;

password-string – текстовий рядок паролю;

refuse – службова конструкція, яка призначена для встановлення відмови від аутентифікації з використанням протоколу CHAP;

callin – службова конструкція, яка призначена для встановлення відмови від аутентифікації з використанням протоколу CHAP для вхідних з'єднань;

wait – службова конструкція, яка призначена для активації очікування спроби аутентифікації від іншого кінця каналу.

Синтаксис команди **ppp pap** (режим конфігурування інтерфейсу):

ppp pap { **refuse** [**callin**] } | { **sent-username** *name-string* **password** { *password-level password-string* | *password-string* } } | **wait** },

де **refuse** – службова конструкція, яка призначена для встановлення відмови від аутентифікації з використанням протоколу PAP;

callin – службова конструкція, яка призначена для встановлення відмови від аутентифікації з використанням протоколу PAP для вхідних з'єднань;

sent-username – службова конструкція, яка вказує на необхідність використання як параметра аутентифікації імені і паролю;

password-level – рівень шифрування паролю, може набувати значень від 0 до 7; якщо використовується значення 0, то пароль не шифрується;

password-string – текстовий рядок паролю;

wait – службова конструкція, яка призначена для активації очікування спроби аутентифікації від іншого кінця каналу.

Синтаксис команди **ppp encrypt mppe** (режим конфігурування інтерфейсу):

ppp encrypt mppe {40 | 128 | auto },

де **40** – шифрування з використанням тільки 40-бітних ключів;

128 – шифрування з використанням тільки 128-бітних ключів;

auto – конструкція, використання якої дозволяє пропонувати як 40- так і 128-бітні ключі.

Синтаксис команди **ppp quality** (режим конфігурування інтерфейсу):

ppp quality percentage_value,

де **percentage_value** – значення надійності у відсотках.

Синтаксис команди **ppp reliable-link** (режим конфігурування інтерфейсу):

ppp reliable-link.

Команда не має параметрів.

Синтаксис команди **ppp mtu adaptive** (режим конфігурування інтерфейсу):

ppp mtu adaptive.

Команда не має параметрів.

Синтаксис команди **interface multilink** (режим глобального конфігурування):

interface multilink group-number,

де **group_value** – значення номера групи, число з діапазону 1 ... 2147483647.

Синтаксис команди **ppp multilink** (режим конфігурування інтерфейсу):

ppp multilink [{ group group_value } | { endpoint ... } | ...],

де **group** – службова конструкція, яка використовується для створення групи;

group_value – значення номера групи, число з діапазону 1 ... 2147483647.

Команди моніторингу та діагностики роботи послідовних каналів на маршрутизаторах Cisco

Для визначення параметрів послідовних інтерфейсів та параметрів налагоджених протоколів інкапсуляції каналного рівня, а також для моніторингу і діагностики роботи послідовних каналів використовуються команди **show controllers** та **show interfaces**. Для отримання більш детальної інформації стосовно протоколу PPP використовуються команди, похідні від команди **show ppp**. Для відстеження роботи послідовних інтерфейсів використовуються команди **debug serial**. Для відстеження повідомлень протоколу PPP призначені команди **debug ppp**. Узагальнений перелік команд моніторингу та діагностики наведений у табл. 1.

Таблиця 1

Перелік команд моніторингу та діагностики послідовних каналів та протоколів HDLC і PPP на маршрутизаторах Cisco

