

第七章 路由規劃與設定

7-1 IP Routing 簡介

7-1-1 繞路與路由表產生

IP 協定功能就是如何在網路叢林中找到一條路徑可以到達目的地，這就是『繞路』(Routing) 技術。繞路功能主要是由網路上所有『路由器』(Router) 共同來達成(有些主機也具有此功能)，因此，繞路是一種分散式處理方式。它的工作原理是當封包進入路由器的某一個埠口後，路由器依照本身的『路由表』(Routing Table) 查出應該往哪一個埠送出，而轉送到其它路由器，再由下一個路由器決定路徑傳送。至於下一個路徑是否可到達目的，就不是本身可以管轄的範圍，而是由下一個路徑的路由器負責，因此又稱為『下一跳躍繞路』(Next-hop Routing)。

圖 7-1 (a) 為一般網路架構圖，我們將其轉換為路徑拓樸圖，如圖 7-1 (b) 所示。在每一個路由器上都有建立路由表(如表 7-1)，對於每一個目的地都有標明下一個路由器位置(下一站)。如工作站 A 欲傳送封包給工作站 F，當它的封包進入路由器 1，路由器 1 由它的路由表中查詢到應往下一個路由器 2 傳送。當這個封包進入路由器 2 後，由路由器 2 轉送到路由器 4。再由路由器 4 將封包傳送給工作站 F。

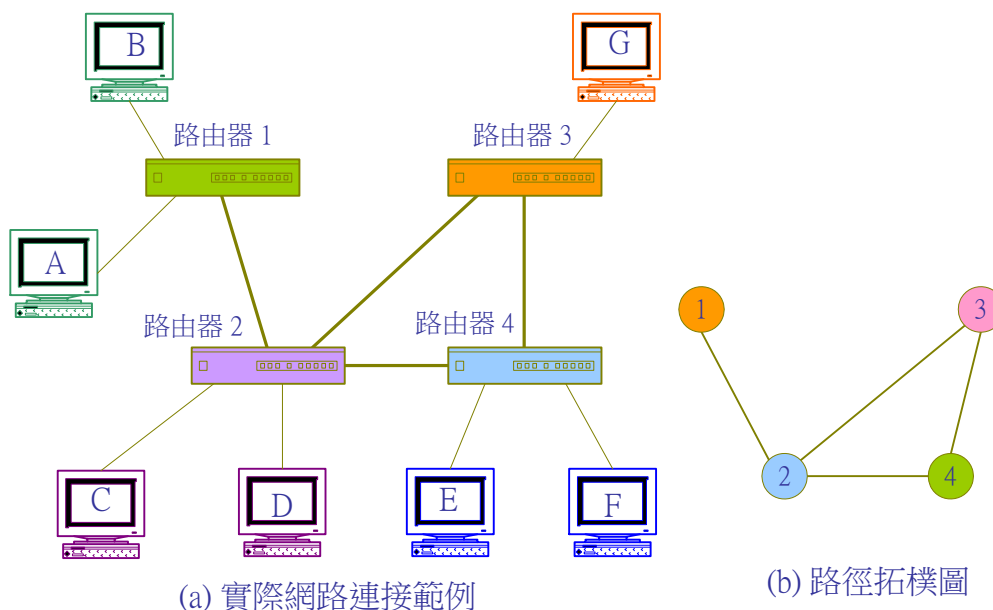


圖 7-1 路徑選擇範例

表 7-1 路由表範例 (如圖 7-1)

路由器 1		路由器 2		路由器 3		路由器 4	
目的地	下一站	目的地	下一站	目的地	下一站	目的地	下一站
1		1	1	1	2	1	2
2	2	2		2	2	2	2
3	2	3	3	3		3	3
4	2	4	4	4	4	4	

對於路由表的建立主要有兩大類：

(1) **靜態繞路 (Static Routing)** 技術：表示路由表是靜態的，不會隨時改變。系管理者利用 CLI 命令輸入而成。

1. 優點：不會產生網路負荷。
2. 缺點：很難掌握網路隨時變化。

(2) **動態繞路 (Dynamic Routing)** 技術：路由表可能經由路由器之間隨時交換訊息，計算出新的路由表，目前較常用的路徑選擇技術有下列兩種：

- 鏈路狀態繞路法 (Link-State Routing, LS Routing)：廣播給所有路由器。
- 距離向量繞路法 (Distance Vector Routing, DV routing)：傳遞給相鄰路由器。

利用 LS Routing 或 DV Routing 兩種技術所建立而成的路由協定，常用的有：(1) RIP 路由協定、(2) OSPF 路由協定、(3) IGRP 路由協定、(4) EIGRP 路由協定，本章將介紹上述路由協定的網路規劃與建置。

7-1-2 路由表選擇

在一部路由器也許我們可以設定靜態路由表，更甚啟動多種動態路由協定來建立路由表，如此一來，在該路由器內就有可能存在多種路由表。那麼當封包需要轉送時，它應該依照哪一個路由表內容轉送。因此，Cisco 就利用『管理性距離』(Administrative Distance, AD) 數值

來評估，由 0 ~ 255 之間，數值越低表示成本越低、可靠性越高；數值越高則表示成本越高。

Cisco 將各種路由協定演算出來的路由表 AD 設定如下表所示。

路徑來源	預設 AD
直接介面	0
靜態路徑	1
EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
RIP	120
外部 EIGRP	170
未知	255(不會選用)

由此可見，對於路由表產生與選用有下列幾個重點：

- (1) 路由器內可同時啟動多種路由協定，啟動越多系統負荷越重，因它們必須隨時交換訊息，來產生路由表。因此，啟動越多可能速度越慢。
- (2) 對於較小範圍網路，可能只要建立靜態路由表即可。但對於領域較大網路而言，系統管理人員設定靜態路由表工作負荷太重，可能發生錯誤，需要啟動動態路由協定才行。
- (3) 如有啟動動態路由功能，基本上，不需另外建立靜態路由表，但如有欲提高路由選擇速度，也可以建立。但須注意當網路有所變更時，須重新修改靜態路由表，可能會增加工作負擔。

7-2 自治系統網路架設

7-2-1 自治系統網路簡介

一個『自治系統』(**Autonomous System, AS**) 可由若干個網域所構成，每一個內部部門管理一個網域(第六章介紹)。如果網域內所傳送的封包目的位址，是屬於本網域所管轄的網路內，封包將被隔離於內部傳送，但如果封包的目的位址超過網域所管轄範圍，該封包將會

被送出該網域的內部閘門，且於若干個內部閘門（其它網域）之間，尋找出可到達目的地的最佳路徑。基本上，一般公司行號或組織單位的網路即是自治系統，但也有大小網路之分。

通常企業內之網路範圍較小，且多半屬於同一權責單位所管，所以內部閘門之間的路徑選擇演譯法，通常皆使用『鏈路狀態繞路』（**Link-State Routing, LS Routing**）（請參考 7-4-1 節說明）或『距離向量路繞路』（**Distance-Vector Routing, DV Routing**）（請參考 7-4-2 節說明）。兩者間的不同點在於內部閘門之間互相傳遞的訊息為何，LS Routing 是傳遞本身和相鄰內部閘門之間的鏈路狀況；而 DV Routing 是計算所有可能到達目的地，所經過的「跳躍次數」（**hop count**）傳遞給其他內部閘門。每一個內部閘門接收到這些訊息後，再計算出最佳路徑填入路由表，至於進入內部閘門的封包就依照路由表上，查出最佳路徑，並發送到下一個內部閘門，再由下一個內部閘門決定往哪一個路徑傳送。因此，所有內部閘門之間必須存在一個共通的通訊協定，以便傳遞網路之間的訊息，依此建立動態路由表，目前網際網路上較常用的『路徑協定』（**Routing Protocol**）有：

- Routing Information Protocol (RIP)
- Interior Gateway Routing Protocol (IGRP)
- Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP)
- Open Shortest Path First (OSPF)

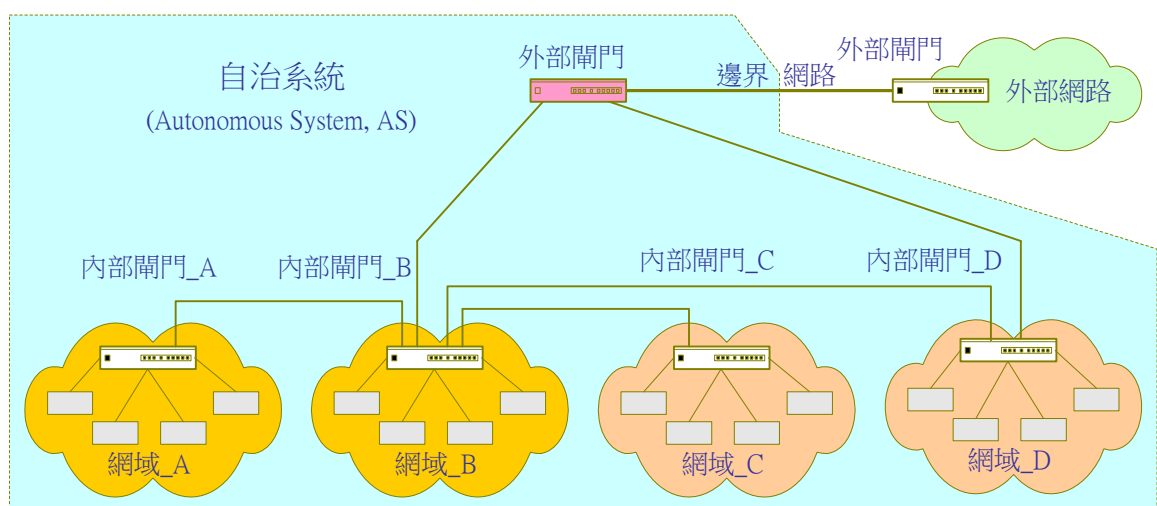


圖 7-2 自治系統網路架構

7-2-2 自治系統網路(一)規劃

(A) 系統架構

我們希望建立一個如圖 7-3 網路架構，來驗證靜態繞路與各種動態繞路協定的運作程序，架構圖如下所示：

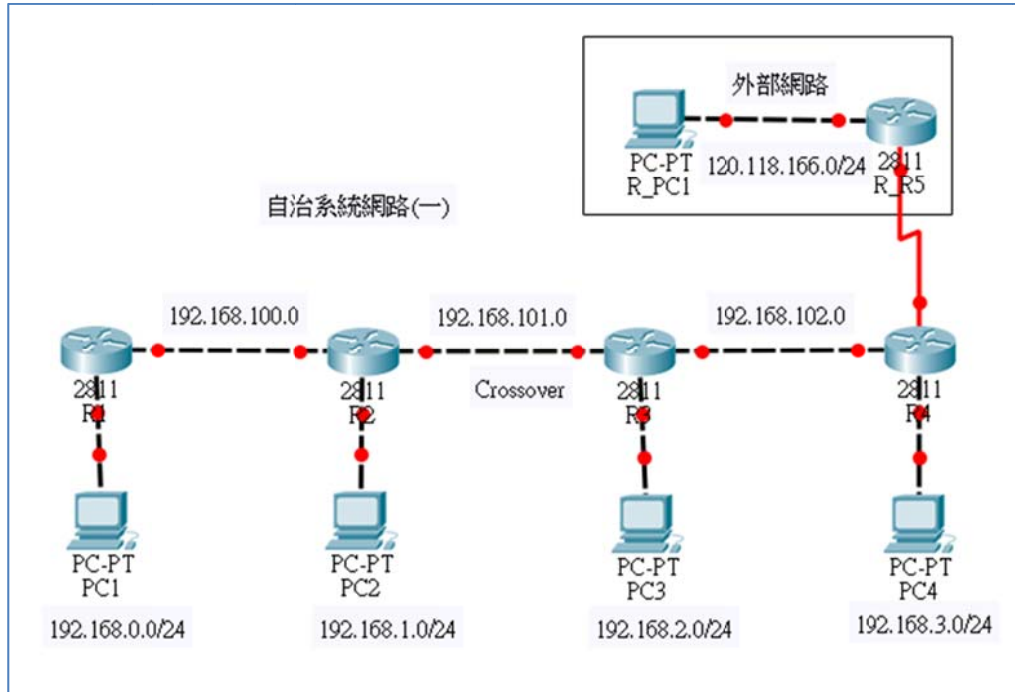


圖 7-3 自治系統網路(一)架構

(B) 規劃網路架設：

該系統有四個網路區段，所需設備如下：

- (1) 個人電腦四部 (PC1 ~ 4)，分別連接四個網路區段、
- (2) Cisco 2811 Router 4 部(R1~R4)：2811 原只有兩片網路卡，我們再增加一片 NM-1FE-TX 網路卡，當連結 PC 電腦使用。
- (3) 路由器與 PC 的網路介面都屬於 DTE 接頭，因此，路由器與路由器之間，或路由器與 PC 之間連線，都需要用 **Crossover** 線材。

網路環境規劃如下：

■ PC 與 Layer2 Switch 規劃與設定：

網路區段	Gateway/DNS	名稱	IP 位址	連結介面
------	-------------	----	-------	------

192.168.0.0 255.255.255.0	192.168.0.254 168.95.1.1	PC1	192.168.0.1	R1(fa1/0)
192.168.1.0 255.255.255.0	192.168.1.254 168.95.1.1	PC2	192.168.1.1	R2(fa1/0)
192.168.2.0 255.255.255.0	192.168.2.254 168.95.1.1	PC3	192.168.2.1	R3(fa1/0)
192.168.3.0 255.255.255.0	192.168.2.254 168.95.1.1	PC4	192.168.3.1	R4(fa1/0)
120.118.166.0 255.255.255.0	120.118.166.254 168.95.1.1	R_PC1	120.118.166.1	R_R5(fa0/0)

Router 埠口規劃與設定：

Router	Router port	IP 位址	Connect port
R1	Fa0/1	192.168.100.1/24	Fa0/0(R2)
	Fa1/0	192.168.0.254/24	PC1
R2	Fa0/0	192.168.100.2/24	Fa0/1(R1)
	Fa0/1	192.168.101.1/24	Fa0/0(R3)
	Fa1/0	192.168.1.254/24	PC2
R3	Fa0/0	192.168.101.2/24	Fa0/1(R2)
	Fa0/1	192.168.102.1/24	Fa0/0(R4)
	Fa1/0	192.168.2.254/24	PC3
R4	Fa0/0	192.168.102.2/24	Fa0/1(R3)
	Fa1/0	192.168.3.254/24	PC4
	Se0/2/0(DCE)	202.168.1.1	R_R5(se0/2/0)
R_R5	Fa0/0	120.118.166.254	R_PC1
	Se0/2/0(DTE)	202.168.1.2	R4(Se0/2/0)

7-2-3 自治系統(一)介面設定

(請匯入：自治系統網路(一)_空白.pkt 檔案)

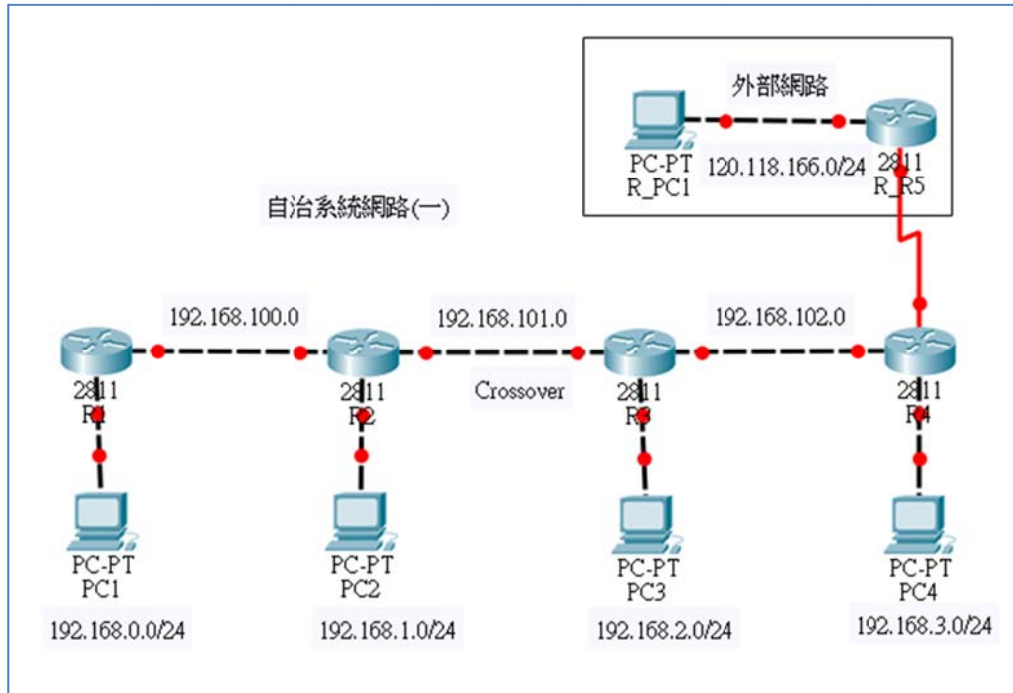


圖 7-4 自治系統網路(一)空白

各工作站 (PC1 ~PC4、R_PC5) 網路參數請依照網路環境設定，不再重複敘述。以下是針對路由器的介面卡設定。

(A) R1 介面卡設定

```
R1(config)#int fa0/1
R1(config-if)#ip address 192.168.100.1 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#int fa1/0
R1(config-if)#ip address 192.168.0.254 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
Router(config)#do show ip int brief
      Interface IP-Address OK? Method Status Protocol
FastEthernet0/0 unassigned YES unset administratively down down
FastEthernet0/1 192.168.100.1 YES manual up up
FastEthernet1/0 192.168.0.254 YES manual up up
```