Команда	Призначення
show controllers	Виведення деталізованої інформації про стан контролера конкретного послідовного інтерфейсу
show interfaces	Виведення деталізованої інформації про всі фізичні і логічні інтерфейси пристрою
show interface <i>interface-type interface-id</i>	Виведення деталізованої інформації про конкретний інтерфейс пристрою
show compress	Виведення інформації про використання алгоритмів стиснення
show compress details	Виведення деталізованої інформації про використання алгоритмів стиснення
show ppp bap counter	Виведення інформації про лічильники протоколу BAP
show ppp bap group	Виведення інформації про групу протоколу BAP
show ppp bap queues	Виведення інформації про черги протоколу BAP
show ppp multilink	Виведення узагальненої інформації про функціонування багатоканальних послідовних PPP-з'єднань
show ppp multilink active	Виведення інформації про активні багатоканальні послідовні PPP-з'єднання
show ppp multilink endpoint	Виведення інформації лише про багатоканальні послідовні PPP-з'єднання, дескриптори яких збігаються з указаним значенням
show ppp multilink inactive	Виведення інформації про неактивні багатоканальні послідовні PPP-з'єднання
show ppp multilink interface	Виведення інформації про конкретний багатоканальний інтерфейс пристрою
show ppp multilink username	Виведення інформації лише про багатоканальні послідовні PPP-з'єднання, які збігаються з указаним значенням імені

Модельний приклад налагодження параметрів послідовного каналу, побудованого між маршрутизаторами Cisco

Розглянемо специфіку налагодження послідовних інтерфейсів маршрутизаторів Cisco у ході організації двоточкового послідовного каналу, що зображений на рис. 2.

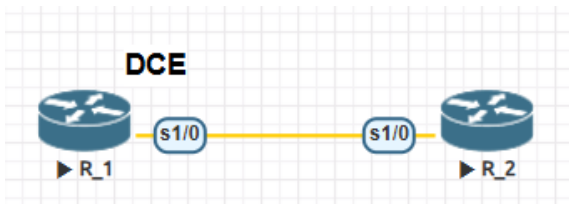


Рис. 2. Приклад мережі

Під час побудови даного каналу для з'єднання пристроїв використано дані табл. 2. Для налаштування параметрів адресації пристроїв використано дані табл. 3.

Таблиця 2

Параметри інтерфейсів пристроїв для прикладу

Пристрій	Інтерфейс	Підключення до пристрою	Підключення до інтерфейсу
Маршрутизатор R_1	Se1/0 (DCE)	Маршрутизатор R_2	Se1/0 (DTE)
Маршрутизатор R_2	Se1/0 (DTE)	Маршрутизатор R_1	Se1/0 (DCE)

Таблиця 3

Параметри адресації мережі

Підмережа/ Пристрій	Інтерфейс/Мережний адаптер/Шлюз	IP-адреса	Маска підмережі	Префікс
Підмережа А	–	196.1.1.0	255.255.255.252	/30
Маршрутизатор R_1	Інтерфейс Se1/0	196.1.1.1	255.255.255.252	/30
Маршрутизатор R_2	Інтерфейс Se1/0	196.1.1.2	255.255.255.252	/30

Сценарії налагодження параметрів послідовних інтерфейсів та параметрів адресації для маршрутизаторів R_1 та R_2 за умови використання встановленого за замовчуванням каналного протоколу HDLC наведені нижче.

```

...
R_1>enable
R_1#configure terminal
R_1(config)#interface Serial 1/0
R_1(config-if)#description LINK_TO_R_2
R_1(config-if)#keepalive 5
R_1(config-if)#serial restart-delay 3
R_1(config-if)#clock rate 64000
R_1(config-if)#mtu 1492
R_1(config-if)#crc 32
R_1(config-if)#ip address 196.1.1.1 255.255.255.252
R_1(config-if)#no shutdown
R_1(config-if)#exit
...
...
R_2>enable
R_2#configure terminal
R_2(config)#interface Serial 1/0
R_2(config-if)#description LINK_TO_R_1
R_2(config-if)#keepalive 5
R_2(config-if)#serial restart-delay 3
R_2(config-if)#crc 32
R_2(config-if)#mtu 1492
R_2(config-if)#ip address 196.1.1.2 255.255.255.252
R_2(config-if)#no shutdown
R_2(config-if)#exit
...

```

Результати виконання основних команд діагностики на маршрутизаторах R_1 та R_2 для даних сценаріїв наведено на рис. 3–6.

```

R_1#show controllers serial 1/0
Interface Serial1/0
Hardware is GT96K
DCE 530, clock rate 64000
idb at 0x6570905C, driver data structure at 0x65710780
wic_info 0x65710D84
Physical Port 1, SCC Num 1
...