(B) R2 介面卡設定

```
R2>en
R2#config ter
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#int fa0/0
```

```
R2(config-if)#ip address 192.168.100.2 255.255.255.0
R2(config-if)#no shutdown
R2(config)#int fa0/1
R2(config-if)#ip address 192.168.101.1 255.255.255.0
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#exit
R2(config)#int fa1/0
R2(config-if)#ip address 192.168.1.254 255.255.255.0
R2(config-if)#no shutdown
R2(config-if)#exit
R2(config)#do show ip int brief
    Interface IP-Address OK? Method Status Protocol
    FastEthernet0/0 192.168.100.2 YES manual up up
    FastEthernet0/1 192.168.101.1 YES manual up down
    FastEthernet1/0 192.168.1.254 YES manual up up
    Vlan1 unassigned YES unset administratively down down
```

(C) R3 介面卡設定

```
R3>
R3>en
R3#config ter
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R3(config)#int fa0/0
R3(config-if)#ip address 192.168.101.2 255.255.255.0
R3(config-if)#no shutdown
R3(config-if)#exit
R3(config)#int fa0/1
R3(config-if)#ip address 192.168.102.1 255.255.255.0
R3(config-if)#no shutdown
R3(config-if)#exit
R3(config)#int fa1/0
R3(config-if)#ip address 192.168.2.254 255.255.255.0
R3(config-if)#no shutdown
R3(config-if)#exit
R3(config)#do show ip int brief
    Interface IP-Address OK? Method Status Protocol
    FastEthernet0/0 192.168.101.2 YES manual up up
    FastEthernet0/1 192.168.102.1 YES manual up down
    FastEthernet1/0 192.168.2.254 YES manual up up
    Vlan1 unassigned YES unset administratively down down
R3(config)#
```


(C) R4 介面卡設定

```
R4>en
R4#config ter
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R4(config)#int fa0/0
R4(config-if)#ip address 192.168.102.2 255.255.255.0
R4(config-if)#no shutdown
R4(config-if)#exit
R4(config)#int fa1/0
R4(config-if)#ip address 192.168.3.254 255.255.255.0
R4(config-if)#no shutdown
R4(config-if)#exit
Router(config-if)#int se0/2/0                [WAN interface DCE 設定]
Router(config-if)#ip address 202.168.1.1 255.255.255.0
Router(config-if)#bandwidth 100
Router(config-if)#clock rate 56000
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#exit
Router(config)#do show ip int brief
    Interface IP-Address OK? Method Status Protocol
    FastEthernet0/0 192.168.102.2 YES manual up up
    FastEthernet0/1 unassigned YES unset administratively down down
    Serial0/2/0 202.168.1.1 YES manual down down
    FastEthernet1/0 192.168.3.254 YES manual up up
    Vlan1 unassigned YES unset administratively down down
```

(C) R_R5 介面卡設定

```
Router#config ter
Router(config)#int se0/2/0                [WAN interface DTE 設定]
Router(config-if)#ip address 202.168.1.2 255.255.255.0
Router(config-if)#bandwidth 100
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#int fa0/0
Router(config-if)#ip address 120.118.166.254 255.255.255.0
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#exit
Router(config)#do show ip int brief
    Interface IP-Address OK? Method Status Protocol
    FastEthernet0/0 120.118.166.254 YES manual up up
```

```
FastEthernet0/1 unassigned YES unset administratively down down
Serial0/2/0 202.168.1.2 YES manual up up
Vlan1 unassigned YES unset administratively down down
Router(config)#
```

(E) 設定完成後網路圖：

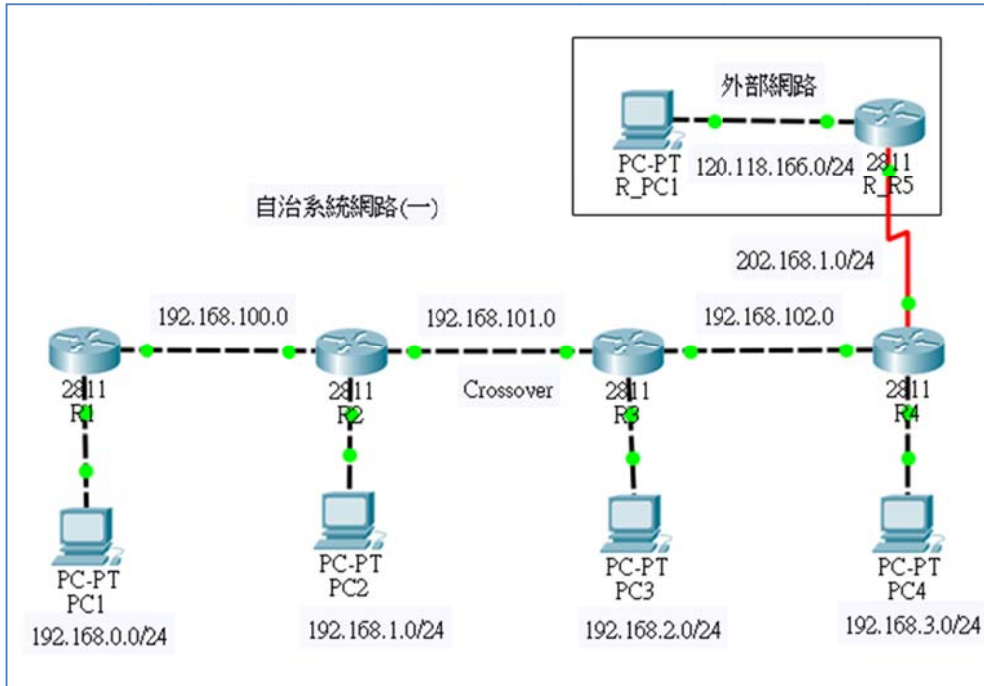


圖 7-5 自治系統網路(一)介面設定

(C) 測試連線：(完成後檔案：自治系統網路(一)介面設定.pkt)

■ PC1 測試(192.168.0.1)

```
C:\>ping 192.168.0.254      [OK]
C:\>ping 192.168.100.1     [OK]
C:\>ping 192.168.100.2     [NO]
```

■ PC2 測試(192.168.1.1)

```
C:\>ping 192.168.1.254     [OK]
C:\>ping 192.168.100.2     [OK]
C:\>ping 192.168.101.1     [OK]
C:\>ping 192.168.101.2     [NO]
```

■ PC4 測試(192.168.3.1)

```
C:\>ping 192.168.3.254     [OK]
```

```
C:\>ping 192.168.102.2      [OK]
C:\>ping 202.168.1.1      [OK]
C:\>ping 202.168.1.2      [NO]
```

■ 結果討論：

路由器僅設定介面卡的 IP Address，沒有設定路由表，工作站僅能連結到該所屬路由器的介面，並無法連結到路由器以外網路。

7-3 靜態繞路設定

7-3-1 僅設定預設閘門

(A) 預設閘門規劃

(請匯入『自治系統網路(一)_介面設定.pkt』實作演練)

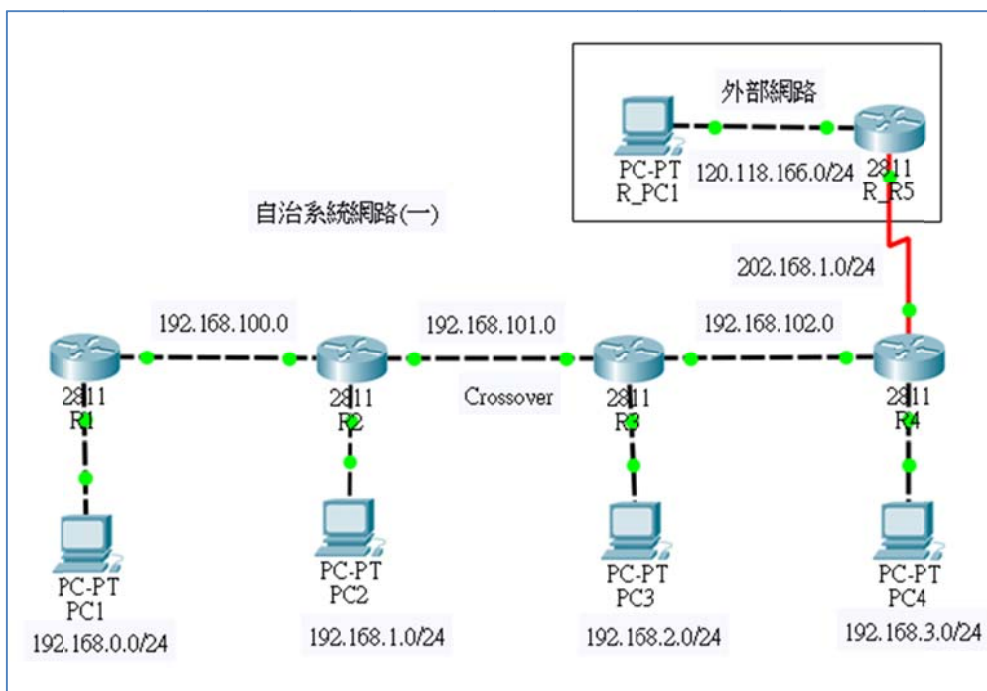


圖 7-5 自治系統網路(一)_介面設定

預設閘門是指：『不在路由表內網路位址，皆轉送的下一個埠口位址』。從 7-2-3 節得到結果是：僅設定路由表介面後，當封包進入路由器，它由 IP 封包標頭得知目的位址，如果

是本路由器介面的 IP 位址，則轉送該埠口上，如果都不是的話，便將它拋棄。接下來，我們來驗證如果設定預設閘門是否可以順利轉送封包，吾人規劃各路由器的預設閘門如下：

Router	Default Route	備註
R1	192.168.100.2	往外部網路方向傳送
R2	192.168.101.2	往外部網路方向傳送
R3	192.168.102.2	往外部網路方向傳送
R4	202.168.1.2	往外部網路方向傳送
R_R5	202.168.1.1	往 內部 網路方向傳送

(B) 預設閘門設定

■ R1 預設閘門設定

```
R1#config ter
R1(config)#ip routing
R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.100.2
R1(config)#do show ip route
...
Gateway of last resort is 192.168.100.2 to network 0.0.0.0

C 192.168.0.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
C 192.168.100.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.100.2
```

■ R2 預設閘門設定

```
R2#config ter
R2(config)#ip routing
R2(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.101.2
```

■ R3 預設閘門設定

```
R3#config ter
```

```
R3(config)#ip routing
R3(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.102.2
```

■ R4 預設閘門設定

```
R4#config ter
R4(config)#ip routing
R4(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 202.168.1.2
```

■ R_R5 預設閘門設定

```
R_R51#config ter
R_R5(config)#ip routing
R_R5(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 202.168.1.1
```

(C) 測試連線：(完成後檔案：自治系統網路(一)預設閘門.pkt)

■ PC1 測試(192.168.0.1)

```
C:\>ping 192.168.100.1      [OK]
C:\>ping 192.168.100.2      [NO]
```

■ PC2 測試(192.168.1.1)

```
C:\>ping 192.168.100.2      [OK]
C:\>ping 192.168.101.1      [OK]
C:\>ping 192.168.101.2      [NO]
```

■ PC4 測試(192.168.3.1)

```
C:\>ping 192.168.102.2      [OK]
C:\>ping 192.168.2.254       [NO]
C:\>ping 202.168.1.1         [OK]
C:\>ping 202.168.1.2         [OK]
C:\>ping 120.118.166.254     [OK]
C:\>ping 120.118.166.1       [OK]
```

■ R_PC1 測試(120.118.166.1)

```
C:\>ping 120.118.166.254     [OK]
C:\>ping 202.168.1.2         [OK]
C:\>ping 202.168.1.1         [OK]
C:\>ping 192.168.3.1         [OK]
C:\>ping 192.168.102.2       [OK]
```

```
C:\>ping 192.168.102.1      [OK]
C:\>ping 192.168.2.254    [NO]
C:\>ping 192.168.101.2    [NO]
```

■ 結果討論：

吾人僅設定預設閘門，對某些路由還是無法完全達成。

7-3-2 靜態路由表設定

(A) 路由表規劃

(請匯入『自治系統網路(一)_介面設定.pkg』再實際演練)

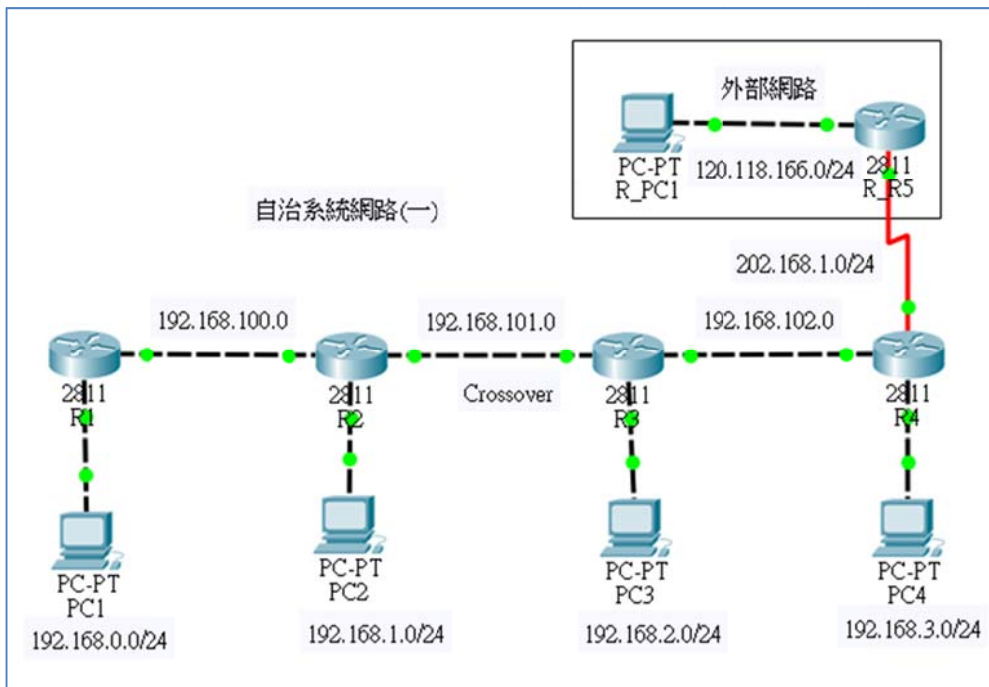


圖 7-5 自治系統網路(一)介面設定

靜態路由表的規劃要領是：『由本路由器出去，要到某一個網路區段的下一個路由器埠口位址』。譬如，由 R1 出去，要到 192.168.0.1 網路區段的下個路由器(R2) 埠口，它的 IP 位址(192.168.100.2)。另外，預設路由是指：『不在路由表內網路位址，皆轉送的下一個埠口位址』。我們依照圖 7-14 自治系統網路(一)規劃靜態路由表如下：

Router	Destination AD	Network Mask	Net Hop
R1	192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.100.2

	192.168.2.0	255.255.255.0	192.168.100.2
	192.168.3.0	255.255.255.0	192.168.100.2
	0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.100.2
R2	192.168.0.0	255.255.255.0	192.168.100.1
	192.168.2.0	255.255.255.0	192.168.101.2
	192.168.3.0	255.255.255.0	192.168.101.2
	0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.101.2
R3	192.168.0.0	255.255.255.0	192.168.101.1
	192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.101.1
	192.168.3.0	255.255.255.0	192.168.102.2
	0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.102.2
R4	192.168.0.0	255.255.255.0	192.168.102.1
	192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.102.1
	192.168.2.0	255.255.255.0	192.168.102.1
	0.0.0.0	0.0.0.0	202.168.1.2
R_R5	0.0.0.0	0.0.0.0	202.168.1.1

(B) 路由表設定

■ R1 設定靜態路由：

```

R1(config)#ip routing
R1(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.100.2
R1(config)#ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 192.168.100.2
R1(config)#ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 192.168.100.2

```

```
R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.100.2
R1(config)#do show ip route
Gateway of last resort is 192.168.100.2 to network 0.0.0.0

C 192.168.0.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
S 192.168.1.0/24 [1/0] via 192.168.100.2
S 192.168.2.0/24 [1/0] via 192.168.100.2
S 192.168.3.0/24 [1/0] via 192.168.100.2
C 192.168.100.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.100.2
```