```

Рис. 3. Результати виконання команди **show controllers Serial 1/0** на маршрутизаторі R_1

```

R_2#show controllers serial 1/0
Interface Serial1/0
Hardware is GT96K
DTE 530 serial cable attached
idb at 0x6570905C, driver data structure at 0x65710780
wic_info 0x65710D84
Physical Port 1, SCC Num 1
...

```

Рис. 4. Результати виконання команди **show controllers Serial 1/0** на маршрутизаторі R_2

```

R_1#show interfaces Serial 1/0
Serial1/0 is up, line protocol is up
Hardware is GT96K Serial
Description: LINK TO R_2
Internet address is 196.1.1.1/30
MTU 1492 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
Encapsulation HDLC, loopback not set
Keepalive set (5 sec)
Restart-Delay is 3 secs
Last input 00:00:01, output 00:00:01, output hang never
Last clearing of "show interface" counters never
Input queue: 0/75/1/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
Queueing strategy: weighted fair
Output queue: 0/1000/64/0 (size/max total/threshold/drops)
    Conversations 0/1/256 (active/max active/max total)
    Reserved Conversations 1/0 (allocated/max allocated)
    Available Bandwidth 1158 kilobits/sec
 5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
 5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
    6 packets input, 1038 bytes, 0 no buffer
    Received 6 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
    0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 abort
    56 packets output, 3123 bytes, 0 underruns
    0 output errors, 0 collisions, 78 interface resets
    0 unknown protocol drops
    0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
    0 carrier transitions
DCD=up DSR=up DTR=up RTS=up CTS=up
R_1#

```

Рис. 5. Результати виконання команди **show interface Serial 1/0** на маршрутизаторі R_1

```

R_2#show interfaces Serial 1/0
Serial1/0 is up, line protocol is up
Hardware is GT96K Serial
Description: LINK TO R_1
Internet address is 196.1.1.2/30
MTU 1492 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
Encapsulation HDLC, loopback not set
Keepalive set (5 sec)
Restart-Delay is 3 secs
Last input 00:00:02, output 00:00:02, output hang never
Last clearing of "show interface" counters never
Input queue: 0/75/1/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
Queueing strategy: weighted fair
Output queue: 0/1000/64/0 (size/max total/threshold/drops)
    Conversations 0/1/256 (active/max active/max total)
    Reserved Conversations 1/0 (allocated/max allocated)
    Available Bandwidth 1158 kilobits/sec
 5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
 5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
    100 packets input, 5073 bytes, 0 no buffer
    Received 100 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
    0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort
    50 packets output, 2988 bytes, 0 underruns
    0 output errors, 0 collisions, 6 interface resets
    0 unknown protocol drops
    0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
    0 carrier transitions
DCD=up DSR=up DTR=up RTS=up CTS=up
R_2#

```

Рис. 6. Результати виконання команди **show interface Serial 1/0** на маршрутизаторі R_2

Сценарії налагодження параметрів інтерфейсів та параметрів адресації для маршрутизаторів R_1, R_2 за умови використання протоколу PPP та стиснення даних за протоколом MPCC наведені нижче.

```
...
R_1>enable
R_1#configure terminal
R_1(config)#interface Serial 1/0
R_1(config-if)#description LINK_TO_R_2
R_1(config-if)#keepalive 5
R_1(config-if)#serial restart-delay 3
R_1(config-if)#clock rate 64000
R_1(config-if)#mtu 1492
R_1(config-if)#encapsulation ppp
R_1(config-if)#compress mppc
R_1(config-if)#ip address 196.1.1.1 255.255.255.252
R_1(config-if)#no shutdown
R_1(config-if)#exit
```

...

...

```
R_2>enable
R_2#configure terminal
R_2(config)#interface Serial 1/0
R_2(config-if)#description LINK_TO_R_1
R_2(config-if)#keepalive 5
R_2(config-if)#serial restart-delay 3
R_2(config-if)#mtu 1492
R_2(config-if)#encapsulation ppp
R_2(config-if)#compress mppc
R_2(config-if)#ip address 196.1.1.2 255.255.255.252
R_2(config-if)#no shutdown
R_2(config-if)#exit
```

...