■ R2 設定靜態路由：

```
R2(config)#ip routing
R2(config)#ip route 192.168.0.0 255.255.255.0 192.168.100.1
R2(config)#ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 192.168.101.2
R2(config)#ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 192.168.101.2
R2(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.101.2
R2(config)#do show ip route
Gateway of last resort is 192.168.101.2 to network 0.0.0.0

S 192.168.0.0/24 [1/0] via 192.168.100.1
C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
S 192.168.2.0/24 [1/0] via 192.168.101.2
S 192.168.3.0/24 [1/0] via 192.168.101.2
C 192.168.100.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 192.168.101.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.101.2
```

■ R3 設定靜態路由：

```
R3(config)#ip routing
R3(config)#ip route 192.168.0.0 255.255.255.0 192.168.101.1
R3(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.101.1
R3(config)#ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 192.168.102.2
R3(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.102.2
R3(config)#do show ip route
Gateway of last resort is 192.168.102.2 to network 0.0.0.0

S 192.168.0.0/24 [1/0] via 192.168.101.1
S 192.168.1.0/24 [1/0] via 192.168.101.1
C 192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
```



```
S 192.168.3.0/24 [1/0] via 192.168.102.2
C 192.168.101.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 192.168.102.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.102.2
```

■ R4 設定靜態路由：

```
R4(config)#ip routing
R4(config)#ip route 192.168.0.0 255.255.255.0 192.168.102.1
R4(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.102.1
R4(config)#ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 192.168.102.1
R4(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 202.168.1.2
R4(config)#do show ip route
Gateway of last resort is 202.168.1.2 to network 0.0.0.0

S 192.168.0.0/24 [1/0] via 192.168.102.1
S 192.168.1.0/24 [1/0] via 192.168.102.1
S 192.168.2.0/24 [1/0] via 192.168.102.1
C 192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
C 192.168.102.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 202.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/2/0
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 202.168.1.2
```

■ R_R5 設定靜態路由：

```
R_R5(config)#ip routing
R_R5(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 202.168.1.1
R_R5(config)#do show ip route
Gateway of last resort is 202.168.1.1 to network 0.0.0.0

120.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C 120.118.166.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C 202.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/2/0
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 202.168.1.1
```

(C) 路由器繞路測試

(請匯入『自治系統網路(一)_靜態繞路設定.pkg』)

■ PC1 (192.168.0.1) 繞路測試：

```
C:\>ping 192.168.1.1      [OK]
C:\>ping 192.168.2.1      [OK]
```

```
C:\>ping 192.168.3.1    [OK]
C:\>ping 120.118.166.1 [OK]
```

■ PC2 (192.168.1.1) 繞路測試：

```
C:\>ping 192.168.0.1    [OK]
C:\>ping 192.168.2.1    [OK]
C:\>ping 192.168.3.1    [OK]
C:\>ping 120.118.166.1 [OK]
```

■ PC3 (192.168.2.1) 繞路測試：(PC4 略過測試)

```
C:\>ping 192.168.0.1    [OK]
C:\>ping 192.168.1.1    [OK]
C:\>ping 192.168.3.1    [OK]
C:\>ping 120.118.166.1 [OK]
```

■ R_PC5 (120.118.166.1) 繞路測試：

```
C:\>ping 192.168.0.1    [OK]
C:\>ping 192.168.1.1    [OK]
C:\>ping 192.168.2.1    [OK]
C:\>ping 192.168.3.0    [OK]
```

7-4 動態繞路簡介

所謂『動態繞路』(Dynamic Routing)？即是『網路上各個路由器隨時互相傳遞網路最新狀態，每個路由器收到相鄰之間路由器的訊息，再依照這些資料建立路由表。』由此可見，動態路由表會隨時依照網路狀態變化中。

在網路大環境隨時變動情況下，使用靜態路由選擇非常不方便，必須針對網路情況，隨時修改路由表。動態路徑選擇會依照網路情況隨時修正路由表，當網路上有任何更動，動態路由選擇器會隨時更新資料，而計算出下一個路徑應該是哪一個路由器的效率最高。雖然動態路由選擇能隨時提供最佳路徑，但為了維持這個功能，必須隨時在網路上收集最新資訊，也是會浪費不少頻寬。

目前較常用的路徑選擇技術有下列兩種：

- 鏈路狀態繞路法 (Link-State Routing, LS Routing)

- 距離向量繞路法 (Distance Vector Routing, DV routing)

以下分別介紹之。

7-4-1 鏈路狀態繞路法

『鏈路狀態繞路』(Link-State Routing , LS Routing) 是屬於動態演算法。路由器必須隨時依照最新消息計算出路由路徑，也隨時更新路由表。它是一種『半集中式』

(Quasi-centralized) 的路徑選擇演譯法 (Routing algorithm)。首先每一個路由器必須定期測量它和鄰近路由器之間的費用，這費用可能和佇列延遲、頻寬等因素有關，不同通訊協定都有各自的定義。這費用又稱為『鏈路費用』(Link Cost)。當每一路由器測出相鄰之間的費用後，定期廣播給其他『所有』路由器，該廣播的訊息又稱為『鏈路狀態』(Link State) 訊息。同樣的，任何一部路由器也會接收到其他路由器廣播的鏈路狀態，再依照這些訊息計算出到達其他路由器的最短路徑，並建構路由表。路由表上註明欲往哪一個路由器的下一個路由器位置 (如圖 7-6 所示)。因此在 LS Routing 演譯法下每一個路由器建立路由表的步驟如下：

(A) 利用 Hello 封包查詢相鄰路由器

當路由器啟動後，立即發送 Hello 封包 (Hello Request) 給所有相鄰路由器 (或定期發送)。當其它路由器收到 Hello 封包後，也必須立即回覆 Hello 封包 (Hello Response)，並告知路由器名稱。如圖 7-6 所示，路由器 A 發送 Hello 查詢封包(H_Re)給相鄰路由器(B、C、D)，相鄰路由器也回應 Hello 封包 (H_Rp) 給它。路由器也因這樣而知道有哪些路由器和它相鄰。

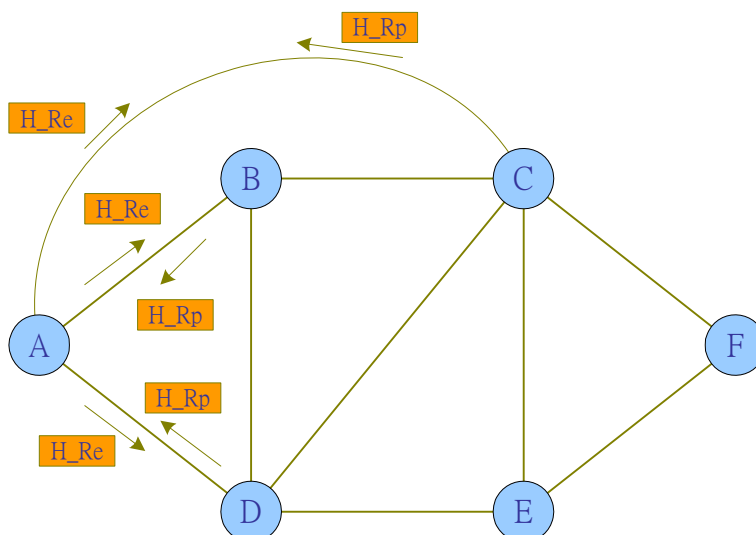


圖 7-6 發送 Hello 封包查詢及回應

(B) 計算鏈路費用

發送 Hello 之路由器，由相鄰路由器的回應 Hello 封包，而得知它們之間的路徑費用。再由這些訊息計算出到達相鄰路由器之間的鏈路費用。依照各種通訊協定的需求，針對路徑費用的定義也不盡相同，可能採用傳輸延遲、佇列延遲、或頻寬容量等等因素，但最容易取得的是傳輸延遲。當路由器發送查詢 Hello 封包(H_Re)後，到它收到某一路徑回應(H_Rp)的時間，計算之間差異，再取一半的值 (除以 2)，這就是該路徑的傳輸延遲時間，一般都以毫秒 (ms) 為單位。在圖 7-7 之中，我們假設所有路由器都經過廣播 Hello 封包後，計算出它們之間的路徑費用(也是鏈路狀態)，並假設鏈路兩端所計算費用都相同(如，A → B 和 B → A)。

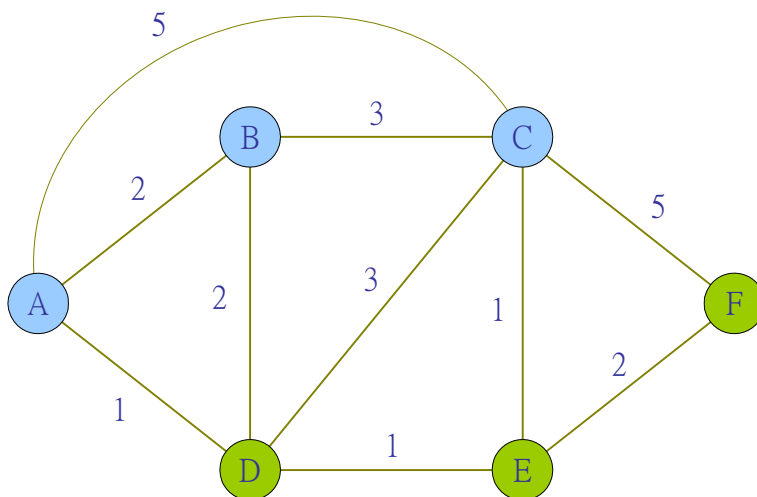


圖 7-7 鏈路狀態範例

(C) 建立鏈路狀態並廣播給所有路由器

由上一步驟，各路由器已得知相鄰路由器之間的狀態值 (如圖 7-6)，並各自建立鏈路狀態封包，如圖 7-8 所示。



圖 7-8 鏈路狀態封包範例

各路由器再將它的鏈路狀態封包廣播給網路上『所有』路由器。同樣的，每一部路由器也收到所有其他路由器的鏈路狀態封包，再由這些訊息計算出欲往某一路由器的最佳路徑，也建立了路由表。既然任何一部路由器都可由網路收到所有鏈路狀態，並算出自己的路由表，因此我們稱之為『半集中式』的路徑選擇法。

針對廣播鏈路狀態封包可能造成廣播風暴 (Broadcast Storm) 的問題，其類似熱馬鈴薯方法發送。每一個路由器收到封包後，便往其他路徑複製轉送，才可以將封包廣播到所有路由器上。因此，我們必須在封包上編有封包序號和時間戳記 (Time-stamp)。當封包進入路由器後檢查該封包是否來過，如果來過便將其拋棄不再轉送。還有時間戳記是用來更新封包序號紀錄，決定是否可以刪除。

(D) 計算出最短路徑及更新路由表

當每一路由器收到其他所有路由器的鏈路狀態封包，必須計算出它到達任何一部路由器的最佳路徑。在圖形理論中，有許多尋找最短路徑的演算法，其中較被常用的是 Dijkstra' s shortest path algorithm。(請參考 TCP/IP 協定與 Internet 網路)

7-4-2 距離向量繞路法

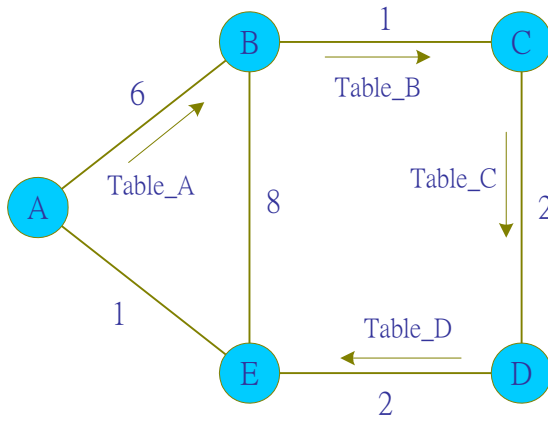
『距離向量繞路法』(Distance Vector Routing , DV Routing) 是一種動態的分散式路徑選擇演算法。由此演算法所實現的通訊協定之下的路由器，它們的路由表是由鄰近相鄰路由器之中共同建立而成，因此稱之為『分散式』。網路上每一個路由器都必須維護一個二維的『向量表』(Vector Table)，向量表格內紀錄本身路由器到每一個路由器的已知的最佳距離。路由

器定期和鄰近路由器交換向量表（並不廣播給所有路由器）來建立路由表。當路由器接收到鄰近傳來的向量表時再修正本身的向量表，向量表的內容就一直修正再傳送，整個網路狀況也就能漸漸地傳遞到每一個路由器上。隨著時間路由器上之路由表的資料漸漸完備，也漸漸能找出最佳路徑。向量表只傳送給相鄰的路由器，對網路的頻寬也佔用較少，也不會造成廣播風暴。

對於向量表中各個欄位，如果使用路由器之間距離的數值，稱之為『距離向量』(**Distance Vector**)。表示兩個路由器之間相距幾個路由器，向量表又稱為『距離表』(**Distance Table**)。但目前使用之 DV routing 並不只估計相鄰之間的距離，我們會將各個路由器之間的佇列延遲、頻寬和網路壅塞情況來計算成為相鄰之間的『距離費用』(**Distance Cost**)。假設路由器已知它相鄰路由器之『距離』，如果距離費用是封包跳躍次數，則其值剛好為 1；如果距離費用為佇列長度，則路由器僅需計算每個佇列；如果距離費用是延遲時間，則路由器可利用一個特殊的 Echo 封包要求鄰近路由器回應，再計算要求和回應之間時間的差距，再取它的一半值就是延遲時間。歸納如下：

- (1) 每各路由器都須維護一只『距離向量表』，並依此表建立『路由表』。
- (2) 將『路由表』傳遞給相鄰路由器。
- (3) 路由器收到『路由表』後，結合原有『距離向量表』成為新的『距離向量表』，再建立新的『路由表』，並傳遞給下一個路由器。
- (4) 依此類推，路由器定期將路由表傳遞給相鄰路由表。

我們以圖 7-9 為範例來說明路由器之間距離向量的傳遞，和路由表建立的過程。在圖中兩個端點（如，A、B）之間的標示值（如，6），為該兩端點之間的距離費用，其值的來由也許經過：跳躍次數、延遲時間等等因素所計算出來的。並假設距離向量傳遞路徑為：A → B → C → D → E。當距離向量進入某一路由器後，便和本身的路由表搜尋出所有可能到達的路徑，再由新建立的路由表之中尋找出最短路徑。緊接著，又將該最短路徑的路由表傳遞給下一個路由器。一直到最後，觀察路由器 E 的路由表的變化結果，便可瞭解距離向量演算法的運作情形。



假設：距離向量廣播路徑為：
 A → B → C → D → E
 每經過一個路由器計算
 出最佳路徑，再往下一
 站傳遞。

圖 7-9 距離向量演算法範例

圖 7-10 (a) ~ (e) 為各個路由器的起始距離向量表，並假設所有路由器都未和其他路由器交換訊息。針對每一個向量表，我們記錄了：從該路由器到其他路由器所經由不同相鄰路由器的費用。例如 DE(A, B) 是從 E 到 A 經由 B 的費用。其他空白部份表示沒有訊息，也可說是路徑費用無限大 (∞)。

(a) 路由器 A		(b) 路由器 B		(c) 路由器 C	
經由		經由		經由	
B E		A C E		B D	
目的		目的		目的	
B	6	A	6	A	
C		C	1	B	1
D		D		D	2
E	1	E	8	E	
$D^A(B, B) = 6$		$D^B(A, A) = 6$		$D^C(B, B) = 1$	
$D^A(E, E) = 1$		$D^B(C, C) = 1$		$D^C(D, D) = 2$	
		$D^B(E, E) = 8$			

圖 7-10 (a) ~ (c) 路由器的起始路由表

(d) 路由器 D		(e) 路由器 E	
經由		經由	
C E		A B D	
目的		目的	
A		A	1
B		B	8
C	2	C	
E	2	D	2
$D^D(C, C) = 2$		$D^E(A, A) = 1$	
$D^D(E, E) = 2$		$D^E(B, B) = 8$	
		$D^E(D, D) = 2$	

圖 7-11 (d)、(e) 路由器的起始路由表

向量表傳遞後，路由器依照進入的向量表和本身路由表，建構新的路由表，其步驟如下：

- (1) 路由器 (如 B) 首先登錄自己和進入向量表的路由器 (如 A) 之間的費用 ($DB(A, A) = 6$)。
- (2) 再搜尋向量表 (如圖 7-9-1 (a)) 中可能到達的端點 (其值不是 ∞)，兩個路徑費用的合如小於表中內所紀錄的值，便取代它。
- (3) 搜尋索有路徑後，建立新的路由表，再由新的路由向量表找出最短路徑，再將其傳遞給下一個路由器。

我們以圖 7-9 為例子，來推演距離向量演算法建構新路由表的過程，而距離傳遞方向假設只有單一路徑，其方向為： $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ 。我們以下列步驟來觀察推演的過程：

(A) 路由器 A 建構起始路由表

路由器 A 沒有收到其他路由器的向量表，依照自己向鄰近路由器查詢之距離費用 (如 6-10 (a)) 建構出路由表。如圖 7-12 所示，其中最短路徑是由距離向量表中，查出每列的向量值最低者，並將其建立成路由表。如圖中，它可經由 B 到達 B 的費用是 6 ($DA(B, B)$) 為該列最小值；又 $DA(E, E) = 1$ 也是該列最小值。路由器 A 建構路由表後，再將該路由表傳遞給 B ($A \rightarrow B$)，緊接著下一步驟。

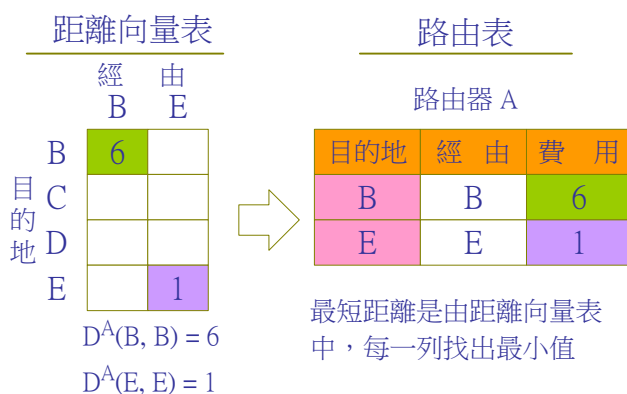


圖 7-12 路由器 A 自行建構路由表

(B) 路由器 A 傳送給路由器 B ($A \rightarrow B$)

路由器 A 將路由表 (圖 7-12) 傳遞給路由器 B。B 起始距離向量表如圖 6-10 (b)，再利用這兩個向量表建立出新的距離向量表。首先，B 由路由表中查出它自己經由 A 到 A 的費用 ($DB(A, A) = 6$)。再由 A 的向量表中查詢可能到達的端點 (B、E)，得知可經由 A 到達 E ($DA(E, E) = 1$)。則將兩個端點路徑費用的和 ($DB(A, A) + DA(E, E) = 7$) 填入經由 A 到 E 的欄位內。再由表中的每一列的最小值，找到最短路徑 (如第四列)，建構出路由表如圖 7-13 所示。並將路由表傳遞給 C (B → C)，接下一步驟。

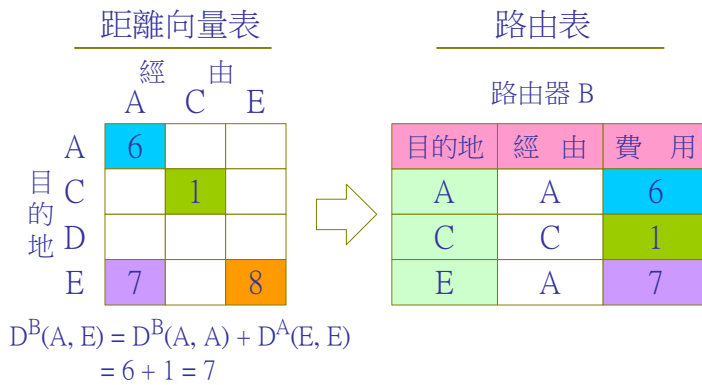


圖 7-13 路由器 B 經過 (A → B) 後建立新的路由表

(C) 路由器 B 傳送給路由器 C (B → C)

路由器 B 將路由表 (圖 7-13) 傳遞給路由器 C。C 起始距離向量表如圖 7-10 (c)，再利用這兩個向量表建立出新的距離向量表如圖 7-14 所示。首先 C 由本身路由表中查詢出到達路由器 B 之間的費用 ($DC(B, B) = 1$)，在搜尋 B 的向量表可能到達的端點 (A、E)。

- (1) 到達 A (經由 B 到達 A): $DC(B, B) + DB(A, A) = 1 + 6 = 7$ ，原向量表中的值為無限大 (∞)，因而取代為 7。
- (2) 到達 E (經由 B 到達 E): $DC(B, B) + DB(A, E) = 1 + 7 = 8$ ，填入表格。
- (3) 搜尋完後所建立之向量表，再找出最短路徑，建立出新的路由表，如圖 7-14 所示。並將路由表傳遞給 D (C → D)，接下一步驟。

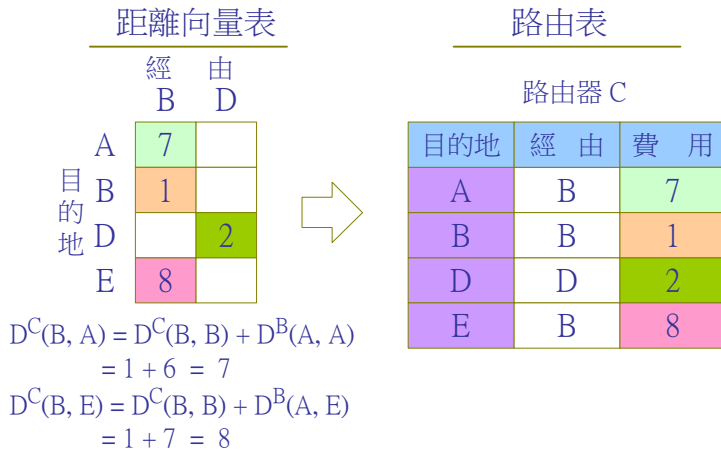


圖 7-14 路由器 C 經過 (B → C) 後建立新的路由表

(D) 路由器 C 傳送給路由器 D (C → D)

路由器 C 將路由表(圖 7-14)傳遞給路由器 D。又 D 的起始距離向量表如圖 7-11 (d) ，再利用這兩個向量表建立出新的距離向量表。而 D 到 C 的費用是 2 (DD(C, C))，另由向量表(圖 7-15)中查詢出可經由 C 到達之端點為 A、B、E。搜尋步驟如下：

- (1) 到達 A： $DD(C, A) = DD(C, C) + DC(B, A) = 2 + 7 = 9$ 。
- (2) 到達 B： $DD(C, B) = DD(C, C) + DC(B, B) = 2 + 1 = 3$ 。
- (3) 到達 E： $DD(C, E) = DD(C, C) + DC(B, E) = 2 + 8 = 10$ 。
- (4) 搜尋完後所建立之向量表及所建構出新的路由表如圖 6-12 所示。再將它的路由表傳遞給 E，緊接下一步驟 (D → E)。

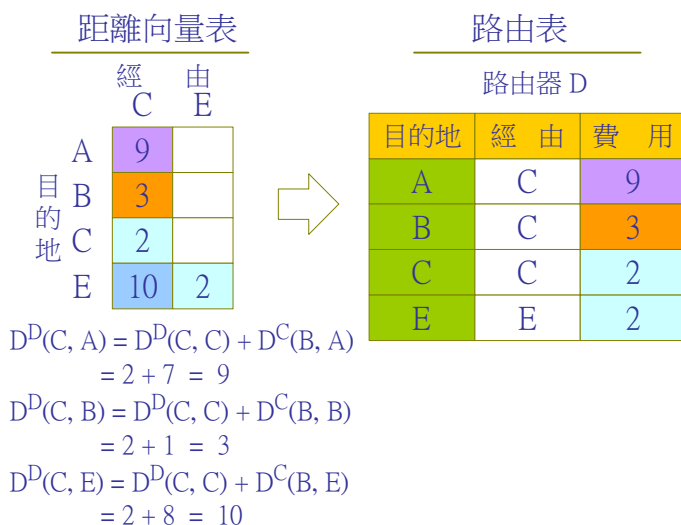


圖 7-15 路由器 D 經過 (C → D) 後建立新的路由表

(E) 路由器 D 傳送給路由器 E (D → E)

路由器 D 將路由表 (圖 7-15) 傳遞給路由器 E。又 E 的起始距離向量表如圖 7-11 (e) ，再利用這兩個向量表建立出新的距離向量表。搜尋步驟如下：

- (1) 到達 A : $DE(D, A) = DE(D, D) + DD(C, A) = 2 + 9 = 11$ 。
- (2) 到達 B : $DE(D, B) = DE(D, D) + DD(C, B) = 2 + 3 = 5$ 。
- (3) 到達 C : $DE(D, C) = DE(D, D) + DD(C, C) = 2 + 2 = 4$ 。
- (4) 搜尋完後所建立之向量表及所建構出新的路由表如圖 7-16 所示。

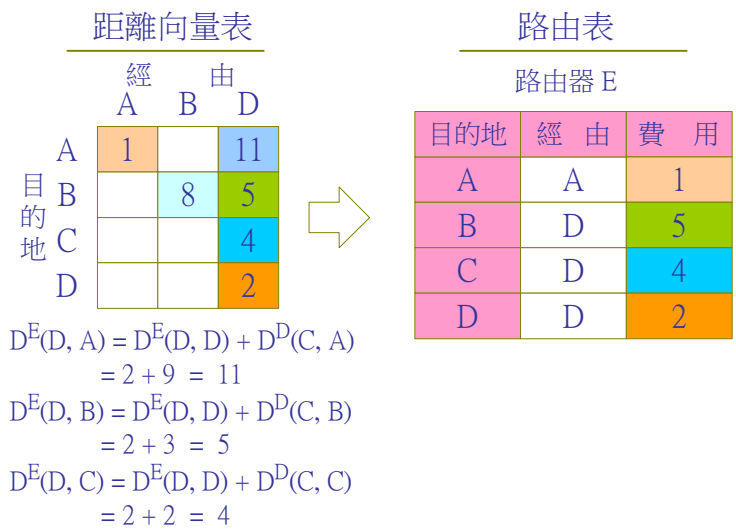


圖 7-16 路由器 E 經過 (D → E) 後建立新的路由表

以上所推演的過程之中，只有單一路徑 (A → B → C → D → E)。當然，在正常情況下，路由器會隨時交換它們之間的距離向量表。假設，它們之間的路徑費用沒有改變，路由器 E 的向量表和路由表將如圖 7-17 (a)、(b) 所示。

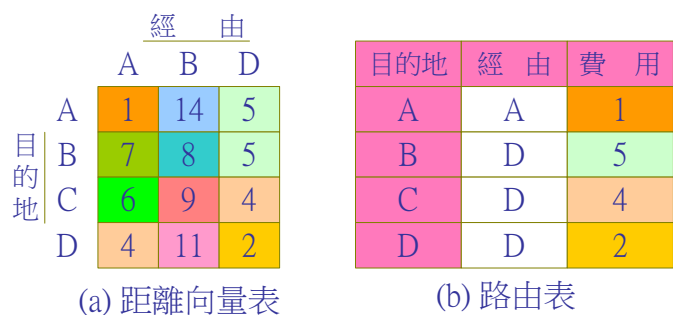


圖 7-17 路由器 E 的距離向量表和路由表

吾人比對原範例上路徑值與圖 7-17 路由器的路由表內容，發現經過 DV-Routing 運作後，所建立的路由表正確無誤。(如圖 7-18 所示)

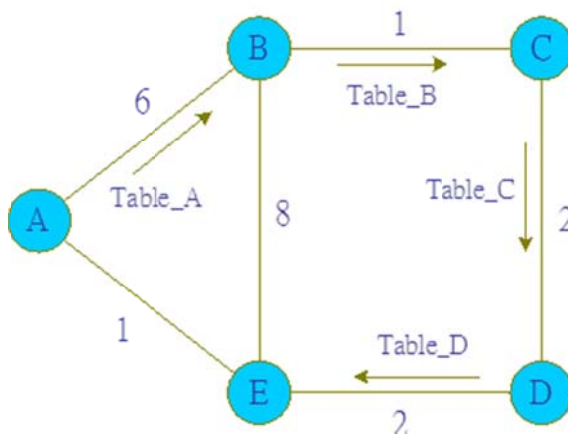


圖 7-18 比對路由器 E 路由表

7-5 RIPv2 繞路協定與設定

7-5-1 RIP 繞路協定簡介

『路徑訊息協定』(**Routing Information Protocol, RIP**) (RFC 1058) 是由 Xerox 公司的 Palo Alto Research Center (PARC) 所發展出來。RIP 採用『距離向量繞路法』(**Distance - Vector Routing**)，首先路由器 (內部閘門) 紀錄每個進入封包的來源位址和計算其所經過路徑的數目 (hop) (可由 IP 封包之 TTL 欄位數值計算出)，在每一段時間 (一般設定 30 秒) 內廣播給相鄰的路由器。每一個路由器從自己所計算的訊息和其他路由器所傳遞過來的訊息之中計算出最佳路徑 (請參閱 7-4 節之演算法)，再更新路由表。目前 RIP 協定在 Internet 網路上應用有兩種版本規格：RIP 和 RIP 2，目前大多使用 RIPv2，吾人僅介紹它。以下分別介紹其訊息格式及運作方式。

(A) RIPv2 訊息封裝

RIP 訊息是以 UDP 協定 (埠口 520) 包裝，也是透過 IP 協定傳送，圖 7-19 為 RIP、UDP 和 IP 封裝格式。

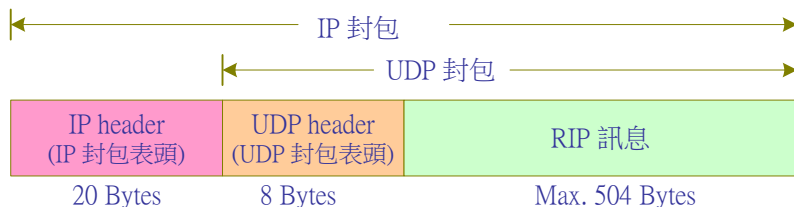


圖 7-19 RIP 訊息封裝

(B) RIPv2 訊息格式

圖 7-20 為 RIPv2 封包格式，各欄位功能如下：

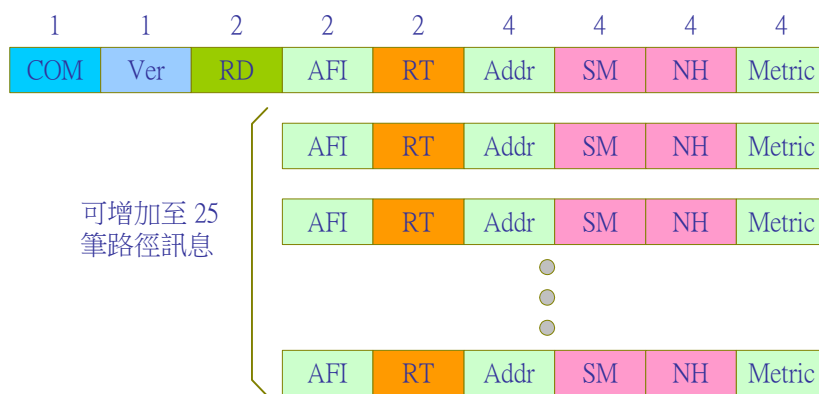


圖 7-20 RIPv2 封包格式

在一個 RIP 封包內最多可增列 25 筆路徑訊息，每一筆訊息的長度為 20 Bytes，因此 RIP 訊息最長為 504 (20 × 25 + 4) Bytes，還不超過 UDP 封包最長 512 Bytes 限制，在一般環境下都可順利傳輸 (MTU 限制)。其實 RIP 封包內設計每筆訊息可存放 14 位元組長的位址，但使用 IP 位址格式只用到 4 個位元組，其餘都設為 0。

圖 7-20 為 RIP 2 封包格式，由圖中我們可發現 RIP 2 充分利用 RIP 的位址的空白欄位，填入更多的訊息。以下介紹所增加的 3 個訊息欄位：

- **路由網域 (Routing Domain, RD)**：提供路由程式的辨識記號，也就是執行該程式的程序識別碼 (Process ID)。
- **路由標籤 (Route Tag, RT)**：提供一個方法來區分內部閘門和外部閘門之間的路徑訊息。
- **次網路遮罩 (Subnet Mask, SM)**：提供該筆訊息的次網路遮罩，如都為 0 表示沒有提供 SM 資料。

- **下一路徑 (Next Hop, NH)**：到達該筆訊息之位址的下一路徑。
- **路由值 (Metric)**：到達位址欄位內之 IP 位址所必須經過的跳躍次數 (hop count)。最高值為 15，如果超過 15 (16) 表示不可到達。Metric 的計算方式如圖 7-21，每經過一個路由器就增加一，譬如路由器 1 和 3 之間的 Metric 為 2。