Результати виконання основних команд діагностики на маршрутизаторах R_1 та R_2 для даних сценаріїв наведено на рис. 7, 8.

```

R_1#show interfaces serial 1/0
Serial1/0 is up, line protocol is up
  Hardware is GT96K Serial
  Description: LINK_TO R2
  Internet address is 196.1.1.1/30
  MTU 1492 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
  Encapsulation PPP, LCP Open
  Open: IPCP, CCP, CDPCP, loopback not set
  Keepalive set (5 sec)
  Restart-Delay is 3 secs
  Last input 00:00:11, output 00:00:00, output hang never
  Last clearing of "show interface" counters 00:00:54
  Input queue: 0/75/1/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
  Queueing strategy: weighted fair
  Output queue: 0/1000/64/0 (size/max total/threshold/drops)
    Conversations 0/1/256 (active/max active/max total)
    Reserved Conversations 1/0 (allocated/max allocated)
    Available Bandwidth 1158 kilobits/sec
  5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
  5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
    31 packets input, 1429 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
    36 packets output, 1492 bytes, 0 underruns
    0 output errors, 0 collisions, 7 interface resets
    5 unknown protocol drops
    0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
    0 carrier transitions
  DCD=up DSR=up DTR=up RTS=up CTS=up

```

R_1#

Рис. 7. Результати виконання команди show interface Serial 1/0 на маршрутизаторі R_1

```

R_2#show interfaces serial 1/0
Serial1/0 is up, line protocol is up
  Hardware is GT96K Serial
  Description: LINK_TO R_1
  Internet address is 196.1.1.2/30
  MTU 1492 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
  Encapsulation PPP, LCP Open
  Open: IPCP, CCP, CDPCP, loopback not set
  Keepalive set (5 sec)
  Restart-Delay is 3 secs
  Last input 00:00:25, output 00:00:03, output hang never
  Last clearing of "show interface" counters 00:02:27
  Input queue: 0/75/1/0 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 0
  Queueing strategy: weighted fair
  Output queue: 0/1000/64/0 (size/max total/threshold/drops)
    Conversations 0/1/256 (active/max active/max total)
    Reserved Conversations 1/0 (allocated/max allocated)
    Available Bandwidth 1158 kilobits/sec
  5 minute input rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
  5 minute output rate 0 bits/sec, 0 packets/sec
    72 packets input, 2318 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
    72 packets output, 2326 bytes, 0 underruns
    0 output errors, 0 collisions, 0 interface resets
    0 unknown protocol drops
    0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
    0 carrier transitions
  DCD=up DSR=up DTR=up RTS=up CTS=up

```

R_2#

Рис. 8. Результати виконання команди show interface Serial 1/0 на маршрутизаторі R_2

Сценарії налагодження протоколу аутентифікації CHAP для маршрутизаторів R_1, R_2 наведені нижче.

```
...
R_1>enable
R_1#configure terminal
R_1(config)#username R_2 password mypass
R_1(config)#interface Serial 1/0
R_1(config-if)#ppp authentication chap
...
...
R_2>enable
R_2#configure terminal
R_2(config)#username R_1 password mypass
R_2(config)#interface Serial 1/0
R_2(config-if)#ppp authentication chap
...
```

Сценарії налагодження протоколу аутентифікації PAP для маршрутизаторів R_1, R_2 наведені нижче.

```
...
R_1>enable
R_1#configure terminal
R_1(config)#username R_2 password mypass
R_1(config)#interface Serial 1/0
R_1(config-if)#encapsulation ppp
R_1(config-if)#ppp authentication PAP
R_1(config-if)#ppp pap sent-username R_1 password mypass
...
...
R_2>enable
R_2#configure terminal
R_2(config)#username R_1 password mypass
R_2(config)#interface Serial 1/0
R_2(config-if)#encapsulation ppp
R_2(config-if)#ppp authentication PAP
R_2(config-if)#ppp pap sent-username R_2 password mypass
...
```

Завдання на лабораторну роботу

1. У середовищі віртуальної мережевої лабораторії eve.ztu.edu.ua створити проєкт мережі (рис. 9), або завантажити готовий проєкт прикріплений під методичними рекомендаціями.