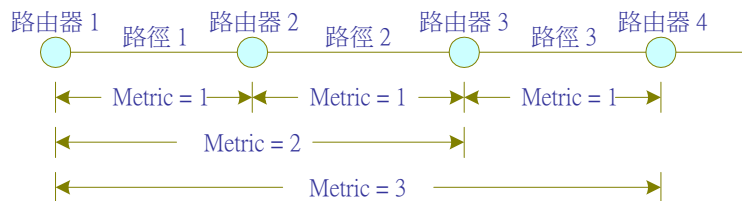


圖 7-21 RIPv2 的 Metric

(C) RIP 運作程序

RIP 協定是使用路由器上眾所皆知 (Well-Know) 的 UDP 埠口 520，它運作程序如下：

- 1. 初始化**：當 RIP 啟動時，便偵測所有運作的介面，並針對每一介面送出請求的封包 (RIP Request) (或廣播方式)，詢問其它路由器的路由表。對方路由器的埠口也是 UDP 520，而該 RIP Request 的 AFI = 0、Addr = 自己的 IP 位址、Metric = 16。
- 2. 收到請求**：路由器收到 RIP Request，即將本身的路由表以 RIP Response 回應給詢問者。另一種情況，如果 RIP Request 內所紀錄的路徑訊息，本身路由表內無資料，表示可能無法到達，便將該路徑的 Metric 設定為 16 (表示無窮大的值)，也一起回應給詢問端。
- 3. 收到回應**：詢問端收到 RIP Response，就利用 RIP Response 上所登錄的路徑訊息，來更改本身路由表。新的紀錄可以被加入，已存在的紀錄可以被更改或刪除。
- 4. 定期更新路由表**：一般系統都設定每 30 秒，路由器會將本身路由表得全部或部份，廣播給相鄰的路由器，以更新路由資訊。
- 5. 被動更新**：當路由器發現本身和相鄰之間的跳躍數有變更時，隨時發送更新資訊給其它相鄰之路由器，但只發送變更部份。

如果路由器發現它相鄰的路由器已超過三分鐘沒有發送訊息，則將前往該路由器的跳躍值更改為 16，以隔離往該路由器之路徑。又針對 RIP 有一些缺點，RIPv2 將其改進如下：

- 為了減少廣播 RIP 封包的數量，儘可能減少自治系統(AS)之間的路徑訊息流通，因此在 RIP 2 的路徑訊息內有一個 RT (Route Tag) 以區分不同自治系統，如果路由器收到的路徑訊息是不屬於本身自治系統，便可將其拋棄。
- 一般路徑資訊上的 IP 位址都以網路位址來表示，但也有可能以路由器本身的 IP 位址，如此便很難區分網路位址範圍，尤其是在有子網路分割的環境裡，因此 RIP 2 增加『次網路遮罩』(Subnet Mask, SM)，以提供網路號碼的識別。
- RIP 雖然提供路由器之間交換路由表，但沒有提供最佳路徑選擇，RIP 2 的每一筆路徑訊息裡，也提供下一路徑 (Next Hop, NH) 訊息，以提供最佳路徑給其它路由器參考。

(D) RIP 運作範例

我們用圖 7-22 來說明 RIP 協定的運作程序，也讓我們對 DV Routing 演譯法有更進一步的認識。假設圖中各路由器的路由表皆為起始狀態 (未和其它路由器交換任何訊息)，其中 Dest. 欄位表示目的網路(Destination)、Next H 欄位為下一路徑(Next-Hop)的路由器、Metric 為向量值 (跳躍數量)、D (Direct) 表示直接到達網路。假設訊息傳遞方式為 R1 到 R2、再到 R3、再到 R4，依此方向來看各路由表變化情形(當然，實際在運作的網路會雙方向廣播)。

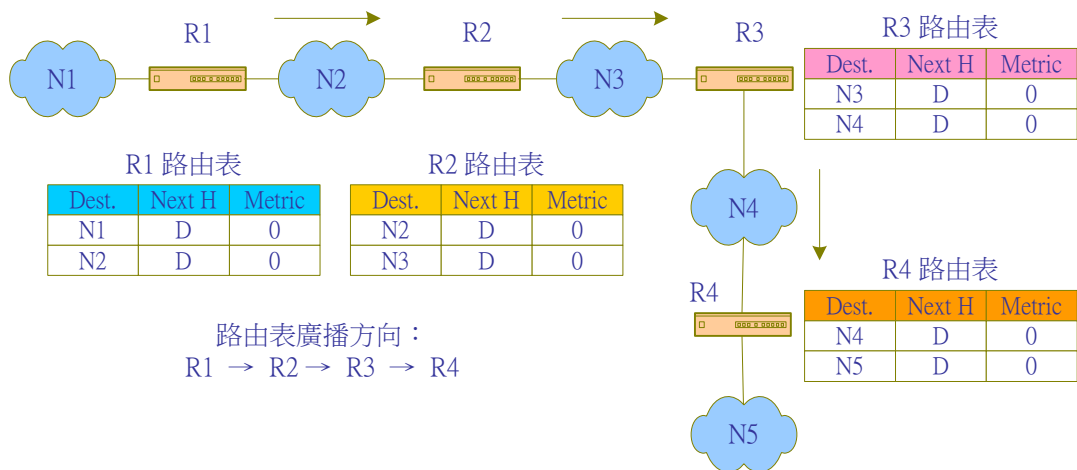


圖 7-22 RIP 運作範例

■ R1 傳遞路由表給 R2：

R1 廣播路由表給 R2 後，R2 建立新的路由表，如圖 7-23 所示。

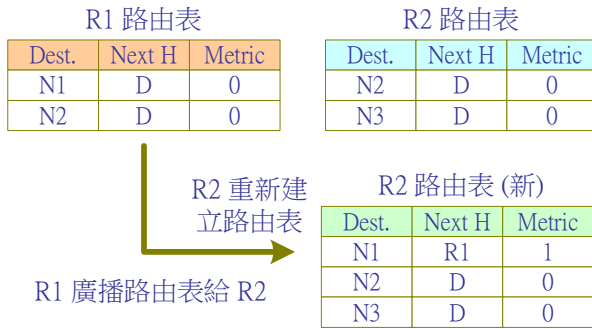


圖 7-23 R1 廣播路由表給 R2

■ R2 傳遞路由表給 R3：

R2 廣播新的路由表給 R3 後，R3 建立新的路由表，如圖 7-24 所示。

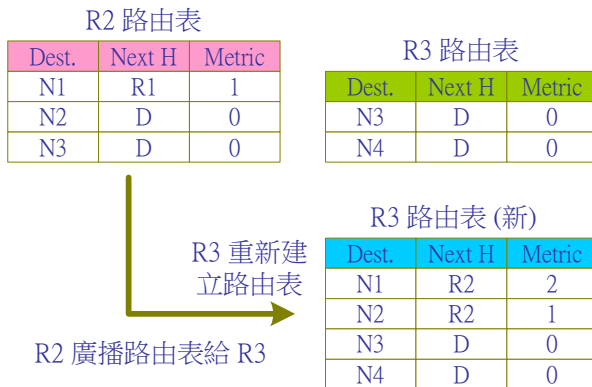


圖 7-24 R2 廣播路由表給 R3

■ R3 傳遞路由表給 R4：

R3 廣播新的路由表給 R4 後，R4 建立新的路由表，如圖 7-25 所示。

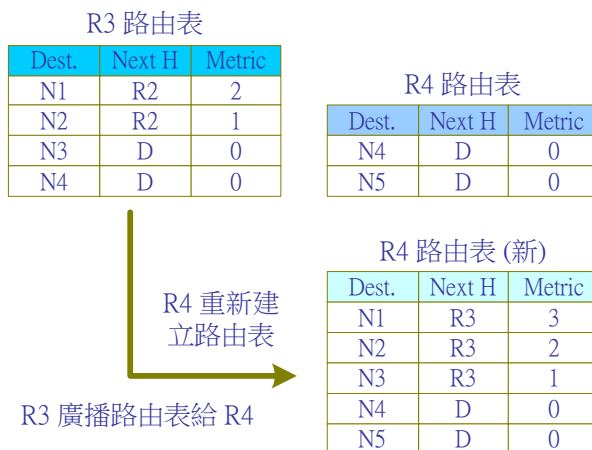


圖 7-25 R3 廣播路由表給 R4

RIP 協定的最大限制就是跳躍距離最大 15 個區段，目前網路中自治系統環境也愈來愈大，在一個自治系統之路由器也許會超過這個數目。又因採用距離向量法可能會發生訊息過慢收斂問題，也就是說當網路變更或故障時，無法在快速的時間內傳遞及更新所有路由器上的路由表，造成封包回繞或到達不了目的地。解決方法有水平分割法、以毒攻毒法等等。(詳細推演請參考：TCP/IP 與 Internet 網路)

7-5-2 RIPv2 繞路設定

(A) RIPv2 繞路規劃

(請匯入『自治系統網路(一)_介面設定.pkg』再實際演練)

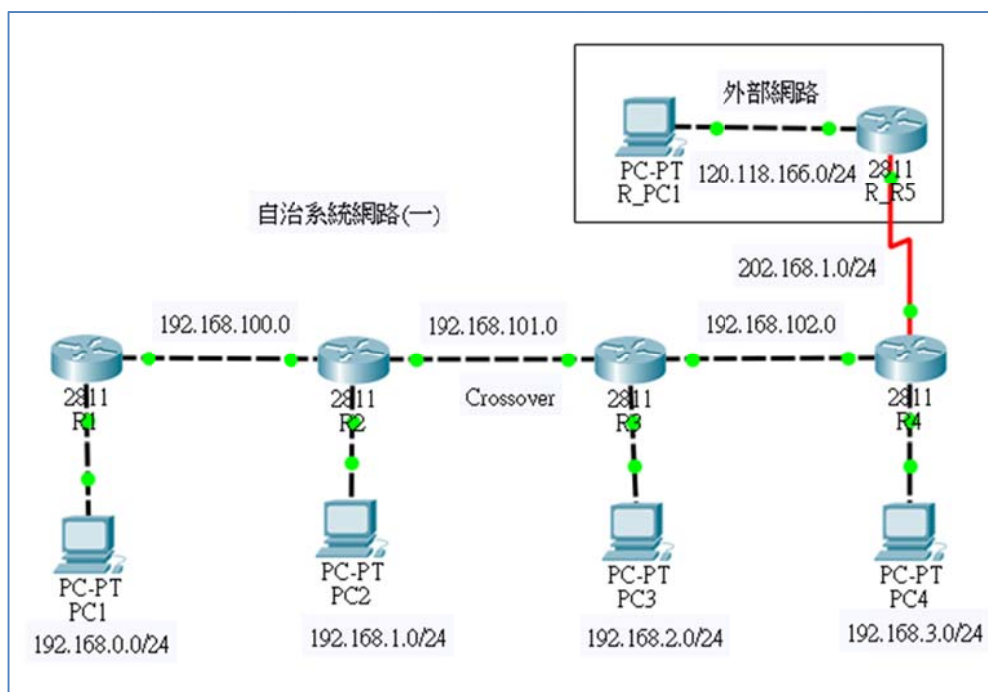


圖 7-5 自治系統網路(一)

吾人依照圖 7-14 自治系統網路(一)·規劃 RIPv2 動態繞路環境如下:(假設沒有設定『預設閘門』)

Router	Network_1	Network_2	Network_3
R1	192.168.0.0	192.168.100.0	
R2	192.168.100.0	192.168.1.0	192.168.101.0

R3	192.168.101.0	192.168.2.0	192.168.102.0
R4	192.168.102.0	192.168.3.0	202.168.1.0
R_R5	120.118.166.0	202.168.1.0	

(B) RIPv2 設定

- R1 設定 RIPv2 與網路範圍：

```
R4(config)#ip routing           [啟動 IP Routing 功能]
R1(config)#router rip          [進入設定 rip 繞路功能]
R1(config-router)#version 2    [選擇 RIPv2 版本]
R1(config-router)#network 192.168.0.0 [設定網路管轄範圍]
R1(config-router)#network 192.168.100.0 [設定網路管轄範圍]
R1(config-router)#exit
```

- R2 設定 RIP 與網路範圍成果：

```
R4(config)#ip routing
R2(config)#router rip
R2(config-router)#version 2
R2(config-router)#network 192.168.1.0
R2(config-router)#network 192.168.100.0
R2(config-router)#network 192.168.101.0
R2(config-router)#exit
```

- R3 設定 RIP 與網路範圍成果：

```
R4(config)#ip routing
R3(config)#router rip
R3(config-router)#version 2
R3(config-router)#network 192.168.2.0
R3(config-router)#network 192.168.101.0
R3(config-router)#network 192.168.102.0
R3(config-router)#exit
R3(config)#do show ip route
....
R 192.168.0.0/24 [120/2] via 192.168.101.1, 00:00:05, FastEthernet0/0
S 192.168.1.0/24 [1/0] via 192.168.101.1
C 192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
R 192.168.100.0/24 [120/1] via 192.168.101.1, 00:00:05, FastEthernet0/0
```

```
C 192.168.101.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
R3(config)#exit
R3#copy running-config startup-config
```

■ R4 設定 RIP 與網路範圍成果：

```
R4(config)#ip routing
R4(config)#router rip
R4(config-router)#version 2
R4(config-router)#network 192.168.3.0
R4(config-router)#network 192.168.102.0
R4(config-router)#network 202.168.1.0
R4(config-router)#exit
R4(config)#do show ip route

Gateway of last resort is not set

R 192.168.1.0/24 [120/2] via 192.168.102.1, 00:00:17, FastEthernet0/0
R 192.168.2.0/24 [120/1] via 192.168.102.1, 00:00:17, FastEthernet0/0
C 192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
R 192.168.100.0/24 [120/2] via 192.168.102.1, 00:00:17, FastEthernet0/0
R 192.168.101.0/24 [120/1] via 192.168.102.1, 00:00:17, FastEthernet0/0
C 192.168.102.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 202.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/2/0
```

■ R_5 設定 RIP 與網路範圍成果：

```
R_5(config)#ip routing
R_5(config)#router rip
R_5(config-router)#version 2
R_5(config-router)#network 120.118.166.0
R_5(config-router)#network 202.168.1.0
R_5(config-router)#exit
R_5(config)#do show ip route

Gateway of last resort is not set

120.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C 120.118.166.0 is directly connected, FastEthernet0/0
R 192.168.1.0/24 [120/3] via 202.168.1.1, 00:00:07, Serial0/2/0
R 192.168.2.0/24 [120/2] via 202.168.1.1, 00:00:07, Serial0/2/0
R 192.168.3.0/24 [120/1] via 202.168.1.1, 00:00:07, Serial0/2/0
R 192.168.100.0/24 [120/3] via 202.168.1.1, 00:00:07, Serial0/2/0
R 192.168.101.0/24 [120/2] via 202.168.1.1, 00:00:07, Serial0/2/0
```

```
R 192.168.102.0/24 [120/1] via 202.168.1.1, 00:00:07, Serial0/2/0
C 202.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/2/0
```

- **重點說明：**當所有路由器都設定完成後，再回來檢視 R1 繞路功能如何：

```
R1(config)#do show ip route
Gateway of last resort is not set

R 120.0.0.0/8 [120/4] via 192.168.100.2, 00:00:18, FastEthernet0/1
C 192.168.0.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
R 192.168.1.0/24 [120/1] via 192.168.100.2, 00:00:18, FastEthernet0/1
R 192.168.2.0/24 [120/2] via 192.168.100.2, 00:00:18, FastEthernet0/1
R 192.168.3.0/24 [120/3] via 192.168.100.2, 00:00:18, FastEthernet0/1
C 192.168.100.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
R 192.168.101.0/24 [120/1] via 192.168.100.2, 00:00:18, FastEthernet0/1
R 192.168.102.0/24 [120/2] via 192.168.100.2, 00:00:18, FastEthernet0/1
R 202.168.1.0/24 [120/3] via 192.168.100.2, 00:00:18, FastEthernet0/1
```

吾人可以發現，各路由器設定 RIP 協定之後，它們之間利用 RIP 協定交換訊息，並建立新的路由表，即可與所有網路通訊。

(C) 路由器繞路測試

(完成後：自治系統網路(一)_RIPv2 設定.pkg)

- PC1 (192.168.0.1) 繞路測試：

```
C:\>ping 192.168.1.1    [OK]
C:\>ping 192.168.2.1    [OK]
C:\>ping 192.168.3.1    [OK]
C:\>ping 120.118.166.1  [OK]
```

- PC2 (192.168.1.1) 繞路測試：

```
C:\>ping 192.168.0.1    [OK]
C:\>ping 192.168.2.1    [OK]
C:\>ping 192.168.3.1    [OK]
C:\>ping 120.118.166.1  [OK]
```

- PC3 (192.168.2.1) 繞路測試：(PC4 略過測試)

```
C:\>ping 192.168.0.1    [OK]
C:\>ping 192.168.1.1    [OK]
```

```
C:\>ping 192.168.3.1    [OK]
C:\>ping 120.118.166.1 [OK]
```

■ R_PC5 (120.118.166.1) 繞路測試：

```
C:\>ping 192.168.0.1    [OK]
C:\>ping 192.168.1.1    [OK]
C:\>ping 192.168.2.1    [OK]
C:\>ping 192.168.3.0    [OK]
```

7-5-3 RIPv2+預設閘門設定

(A) 預設閘門規劃

(請匯入『自治系統網路(一)_RIPv2 設定.pkg』再實際演練)