2. Розробити схему адресації пристроїв мережі. Для цього скористатися даними табл. 4. Результати навести у вигляді таблиці, яка аналогічна табл. 3.

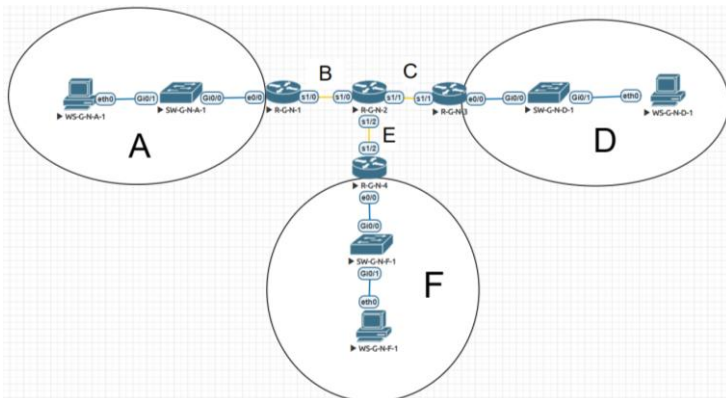


Рис. 9. Проєкт мережі

3. Провести базове налагодження пристроїв, інтерфейсів та каналів зв'язку (для каналів В, С, Е для вибору параметрів каналів та протоколів канального рівня скористатися даними табл. 5, 6). Провести налагодження параметрів IP-адресації пристроїв мережі відповідно до даних, які отримані у п. 2. Перевірити наявність зв'язку між сусідніми парами пристроїв мережі.

4. Дослідити процеси функціонування налагоджених послідовних каналів зв'язку та реакцію маршрутизаторів на відключення або зміни параметрів інтерфейсів, що використовуються для формування послідовних каналів зв'язку. Дослідження виконувати за допомогою відповідних службових та діагностичних команд.

5. Налогдити функціонування засобів маршрутизації у побудованій мережі (для вибору методу/протоколу маршрутизації скористатися даними табл. 7) та перевірити доступність ресурсів мережі.

6. Дослідити процеси передачі даних між вузлами віддалених підмереж. За відсутності зв'язку визначити проблеми та усунути їх.