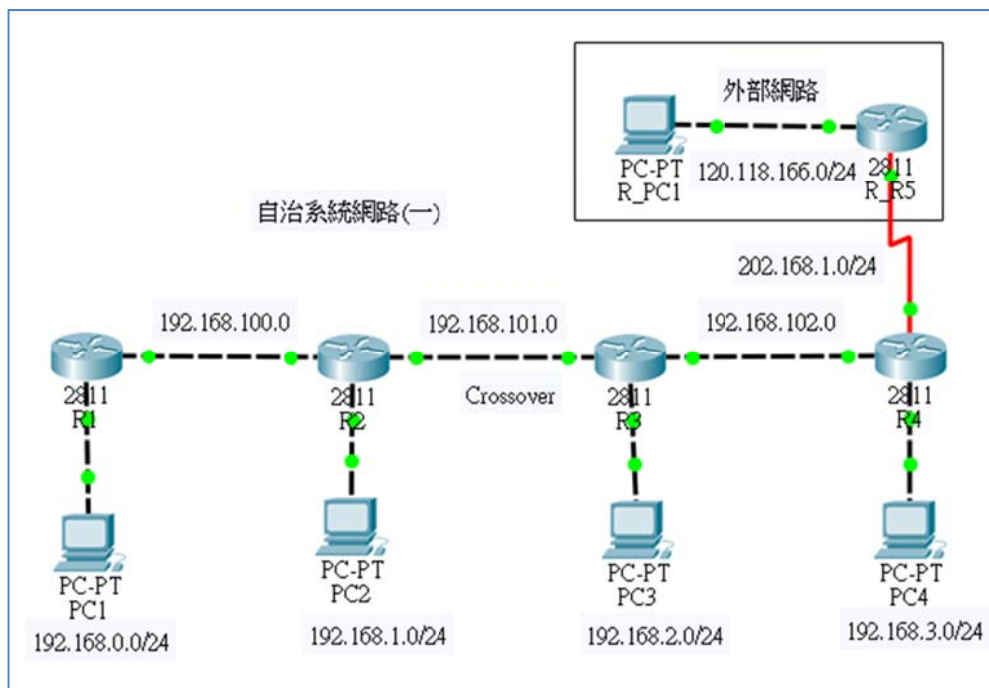


圖 7-5 自治系統網路(一)

理論上，已設定動態繞路協定之後，路由器之間會交換繞路訊息，每個路由器依照接收到的訊息建立路由表，而且此路由表會隨著訊息改變而更新。但如果路由器收到一個封包需轉送到陌生 IP，而其並不在路由表之內，它將會不知所措而將它拋棄。因此，吾人還是設定預設閘門位址，當收到目的網路不在路由表時，直接將它轉送到預設閘門。

接下來，我們來驗證如果設定預設閘門是否可以順利轉送封包，吾人規劃各路由器的預設閘門如下：

Router	Default Route	備註
R1	192.168.100.2	往外部網路方向傳送
R2	192.168.101.2	往外部網路方向傳送
R3	192.168.102.2	往外部網路方向傳送
R4	202.168.1.2	往外部網路方向傳送
R_R5	202.168.1.1	往 內部 網路方向傳送

(B) 預設閘門設定

■ R1 設定預設閘門：

```
R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.100.2
R1(config)#do show ip route
..
Gateway of last resort is 192.168.100.2 to network 0.0.0.0

R 120.0.0.0/8 [120/4] via 192.168.100.2, 00:00:26, FastEthernet0/1
C 192.168.0.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
R 192.168.1.0/24 [120/1] via 192.168.100.2, 00:00:26, FastEthernet0/1
R 192.168.2.0/24 [120/2] via 192.168.100.2, 00:00:26, FastEthernet0/1
R 192.168.3.0/24 [120/3] via 192.168.100.2, 00:00:26, FastEthernet0/1
C 192.168.100.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
R 192.168.101.0/24 [120/1] via 192.168.100.2, 00:00:26, FastEthernet0/1
R 192.168.102.0/24 [120/2] via 192.168.100.2, 00:00:26, FastEthernet0/1
R 202.168.1.0/24 [120/3] via 192.168.100.2, 00:00:26, FastEthernet0/1
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.100.2
```

■ R2 設定預設閘門：

```
R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.101.2
```

- R3 設定預設閘門：

```
R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.102.2
```

- R4 設定預設閘門：

```
R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 202.168.1.2
```

- R_R1 設定預設閘門：

```
R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 202.168.1.1
```

(C) 路由器繞路測試

(完成後：自治系統網路(一)_RIPv2+預設閘門.pkg)

- PC1 (192.168.0.1) 繞路測試：

```
C:\>ping 192.168.1.1      [OK]
C:\>ping 192.168.2.1      [OK]
C:\>ping 192.168.3.1      [OK]
C:\>ping 120.118.166.1    [OK]
```

- R_PC1 (120.118.166.1) 繞路測試：

```
C:\>ping 192.168.0.1      [OK]
C:\>ping 192.168.1.1      [OK]
C:\>ping 192.168.2.1      [OK]
C:\>ping 192.168.3.0      [OK]
```

7-6 OSPF 繞路協定與設定

7-6-1 OSPF 繞路協定簡介

『開放式最短路徑優先』(Open Shortest Path First, OSPF) 是在 1980 年中期由 IETF (Internet Engineering Task Force) 發展出來，主要應用於 IP 網路中內部閘門之間的路徑選擇協定。和 RIP 相比較，OSPF 能適用於較大網路或異質網路上。OSPF 有兩個重要特性：

- (1) 是開放性架構 (Open)，它的規格是公開性的 (RFC 1247)，任何廠商可任意安裝在自家

電腦上，並修改或增加其功能。(2) 它是最短路徑演算法 (SPF)，在所有路徑之中最短路徑，一般都參考採用 Dijkstra Algorithm。(請參考 TCP/IP 協定與 Internet 網路)

和其他路徑選擇協定的另一不同點是，OSPF 採用『鏈路狀態繞路法』(Link-State routing)。在 OSPF 下的路由器定時傳送『鏈路狀態宣傳』(Link-State Advertisement, LSA) 訊息給同等階級地區的其他路由器，LSA 訊息包含有連接介面、路由值 (Metric)、以及其他相關變數值。OSPF 路由器計算這些參數後，並以最短路徑演算法找出，針對網路上 (自治系統內) 所有路由器中的最短路徑。另外和使用距離向量法的 RIP 或 IGRP 有很大的不同，它們皆傳送某部份 (或更新部份) 的路由表給其他路由器；而 OSPF 是傳遞路由器所管轄內之『路由拓樸圖』給相鄰之路由器。

OSPF 能將自己管轄的自治系統 (Autonomous System, AS) 以階層式分割為若干個小區域 (如圖 7-26 所示)。基本上，OSPF 是做自治系統內 (intra-AS) 路徑選擇的功能，但它也有能力處理接收和傳送路徑於自治系統之間 (inter-AS)。被分割的小區域一般都稱為網域 (Domain)，一個網域內也許連接數個路由器和若干個主機。網域之間連接的路由器稱之為邊界路由器 (Border Router) 或稱骨幹路由器 (Backbone Router)，如圖中的 Router_4、Router_5、Router_12、Router_11、Router_10、以及 Router_6，它們之間連線稱為骨幹 (Backbone)。骨幹路由器和一般網域內路由器 (如 Router_3 等) 處理不同的『拓樸圖資料庫』(Topological Database)。

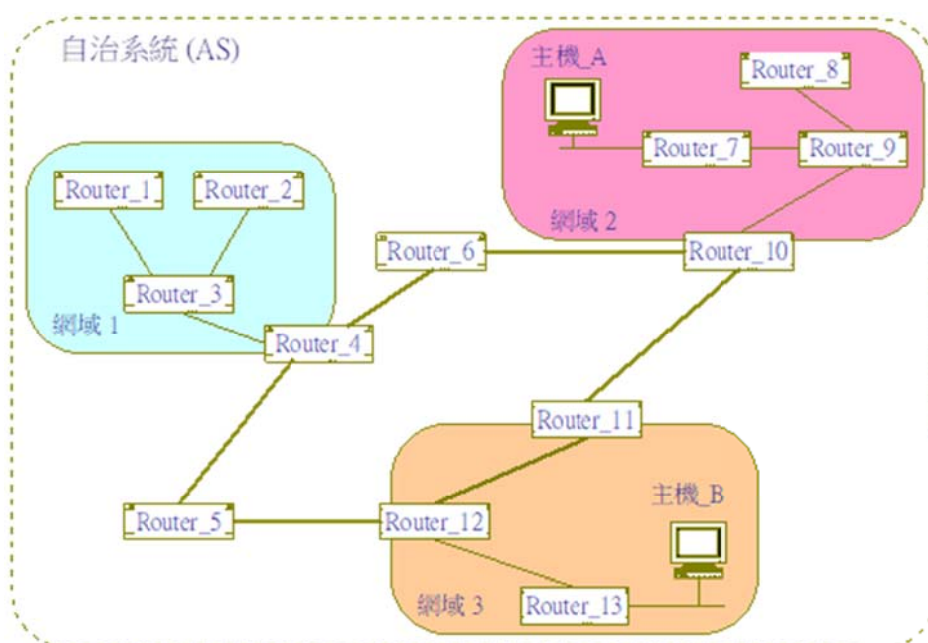


圖 7-26 自治系統內 OSPF 的拓樸圖

網域內所有路由器接收網域內其他路由器所傳送的 LSA 建立網路架構圖，並將其建構於拓樸圖資料庫內。骨幹路由器不僅必須建構網域內的拓樸圖，還必須建立骨幹的拓樸圖資料庫，因此在任一部骨幹路由器上可觀察到所有網域和骨幹網路的拓樸圖。在 OSPF 中有兩種路徑選擇功能：(1) **網域內 (intra-domain)**，處理封包的目的和來源位址皆屬於本網域之路徑選擇；(2) **網域間(inter-domain)**，跨越不同網域必須透過骨幹路由器轉送。如圖 6-30 網域 3 的主機_B 欲傳送封包到網域 2 的主機_A，該封包被傳送到 Router_13、再往前送到 Router_11、再送到 Router_10 (inter-domain)；之後再經由 Router_9 轉送到 Router_7 到達主機_A (intra-domain)。

因此，骨幹路由器在跨越不同網域之間的路徑選擇，必須搜尋較複雜的拓樸圖資料庫，尤其在做連續封包傳送時，每個封包都必須搜尋資料庫。為了節省搜尋時間及次數，骨幹路由器可以建立虛擬鏈路 (Virtual Link)，來連結經常使用的路徑。但虛擬路徑在網域內路由器之間是共享而非專屬。骨幹路由器也可以學習經由外部閘門所傳過的路徑訊息，作自治系統之間的路徑選擇功能。

OSPF 的協定號碼是 89/udp，可以直接包裝在 IP 封包內，並用多點傳輸 (Class D 位址)，因此可以減少網路負荷。圖 7-27 為 OSPF 封包格式，其中各欄位功能如下：

- **版本 (Version, Ver)**：表示該封包之 OSPF 的版本。
- **型態 (Type)**：表示該封包的工作型態，有下列四種型態：
 - **Hello**：建立和管理相鄰路由器關係。
 - **Database Description**：描述拓樸圖資料庫的內容。這些訊息將因調整資料庫而被改變。
 - **Link-state Request**：向相鄰路由器要求傳遞某些片段的拓樸圖資料庫。這些訊息被傳送是因為某些路由器發現資料庫的內容已經失去時效性，要求重新更新。
 - **Link-state Update**：回應 Link-state Request 要求。傳送中的訊息可能經由 LSA 訊息修正過。
 - **Link-state Acknowledge**：確認接收到回應訊息。

- **封包長度 (Length, Len)**：整個封包的長度，以位元組為單位。
- **Router ID**：發送封包的來源路由器之識別碼。
- **Area ID**：來源封包之區域 (或網域) 的識別碼。
- **Checksum (CS)**：檢查集之檢查碼。
- **認證型態 (Authentication Type, AT)**：內容為認證型態。所有 OSPF 的交換訊息都必須經過認證，任何區域可自行規劃認證型態。
- **認證 (Authentication, Auth)**：內容為認證訊息。
- **資料 (Data)**：傳送給上層通訊協定之包裝資料。

1	1	2	4	4	2	2	8	variable
Ver	Type	Len	Router ID	Area ID	CS	AT	Auth	Data

圖 7-27 OSPF 封包格式

7-6-2 OSPF 繞路設定

(A) OSPF 繞路規劃

(請下載：『自治系統網路(一)_介面設定.pkt』，再實作演練)

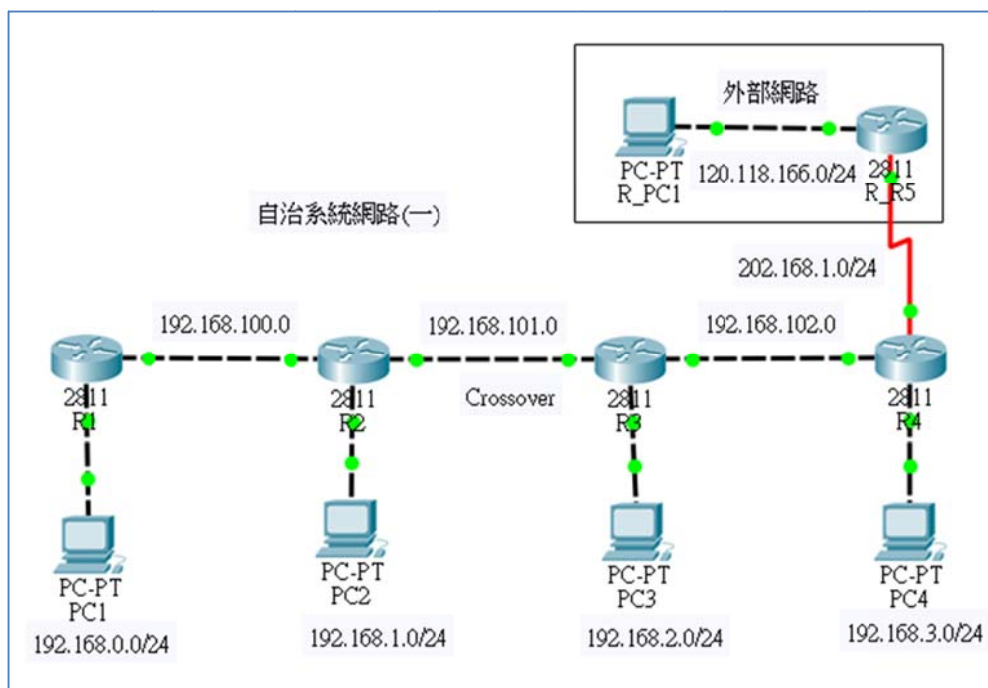


圖 7-5 自治系統網路(一)

吾人依照圖 7-14 自治系統網路(二)·規劃 OSPF 動態繞路環境如下:(假設沒有設定『預設閘門』)

Router	Network_1	Network_2	Network_3	Area
R1	192.168.0.0/24	192.168.100.0/24		Area 0
R2	192.168.100.0/24	192.168.1.0/24	192.168.101.0/24	Area 0
R3	192.168.101.0/24	192.168.2.0/24	192.168.102.0/24	Area 0
R4	192.168.102.0/24	192.168.3.0/24	202.168.1.0/24	Area 0
R_R5	120.118.166.0/24	202.168.1.0/24		Area 0

(B) OSPF 繞路設定

■ R1 設定 OSPF 與網路範圍：

```
R1(config)#ip routing      [啟動 IP routing 功能]
R1(config)#route ospf 1    [進入設定 OSPF 功能]
R1(config-router)#network 192.168.0.0 0.0.0.255 area 0 [設定網路範圍與區域]
R1(config-router)#network 192.168.100.0 0.0.0.255 area 0
R1(config)#do show ip route [顯示路由表]
Gateway of last resort is not set

C 192.168.0.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
C 192.168.100.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
```

■ R2 設定 OSPF 與網路範圍：

```
R2(config)#ip routing
R2(config)#route ospf 1
R2(config-router)#network 192.168.100.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)#network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
OR2(config-router)#network 192.168.101.0 0.0.0.255 area 0
R2(config-router)#do show ip route
O 192.168.0.0/24 [110/2] via 192.168.100.1, 00:01:19, FastEthernet0/0
C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
```

```
C 192.168.100.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 192.168.101.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
```

■ R3 設定 OSPF 與網路範圍：

```
R3(config)#ip routing
R3(config)#route ospf 1
R3(config-router)#network 192.168.101.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#network 192.168.102.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)#do show ip route
O 192.168.0.0/24 [110/3] via 192.168.101.1, 00:00:30, FastEthernet0/0
O 192.168.1.0/24 [110/2] via 192.168.101.1, 00:00:30, FastEthernet0/0
C 192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
O 192.168.100.0/24 [110/2] via 192.168.101.1, 00:00:30, FastEthernet0/0
C 192.168.101.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 192.168.102.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
```

■ R4 設定 OSPF 與網路範圍：

```
R4(config)#ip routing          [啟動 ip routing 功能]
R4(config)#route ospf 1       [啟動 ospf, process-id = 1]
R4(config-router)#network 192.168.102.0 0.0.0.255 area 0 [設定網路範圍與區域]
R4(config-router)#network 192.168.3.0 0.0.0.255 area 0
R4(config-router)#network 202.168.1.0 0.0.0.255 area 0
R4(config-router)#do show ip route [顯示路由表]
O 192.168.0.0/24 [110/4] via 192.168.102.1, 00:00:51, FastEthernet0/0
O 192.168.1.0/24 [110/3] via 192.168.102.1, 00:00:51, FastEthernet0/0
O 192.168.2.0/24 [110/2] via 192.168.102.1, 00:00:51, FastEthernet0/0
C 192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
O 192.168.100.0/24 [110/3] via 192.168.102.1, 00:00:51, FastEthernet0/0
O 192.168.101.0/24 [110/2] via 192.168.102.1, 00:00:51, FastEthernet0/0
C 192.168.102.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 202.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/2/0
```

■ R_R5 設定 OSPF 與網路範圍：

```
R_R5(config)#ip routing
R_R5(config)#route ospf 1
R_R5(config-router)#network 120.118.166.0 0.0.0.255 area 0
R_R5(config-router)#network 202.168.1.0 0.0.0.255 area 0
R_R5(config-router)#do show ip route
```

```

120.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C 120.118.166.0 is directly connected, FastEthernet0/0
O 192.168.0.0/24 [110/1004] via 202.168.1.1, 00:00:22, Serial0/2/0
O 192.168.1.0/24 [110/1003] via 202.168.1.1, 00:00:22, Serial0/2/0
O 192.168.2.0/24 [110/1002] via 202.168.1.1, 00:00:22, Serial0/2/0
O 192.168.3.0/24 [110/1001] via 202.168.1.1, 00:00:22, Serial0/2/0
O 192.168.100.0/24 [110/1003] via 202.168.1.1, 00:00:22, Serial0/2/0
O 192.168.101.0/24 [110/1002] via 202.168.1.1, 00:00:22, Serial0/2/0
O 192.168.102.0/24 [110/1001] via 202.168.1.1, 00:00:22, Serial0/2/0
C 202.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/2/0

```

- R1 ~R_R5 皆設定 OSPF 完成之後，再回來觀察 R1 的路由表，便會發現已包含網路所有路徑，如下：

```

R1(config)#do show ip route
120.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O 120.118.166.0 [110/1004] via 192.168.100.2, 00:03:58, FastEthernet0/1
C 192.168.0.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
O 192.168.1.0/24 [110/2] via 192.168.100.2, 00:16:50, FastEthernet0/1
O 192.168.2.0/24 [110/3] via 192.168.100.2, 00:11:04, FastEthernet0/1
O 192.168.3.0/24 [110/4] via 192.168.100.2, 00:07:55, FastEthernet0/1
C 192.168.100.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
O 192.168.101.0/24 [110/2] via 192.168.100.2, 00:16:09, FastEthernet0/1
O 192.168.102.0/24 [110/3] via 192.168.100.2, 00:10:48, FastEthernet0/1
O 202.168.1.0/24 [110/1003] via 192.168.100.2, 00:07:33, FastEthernet0/1

```

(C) 路由器繞路測試

(完成後：自治系統網路(一)_OSPF 設定.pkg)

- PC1 (192.168.0.1) 繞路測試：

```

C:\>ping 192.168.1.1      [OK]
C:\>ping 192.168.2.1      [OK]
C:\>ping 192.168.3.1      [OK]
C:\>ping 120.118.166.1    [OK]

```

- R_PC1 (120.118.166.1) 繞路測試：

```

C:\>ping 192.168.0.1      [OK]
C:\>ping 192.168.1.1      [OK]
C:\>ping 192.168.2.1      [OK]

```

```
C:\>ping 192.168.3.0 [OK]
```

7-7 EIGRP 繞路協定與設定

7-7-1 EIGRP 繞路協定簡介

(A) IGRP 繞路協定

『內部閘門路徑協定』(Interior Gateway Routing Protocol, IGRP) 是由 Cisco 公司於 1980 年中期發展出來，提供比較完整的自治系統 (Autonomous System, AS) 內之路徑選擇，也是針對 RIP 協定的功能增強。RIP 提供使用較小自治系統內，而且是在同等級 (Homogeneous) 網路之間使用，也限制 16 個跳躍距離。IGRP 提供較大型且複雜的自治系統內的路徑選擇協定。IGRP 和 RIP 的不同點如下：

- IGRP 可以服務較大的自治系統，跳躍距離不受限於 15。
- IGRP 可以提供多條路徑選擇，RIP 只提供單一最佳路徑。
- IGRP 可以重新配置於 RIP、OSPF、EIGRP 之協定內，也就是說可以共同使用及轉換。
- IGRP 提供快速更新資料計時器 (Flush timer)，如有資料變動，將更新之資料於迅速告知相鄰路由器 (一般設定 10 秒)。
- IGRP 廣播訊息週期是每 90 秒一次。

基本上，IGRP 也是採用『距離向量演算法』來計算最佳路徑，但它的向量值 (metric) 不只使用跳躍距離。IGRP 的向量值可由下列參數的組合：網路間延遲時間 (internetwork delay)、頻寬 (bandwidth)、可靠度 (reliability) 與負載 (load)。網路間延遲時間可由進入封包內所紀錄的發送時間和實際接收到時間的差異計算出來。頻寬可以將傳輸速率分為不同等級 1 到 255 之間來計算，例如將 1200 bps 到 10Mbps 的傳輸速率以 1 到 24 的級數之間來分別。至於向量值 (metric) 對於這些參數的權重比率值必須由系統管理員來設定，一般內定值 (default) 只會採用 delay 和 bandwidth 兩個參數，並以最佳權重比率計算。

路由器間利用相互之間訊息傳遞來建立路由表，其中最大的困擾就是收斂問題。網路上任何區段發生故障，或網路架構變更之訊息，無法立即傳遞給有關的路由器，造成網路之傳遞訊息暫時性的不正確，必須經過一段時間的訊息更新後，才能到達穩定狀況，這段時間稱之為『收斂時間』。IGRP 為提高路由選擇效率，採取多種方法來縮短收斂時間，以及預防網路不穩定，方法如下列說明：(如圖 7-14 所示)

- Flash Update：使用 Flash Update 訊息，以便快速通知相鄰路由器網路有變更，使加快收斂時間。
- Hold-Down Timer：使用 Hold-Down Timer 計時器，以預防路徑回繞。
- Split Horizon：用來防止傳回不正確訊息。
- Poison Reverse：用來移除不正確路徑。

在圖 7-28 中，假設網路 C 發生故障，Router_4 發現通往網路 C 的路徑已不通，立即廣播 Flash Update 訊息給相鄰之路由器。Router_3 接收到 Flash Update 訊息，知道經由 Router_4 到達網路 C 路徑已不通，立即啟動 Hold-Down Timer 並將往網路 C 之路徑刪除。並且啟動 Split Horizon，將欲往網路 C 的路徑隔離，以防止任何封包欲經由 Router_3 傳送到網路 C。也就是說，要到網路 C 的封包不可再經由 Router_3 送往 Router_4，必須經由其他路徑。如果 Router_1 還未更新路由表，發送 Update Router 訊息給 Router_3，並告知經由 Router_3 可到達網路 C。則 Router_3 回應 Poison Reverse 給 Router_1 經由 Router_3 到達網路 C 的路徑為無限大。因此，Router_1 便知道必須移除該路徑。

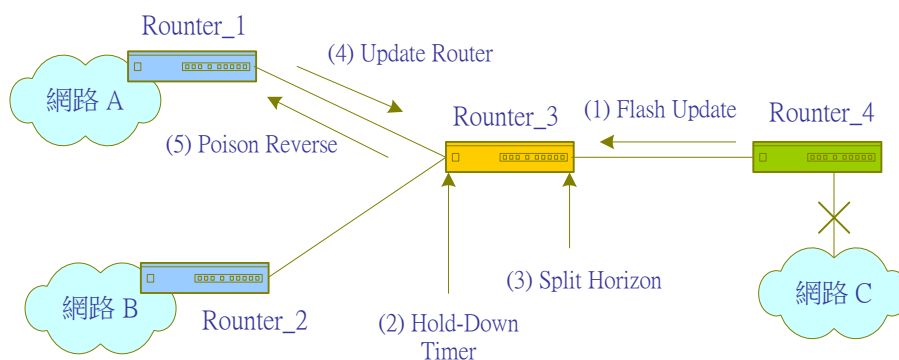


圖 7-28 IGRP 預防網路震盪範例

(B) EIGRP 繞路協定

『加強型內部閘門路徑協定』(Enhanced Interior Gateway Routing Protocol, EIGRP)

是由 Cisco 公司針對 IGRP 功能的加強，使其更適合較大型的網路間路徑選擇協定。EIGRP 的路徑選擇演算法是整合『鏈路狀態法』(LS Routing) 和『距離向量法』(DV Routing)，成為一個稱之為『擴張型更新演算法』(Diffusing-Update Algorithm, DUAL)。另外，EIGRP 和其他路徑選擇協定有下列四個主要不同點：(請參考 TCP/IP 協定與 Internet 網路)

- (1) **提供重新配置(Redistribution)功能**以整合不同網路的路徑選擇協定，如 Apple-Talk、IP 和 Novell Netware 之間。在 Apple-Talk 網路之下，重新配置是由 RTMP(Routing Table Maintenance Protocol) 所建立的路由表；在 IP 網路下，重新配置是由 RIP、OSPF (Open Shortest Path First)、EGP (Exterior Gateway Protocol)、或 BGP (Border Gateway Protocol) 等協定所建立的路由表；Novell 網路下，重新配置是由 Novell RIP 等協定所建立的路由表，使這些異質網路 (Heterogeneous Network) 之間可經由 EIGRP 作最佳路徑選擇。
- (2) **快速收斂**。在 EIGRP 之下的所有路由器皆有儲存其相鄰路由器之路由表，因此它可以快速更新替代路徑，如果沒有適當路徑，路由器會發送查詢訊息給相鄰的路由器，這查詢訊息會一直被傳遞到找出適當路徑為止。
- (3) **提供可變長度的網路遮罩**。路由器會自動收集網路號碼的範圍，更進一步，EIGRP 可以被規劃為總結 (summarize) 任意位元長度的遮罩。
- (4) **EIGRP 並非週期性的廣播訊息**，而是當本身路由表有所變更時，才將更新部份廣播給其他路由器，因此 EIGRP 使用頻寬比 IGRP 用的少。

為增強 EIGRP 的功能，它使用了四個主要技術：

- (1) **鄰居發現與復原 (Neighbor discovery/recovery)**。路由器必須隨時注意相連接網路之間是否有發生不可到達或停止工作的情況，當它發現某一路徑的負載特別低，便週期性發送 Hello 封包詢問對方，如一直沒有收到回應，表示該網路已不正常工作，則必須更新路由表並通知其他相鄰路由器。任何路由器接收到 Hello 封包必須即時回應。

- (2) **可靠的傳輸協定 (Reliable Transport Protocol)**。為了保證訊息封包都能按順序及安全到達相鄰路由器，EIGRP 提供多點廣播 (Multicast) 和單一廣播 (Unicast) 兩種封包。對於多重存取 (Multiaccess) 網路，則使用多點廣播封包；如是單一存取網路 (如 Ethernet)，則使用單一廣播封包。當廣播封包是 Hello 時不用回應確認訊息；但廣播更新 (Update) 封包時，接收者必須回應確認訊息。
- (3) **DUAL 狀態轉換 (DUAL Finite-State Machine)** 被嵌入計算和搜尋最佳路徑演算法內。DUAL 整合距離向量演算法和鏈路狀態演算法，能隨時找出最佳路徑更新路由表。
- (4) **協定相依模組 (Protocol-Dependent Module)**。特定網路層路徑選擇協定之間的連結可採用不同模組，這對網路的擴充性較高。

(C) EIGRP 運作程序

每一路由器需維護 3 個表格，如下：

- (1) 路由表 (Routing Table)：紀錄每一網路區段的最佳路徑。
- (2) 拓樸表(Topology Table)：紀錄到目的網路區段的所有路徑。
- (3) 鄰居表(Neighbor Table)：紀錄直接相鄰的路由器。

EIGRP 的運作程序如下：

- (1) 發起者向相鄰路由器(依照 Neighbor Table)發出 Hell 封包。
- (2) 相鄰路由器回應路由表(Routing Table)給發起者。
- (3) 發起者計算拓樸表(Topology Table)。
- (4) 發起者再發送路由表(Routing Table) 給相鄰路由器。
- (5) 依此類推、、、、。

7-7-2 EIGRP 繞路設定

(A) EIGRP 繞路規劃

(請下載：『自治系統網路(一)_介面設定.pkt』，再實作演練)

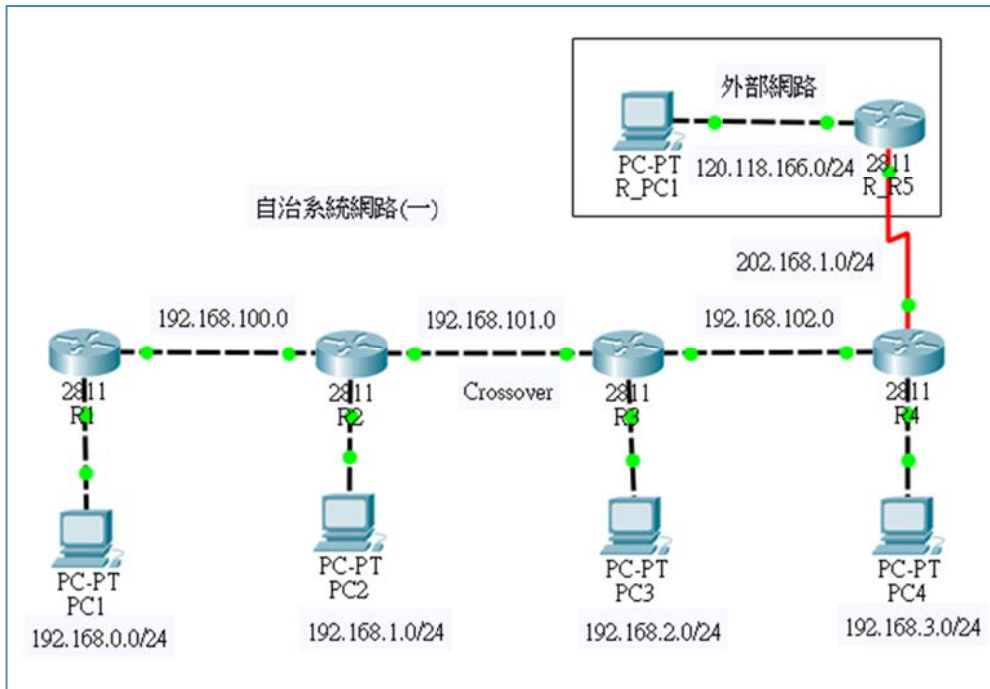


圖 7-5 自治系統網路(一)

吾人依照圖 7-5 自治系統網路(一)，規劃 EIGRP 動態繞路環境如下：(假設沒有設定『預設閘門』)

Router	Network_1	Network_2	Network_3
R1	192.168.0.0/24	192.168.100.0/24	
R2	192.168.100.0/24	192.168.1.0/24	192.168.101.0/24
R3	192.168.101.0/24	192.168.2.0/24	192.168.102.0/24
R4	192.168.102.0/24	192.168.3.0/24	202.168.1.0/24
R_R5	120.118.166.0/24	202.168.1.0/24	

(B) EIGRP 繞路設定

■ R1 設定 EIGRP 與網路範圍：

```
R1(config)#ip routing           [啟動 IP Routing 功能]
R1(config)#router eigrp 100     [設定 eigrp AS=100]
```

```
R1(config-router)#network 192.168.0.0 0.0.0.255 [設定相鄰網路區段]
R1(config-router)#network 192.168.100.0 0.0.0.255 [設定相鄰網路區段]
R1(config-router)#no auto-summary [關閉自動分級式歸納]
R1(config-router)#do show ip route [顯示路由表]
    C 192.168.0.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
    C 192.168.100.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
```

備註： eigrp 100，其中 100 是 AS (Autonomous System) 編號。Auto-summary 僅自動彙整連續網段，關閉此功能採用手動彙整。

■ R2 設定 EIGRP 與網路範圍：

```
R2(config)#ip routing
R2(config)#router eigrp 100
R2(config-router)#network 192.168.100.0 0.0.0.255
R2(config-router)#network 192.168.1.0 0.0.0.255
R2(config-router)#network 192.168.101.0 0.0.0.255
R2(config-router)#no auto-summary
R2(config-router)#do show ip route
    D 192.168.0.0/24 [90/30720] via 192.168.100.1, 00:06:42, FastEthernet0/0
    C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
    C 192.168.100.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
    C 192.168.101.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
```