Таблиця 4

Дані для адресації підмереж

№ ва-ріанта	Підмережа А		Підмережа В		Підмережа С		Підмережа D		Підмережа E		Підмережа F	
	IP-адреса	Префікс	IP-адреса	Префікс	IP-адреса	Префікс	IP-адреса	Префікс	IP-адреса	Префікс	IP-адреса	Префікс
1	193.G.N.0	/25	194.G.N.0	/30	195.G.N.0	/30	196.G.N.0	/27	197.G.N.8	/30	198.G.N.0	/24
2	193.G.N.0	/26	194.G.N.4	/30	195.G.N.20	/30	196.G.N.64	/27	197.G.N.28	/30	198.G.N.0	/25
3	193.G.N.128	/26	194.G.N.8	/30	195.G.N.40	/30	196.G.N.128	/27	197.G.N.48	/30	198.G.N.0	/26
4	193.G.N.0	/27	194.G.N.12	/30	195.G.N.60	/30	196.G.N.192	/27	197.G.N.68	/30	198.G.N.0	/27
5	193.G.N.64	/27	194.G.N.16	/30	195.G.N.80	/30	196.G.N.0	/28	197.G.N.88	/30	198.G.N.0	/28
6	193.G.N.128	/27	194.G.N.20	/30	195.G.N.4	/30	196.G.N.32	/28	197.G.N.12	/30	198.G.N.0	/24
7	193.G.N.192	/27	194.G.N.24	/30	195.G.N.24	/30	196.G.N.64	/28	197.G.N.32	/30	198.G.N.0	/25
8	193.G.N.0	/28	194.G.N.28	/30	195.G.N.44	/30	196.G.N.96	/28	197.G.N.52	/30	198.G.N.0	/26
9	193.G.N.32	/28	194.G.N.32	/30	195.G.N.64	/30	196.G.N.128	/28	197.G.N.72	/30	198.G.N.0	/27
10	193.G.N.64	/28	194.G.N.36	/30	195.G.N.84	/30	196.G.N.160	/28	197.G.N.92	/30	198.G.N.0	/28
11	193.G.N.96	/28	194.G.N.40	/30	195.G.N.8	/30	196.G.N.192	/28	197.G.N.16	/30	198.G.N.0	/24
12	193.G.N.128	/28	194.G.N.44	/30	195.G.N.28	/30	196.G.N.224	/28	197.G.N.36	/30	198.G.N.0	/25
13	193.G.N.160	/28	194.G.N.48	/30	195.G.N.48	/30	196.G.N.0	/25	197.G.N.56	/30	198.G.N.0	/26
14	193.G.N.192	/28	194.G.N.52	/30	195.G.N.68	/30	196.G.N.0	/26	197.G.N.76	/30	198.G.N.0	/27
15	193.G.N.224	/28	194.G.N.56	/30	195.G.N.88	/30	196.G.N.128	/26	197.G.N.96	/30	198.G.N.0	/28
16	193.G.N.0	/25	194.G.N.60	/30	195.G.N.12	/30	196.G.N.0	/27	197.G.N.16	/30	198.G.N.0	/24
17	193.G.N.0	/26	194.G.N.64	/30	195.G.N.32	/30	196.G.N.64	/27	197.G.N.36	/30	198.G.N.0	/25
18	193.G.N.128	/26	194.G.N.68	/30	195.G.N.52	/30	196.G.N.128	/27	197.G.N.56	/30	198.G.N.0	/26
19	193.G.N.0	/27	194.G.N.72	/30	195.G.N.72	/30	196.G.N.192	/27	197.G.N.76	/30	198.G.N.0	/27
20	193.G.N.64	/27	194.G.N.76	/30	195.G.N.92	/30	196.G.N.0	/26	197.G.N.96	/30	198.G.N.0	/28
21	193.G.N.128	/27	194.G.N.80	/30	195.G.N.16	/30	196.G.N.32	/28	197.G.N.0	/30	198.G.N.0	/24
22	193.G.N.192	/27	194.G.N.84	/30	195.G.N.36	/30	196.G.N.64	/28	197.G.N.20	/30	198.G.N.0	/25
23	193.G.N.0	/28	194.G.N.88	/30	195.G.N.56	/30	196.G.N.96	/28	197.G.N.40	/30	198.G.N.0	/26
24	193.G.N.32	/28	194.G.N.92	/30	195.G.N.76	/30	196.G.N.128	/28	197.G.N.60	/30	198.G.N.0	/27
25	193.G.N.64	/28	194.G.N.96	/30	195.G.N.96	/30	196.G.N.160	/28	197.G.N.80	/30	198.G.N.0	/28
26	193.G.N.96	/28	194.G.N.4	/30	195.G.N.16	/30	196.G.N.192	/28	197.G.N.4	/30	198.G.N.0	/24
27	193.G.N.128	/28	194.G.N.24	/30	195.G.N.36	/30	196.G.N.224	/28	197.G.N.24	/30	198.G.N.0	/25
28	193.G.N.160	/28	194.G.N.44	/30	195.G.N.56	/30	196.G.N.0	/25	197.G.N.44	/30	198.G.N.0	/26
29	193.G.N.192	/28	194.G.N.64	/30	195.G.N.76	/30	196.G.N.0	/26	197.G.N.64	/30	198.G.N.0	/27
30	193.G.N.224	/28	194.G.N.84	/30	195.G.N.96	/30	196.G.N.128	/26	197.G.N.84	/30	198.G.N.0	/28

Таблиця 5

Параметри каналів зв'язку

№ варіанта	Канал В					Канал С					Канал Е				
	Serial restart-delay, с	Кеєрпайв, с	CRC, біт	MTU, байт	Стиснення	Serial restart-delay, с	Кеєрпайв, с	CRC, біт	MTU, байт	Стиснення	Serial restart-delay, с	Кеєрпайв, с	CRC, біт	MTU, байт	Стиснення
1	0	5	16	1500	S	1	2	32	1424	L	1	2	16	1512	M
2	1	10	32	1496	S	1	4	16	1432	L	2	2	32	1524	P
3	2	10	16	1492	M	2	6	32	1440	S	2	4	16	1536	L
4	3	5	32	1488	M	2	8	16	1448	P	1	4	32	1548	S
5	4	3	16	1484	P	3	10	32	1456	L	1	6	16	1560	S
6	5	6	32	1480	S	3	10	16	1464	P	3	6	32	1572	M
7	4	6	16	1476	L	4	8	32	1472	S	3	8	16	1584	M
8	3	3	32	1472	L	4	6	16	1480	P	1	8	32	1596	S
9	2	2	16	1468	M	5	4	32	1488	S	1	10	16	1608	L
10	1	4	32	1464	M	5	2	16	1496	P	4	10	32	1620	S
11	1	4	16	1500	P	5	1	32	1424	S	4	10	16	1632	L
12	2	2	32	1492	P	5	3	16	1428	M	1	10	32	1644	S
13	3	5	16	1484	S	4	5	32	1432	L	1	8	16	1656	M
14	4	5	32	1476	L	4	7	16	1436	P	5	8	32	1668	S
15	5	10	16	1468	S	3	9	32	1440	M	5	6	16	1680	L
16	5	10	32	1460	M	3	9	16	1444	S	2	6	32	1692	P
17	4	2	16	1452	S	2	7	32	1448	P	3	4	16	1704	L
18	3	2	32	1444	P	2	5	16	1452	S	3	4	32	1716	M
19	2	4	16	1436	L	1	3	32	1456	L	2	2	16	1728	S
20	1	4	32	1428	S	1	1	16	1460	L	2	2	32	1740	P
21	0	6	16	1500	M	0	3	32	1464	L	4	1	16	1752	S
22	0	6	32	1468	M	2	5	16	1468	S	4	1	32	1764	P
23	1	8	16	1436	P	4	7	32	1472	L	2	3	16	1776	S
24	1	8	32	1404	P	6	9	16	1476	S	2	3	32	1788	M
25	2	10	16	1372	S	0	2	32	1480	L	5	5	16	1800	M
26	2	10	32	1340	L	1	4	16	1484	P	5	5	32	1812	S
27	3	3	16	1308	S	3	6	32	1488	M	3	3	16	1824	L
28	3	3	32	1276	M	5	8	16	1492	S	4	3	32	1836	P
29	4	5	16	1244	P	6	10	32	1496	L	4	1	16	1848	S
30	4	5	32	1212	P	4	5	16	1500	S	3	1	32	1860	M

Примітка: S – стиснення Stac, M – стиснення MPCC;
P – стиснення Predictor; L – стиснення LZS.

Таблиця 6

Дані для налагодження протоколів каналного рівня

№ варіанта	Канал В			Канал С			Канал Е		
	Протокол каналного рівня	Протокол аутентифікації	Тип шифрування	Протокол каналного рівня	Протокол аутентифікації	Тип шифрування	Протокол каналного рівня	Протокол аутентифікації	Тип шифрування
1	HDLC	–	–	PPP	CHAP	40	PPP	PAP	40
2	HDLC	–	–	PPP	PAP	128	PPP	CHAP	128
3	PPP	CHAP	40	HDLC	–	–	PPP	PAP	auto
4	PPP	CHAP	128	PPP	PAP	auto	HDLC	–	–
5	PPP	PAP	auto	PPP	CHAP	40	HDLC	–	–
6	HDLC	–	–	PPP	PAP	128	PPP	CHAP	40
7	PPP	PAP	40	HDLC	–	–	PPP	CHAP	128
8	PPP	CHAP	128	PPP	PAP	auto	HDLC	–	–
9	PPP	PAP	auto	HDLC	–	40	PPP	CHAP	auto
10	PPP	CHAP	40	PPP	PAP	128	HDLC	–	–
11	PPP	CHAP	128	HDLC	–	–	PPP	PAP	40
12	PPP	PAP	auto	PPP	CHAP	auto	HDLC	–	128
13	HDLC	–	–	PPP	CHAP	40	PPP	PAP	auto
14	PPP	PAP	40	PPP	CHAP	128	HDLC	–	–
15	HDLC	–	–	PPP	CHAP	auto	PPP	PAP	40
16	PPP	CHAP	128	HDLC	–	40	PPP	PAP	128
17	HDLC	–	–	PPP	PAP	128	PPP	CHAP	auto
18	PPP	PAP	auto	HDLC	–	–	PPP	CHAP	40
19	PPP	PAP	40	PPP	CHAP		HDLC	–	–
20	HDLC	–	–	PPP	PAP	40	PPP	CHAP	128
21	PPP	PAP	128	PPP	CHAP	128	HDLC	–	–
22	PPP	CHAP	auto	HDLC	–	–	PPP	PAP	auto
23	PPP	CHAP	40	PPP	PAP	auto	HDLC	–	–
24	PPP	PAP	128	HDLC	–	–	PPP	CHAP	40
25	HDLC	–	–	PPP	CHAP	40	PPP	PAP	128
26	PPP	PAP	auto	PPP	CHAP	128	HDLC	–	–
27	HDLC	–	–	PPP	PAP	auto	PPP	CHAP	auto
28	PPP	PAP	40	HDLC	–	–	PPP	CHAP	40
29	PPP	CHAP	128	PPP	PAP	40	HDLC	–	–
30	PPP	CHAP		HDLC	–		PPP	PAP	

Таблиця 7

Дані для вибору методу/протоколу маршрутизації

№ варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Метод/протокол маршрутизації	Static	RIPv2	OSPF	EIGRP	Static	RIPv2	OSPF	EIGRP	Static	RIPv2

Продовження табл. 7

№ варіанта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Метод/протокол маршрутизації	OSPF	EIGRP	Static	RIPv2	OSPF	EIGRP	Static	RIPv2	OSPF	EIGRP

Закінчення табл. 7

№ варіанта	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Метод/протокол маршрутизації	Static	RIPv2	OSPF	EIGRP	Static	RIPv2	OSPF	EIGRP	Static	RIPv2

Контрольні питання

1. Інтерфейси послідовних каналів маршрутизаторів Cisco.
2. Загальна характеристика протоколу HDLC. Протоколи, похідні від протоколу HDLC.
3. Ролі вузлів та режими передачі протоколу HDLC.
4. Формат кадру HDLC. Типи кадрів протоколу HDLC.
5. Команди протоколу HDLC та їх застосування.
6. Загальна характеристика протоколу PPP.
7. Структура стеку протоколів PPP.
8. Формат кадру PPP. Типи кадрів протоколу PPP.
9. Команди протоколу PPP. Машина станів протоколу PPP.
10. Порівняльна характеристика протоколів HDLC та PPP.
11. Команди налагодження послідовних інтерфейсів на маршрутизаторах Cisco.
12. Команди налагодження протоколів інкапсуляції каналного рівня послідовних інтерфейсів на маршрутизаторах Cisco.
13. Команди налагодження аутентифікації з використанням протоколів PAP/CHAP на маршрутизаторах Cisco.
14. Команди створення та налагодження послідовного багатоканального з'єднання з використанням протоколу PPP на маршрутизаторах Cisco.
15. Команди діагностики роботи послідовних інтерфейсів та протоколів каналного рівня HDLC та PPP на маршрутизаторах Cisco.