■ R3 設定 EIGRP 與網路範圍：

```
R3(config)#ip routing
R3(config)#router eigrp 100
R3(config-router)#network 192.168.101.0 0.0.0.255
R3(config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.255
R3(config-router)#network 192.168.102.0 0.0.0.255
R3(config-router)#no auto-summary
R3(config-router)#do show ip route
    D 192.168.0.0/24 [90/33280] via 192.168.101.1, 00:00:12, FastEthernet0/0
    D 192.168.1.0/24 [90/30720] via 192.168.101.1, 00:00:12, FastEthernet0/0
    C 192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
    D 192.168.100.0/24 [90/30720] via 192.168.101.1, 00:00:12, FastEthernet0/0
    C 192.168.101.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
    C 192.168.102.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
```

■ R4 設定 EIGRP 與網路範圍：

```

R4(config)# ip routing
R4(config)#router eigrp 100
R4(config-router)#network 192.168.102.0 0.0.0.255
R4(config-router)#network 192.168.3.0 0.0.0.255
R4(config-router)#network 202.168.1.0 0.0.0.255
R4(config-router)#no auto-summary
R4(config-router)#do show ip route
  D 192.168.0.0/24 [90/35840] via 192.168.102.1, 00:00:07, FastEthernet0/0
  D 192.168.1.0/24 [90/33280] via 192.168.102.1, 00:00:07, FastEthernet0/0
  D 192.168.2.0/24 [90/30720] via 192.168.102.1, 00:00:07, FastEthernet0/0
  C 192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
  D 192.168.100.0/24 [90/33280] via 192.168.102.1, 00:00:07, FastEthernet0/0
  D 192.168.101.0/24 [90/30720] via 192.168.102.1, 00:00:07, FastEthernet0/0
  C 192.168.102.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
  C 202.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/2/0

```

■ R_R5 設定 EIGRP 與網路範圍：

```

R_R5(config)#ip routing
R_R5(config)#router eigrp 100
R_R5(config-router)#network 120.118.166.0 0.0.0.255
R_R5(config-router)#network 202.168.1.0 0.0.0.255
R_R5(config-router)#no auto-summary
R_R5(config-router)#do show ip route
  120.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
  C 120.118.166.0 is directly connected, FastEthernet0/0
  D 192.168.0.0/24 [90/26122240] via 202.168.1.1, 00:00:14, Serial0/2/0
  D 192.168.1.0/24 [90/26119680] via 202.168.1.1, 00:00:14, Serial0/2/0
  D 192.168.2.0/24 [90/26117120] via 202.168.1.1, 00:00:14, Serial0/2/0
  D 192.168.3.0/24 [90/26114560] via 202.168.1.1, 00:00:14, Serial0/2/0
  D 192.168.100.0/24 [90/26119680] via 202.168.1.1, 00:00:14, Serial0/2/0
  D 192.168.101.0/24 [90/26117120] via 202.168.1.1, 00:00:14, Serial0/2/0
  D 192.168.102.0/24 [90/26114560] via 202.168.1.1, 00:00:14, Serial0/2/0
  C 202.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/2/0

```

■ 所有路由器設定完成後，觀察 R1 路由表，以及 EIGRP 的相關表格：

```

R1#show ip eigrp neighbors [顯示相鄰路由器]
IP-EIGRP neighbors for process 100
H Address Interface Hold Uptime SRTT RTO Q Seq
(sec) (ms) Cnt Num
0 192.168.100.2 Fa0/1 11 00:17:24 40 1000 0 13

```

R1#**show ip eigrp topology**

[顯示拓撲表]

IP-EIGRP Topology Table for AS 100/ID(192.168.100.1)

Codes: P - Passive, A - Active, U - Update, Q - Query, R - Reply,
r - Reply status

P 120.118.166.0/24, 1 successors, FD is 26122240
via 192.168.100.2 (26122240/26119680), FastEthernet0/1
P 192.168.0.0/24, 1 successors, FD is 28160
via Connected, FastEthernet1/0
P 192.168.1.0/24, 1 successors, FD is 30720
via 192.168.100.2 (30720/28160), FastEthernet0/1
P 192.168.2.0/24, 1 successors, FD is 33280
via 192.168.100.2 (33280/30720), FastEthernet0/1
P 192.168.3.0/24, 1 successors, FD is 35840
via 192.168.100.2 (35840/33280), FastEthernet0/1
P 192.168.100.0/24, 1 successors, FD is 28160
via Connected, FastEthernet0/1
P 192.168.101.0/24, 1 successors, FD is 30720
via 192.168.100.2 (30720/28160), FastEthernet0/1
P 192.168.102.0/24, 1 successors, FD is 33280
via 192.168.100.2 (33280/30720), FastEthernet0/1
P 202.168.1.0/24, 1 successors, FD is 26119680
via 192.168.100.2 (26119680/26117120), FastEthernet0/1

R1#**show ip route**

[顯示路由表]

Gateway of last resort is not set

120.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
D 120.118.166.0 [90/26122240] via 192.168.100.2, 00:17:28, FastEthernet0/1
C 192.168.0.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
D 192.168.1.0/24 [90/30720] via 192.168.100.2, 00:17:36, FastEthernet0/1
D 192.168.2.0/24 [90/33280] via 192.168.100.2, 00:17:36, FastEthernet0/1
D 192.168.3.0/24 [90/35840] via 192.168.100.2, 00:17:36, FastEthernet0/1
C 192.168.100.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
D 192.168.101.0/24 [90/30720] via 192.168.100.2, 00:17:36, FastEthernet0/1
D 192.168.102.0/24 [90/33280] via 192.168.100.2, 00:17:36, FastEthernet0/1
D 202.168.1.0/24 [90/26119680] via 192.168.100.2, 00:17:36, FastEthernet0/1

(C) 路由器繞路測試

(完成後：自治系統網路(一)_EIGRP 設定.pkg)

■ PC1 (192.168.0.1) 繞路測試：

```
C:\>ping 192.168.1.1    [OK]
C:\>ping 192.168.2.1    [OK]
C:\>ping 192.168.3.1    [OK]
C:\>ping 120.118.166.1  [OK]
```

■ R_PC1 (120.118.166.1) 繞路測試：

```
C:\>ping 192.168.0.1    [OK]
C:\>ping 192.168.1.1    [OK]
C:\>ping 192.168.2.1    [OK]
C:\>ping 192.168.3.0    [OK]
```

7-8 混合繞路設定

7-8-1 靜態+動態繞路設定

(請下載：『自治系統網路(一)_介面設定.pkt』，再實作演練)

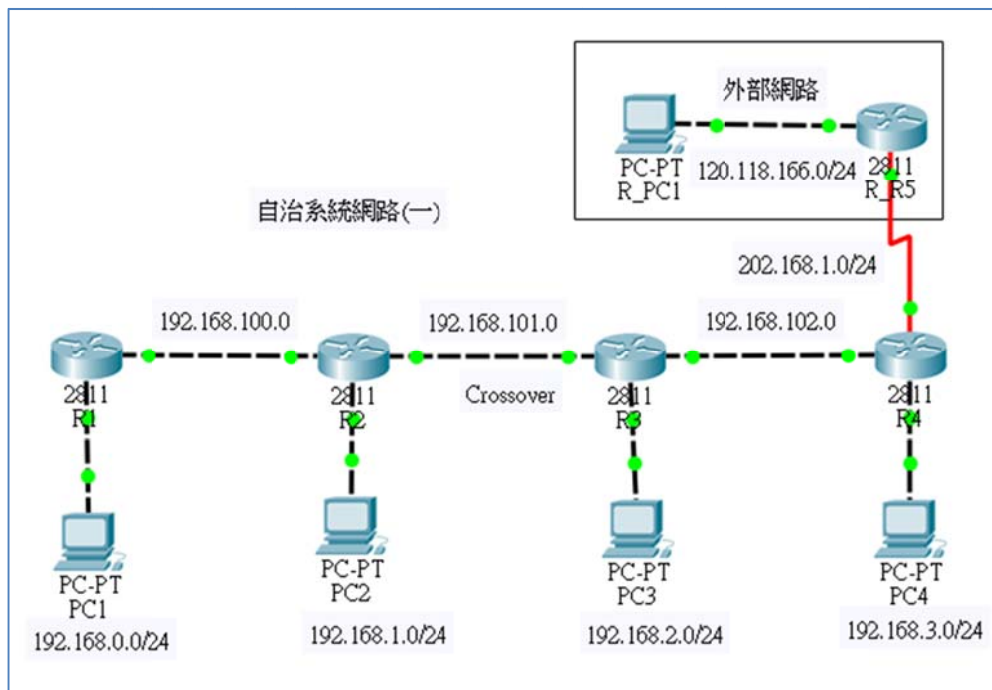


圖 7-5 自治系統網路(一)

(A) 靜態繞路規劃與設定

■ 預設閘門規劃與設定：請參考 7-3-1 節

- 靜態路由表規劃與設定：請參考 7-3-2 節

(B) 動態繞路規劃

- RIPv2 繞路規劃與設定：請參考 7-5-2 節
- OSPF 繞路規劃與設定：請參考 7-5-5 節
- EIGRP 繞路規劃與設定：請參考 7-5-6 節

(C) 顯示路由表

- R2 路由器

```
R2(config)#do show 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 192.168.101.2 to network 0.0.0.0

120.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
R 120.0.0.0/8 [120/3] via 192.168.101.2, 00:00:26, FastEthernet0/1
D 120.118.166.0/24 [90/26119680] via 192.168.101.2, 00:00:36, FastEthernet0/1
S 192.168.0.0/24 [1/0] via 192.168.100.1
C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
S 192.168.2.0/24 [1/0] via 192.168.101.2
S 192.168.3.0/24 [1/0] via 192.168.101.2
C 192.168.100.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 192.168.101.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
D 192.168.102.0/24 [90/30720] via 192.168.101.2, 00:03:40, FastEthernet0/1
D 202.168.1.0/24 [90/26117120] via 192.168.101.2, 00:01:56, FastEthernet0/1
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.101.2
```

討論：

- (1) OSPF 協定所產生的路徑大多被拋棄，因 AD = 110，比其他協定或靜態路由表都高。
- (2) 在 RIP 協定上沒有設定 Network Mask，他所產生的 120.0.0.0/8 路徑僅有，因此被保存下來。
- (3) 動態繞路僅保留 EIGRP 協定，因 AD = 90 最低。
- (4) 如欲限制靜態路徑的 AD 值，其設定命令如下：(預設值 1 改為 150)

```
R1(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.100.2 150
```

各種繞路路徑的 AD 值如下：

路徑來源	預設 AD
直接介面	0
靜態路徑	1
EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
RIP	120
外部 EIGRP	170
未知	255(不會選用)

(C) 繞路測試：(完成後：自治系統網路(一)_動態+靜態設定.pkg)

■ PC1 (192.168.0.1) 繞路測試：

```
C:\>ping 192.168.1.1      [OK]
C:\>ping 192.168.2.1      [OK]
C:\>ping 192.168.3.1      [OK]
C:\>ping 120.118.166.1    [OK]
```

7-8-2 交替動態繞路設定

(請下載：『自治系統網路(一)_介面設定.pkt』，再實作演練)

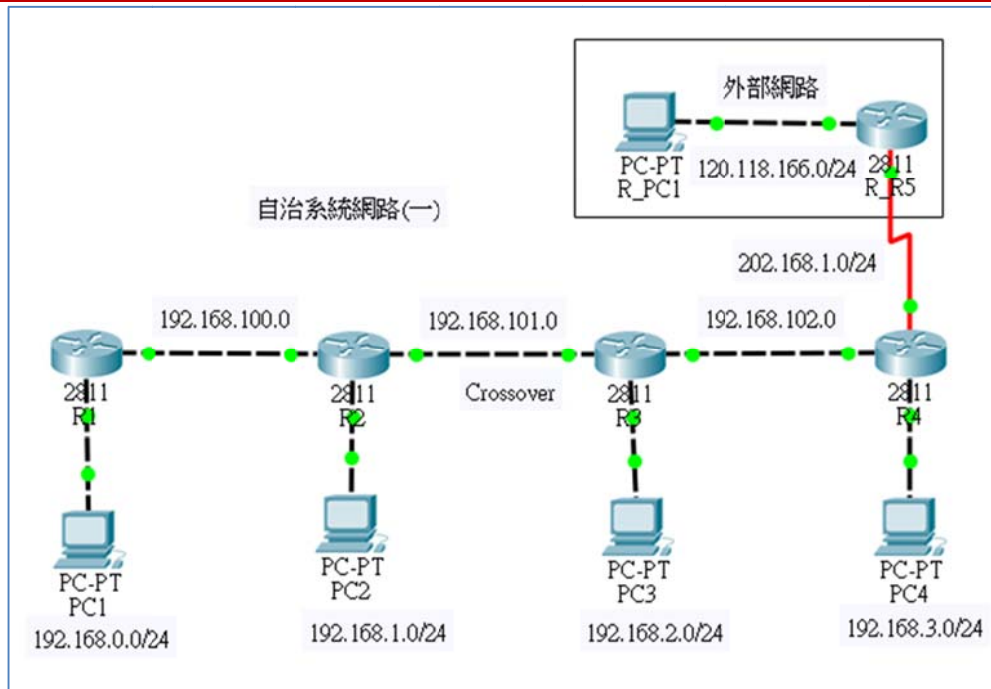


圖 7-5 自治系統網路(一)

(A) 交替動態繞路規劃

- 所有路由器：沒有靜態繞路與預設閘門。
- R1 與 R2：採用 RIPv2 繞路協定。
- R2 與 R3：採用 OSPF 繞路協定。
- R3 與 R4：採用 EIGRP 繞路協定。
- R4 與 R_5：採用 RIPv2 繞路協定。

(B) 動態繞路規劃

- RIPv2 繞路規劃與設定：請參考 7-5-2 節
- OSPF 繞路規劃與設定：請參考 7-5-5 節
- EIGRP 繞路規劃與設定：請參考 7-5-6 節

(C) 顯示路由表

- R1 路由器

```
R1#show 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
...
C 192.168.0.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
R 192.168.1.0/24 [120/1] via 192.168.100.2, 00:00:22, FastEthernet0/1
C 192.168.100.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
R 192.168.101.0/24 [120/1] via 192.168.100.2, 00:00:22, FastEthernet0/1
```

備註：僅收到 R2 利用 RIPv2 (R) 交換訊息。

■ R2 路由器

```
R2#show ip route
R 192.168.0.0/24 [120/1] via 192.168.100.1, 00:00:21, FastEthernet0/0
C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
O 192.168.2.0/24 [110/2] via 192.168.101.2, 00:15:32, FastEthernet0/1
O 192.168.3.0/24 [110/3] via 192.168.101.2, 00:11:18, FastEthernet0/1
C 192.168.100.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 192.168.101.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
O 192.168.102.0/24 [110/2] via 192.168.101.2, 00:14:44, FastEthernet0/1
O 202.168.1.0/24 [110/1002] via 192.168.101.2, 00:11:02, FastEthernet0/1
```

備註：僅收到 R1 利用 RIPv2 (R) 交換訊息，與 R3 利用 OSPF (O) 交換訊息。

■ R3 路由器

```
R3#show ip route
O 192.168.1.0/24 [110/2] via 192.168.101.1, 01:09:11, FastEthernet0/0
C 192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
D 192.168.3.0/24 [90/30720] via 192.168.102.2, 00:41:01, FastEthernet0/1
O 192.168.100.0/24 [110/2] via 192.168.101.1, 01:09:11, FastEthernet0/0
C 192.168.101.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 192.168.102.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
D 202.168.1.0/24 [90/26114560] via 192.168.102.2, 00:41:01, FastEthernet0/1
```

備註：僅收到 R2 利用 OSPF(O) 交換訊息，與 R4 利用 EIGRP(D) 交換訊息。

■ R4 路由器

```
R4#show ip route
R 120.0.0.0/8 [120/1] via 202.168.1.2, 00:00:02, Serial0/2/0
```

```
D 192.168.2.0/24 [90/30720] via 192.168.102.1, 00:42:02, FastEthernet0/0
C 192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
D 192.168.101.0/24 [90/30720] via 192.168.102.1, 00:42:02, FastEthernet0/0
C 192.168.102.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 202.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/2/0
```

備註：僅收到 R3 利用 EIGRP(D) 交換訊息，與 R_R5 利用 RIPv2(R) 交換訊息。

■ R_R5 路由器

```
R_R5#show ip route

120.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C 120.118.166.0 is directly connected, FastEthernet0/0
R 192.168.3.0/24 [120/1] via 202.168.1.1, 00:00:07, Serial0/2/0
R 192.168.102.0/24 [120/1] via 202.168.1.1, 00:00:07, Serial0/2/0
C 202.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/2/0
```

備註：僅收到 R4 利用 RIPv2(R)。

(D) 結論

- 網路無法全部通達，僅能與相鄰路由器管轄之網路通訊。
- 由各繞路協定所言，傳遞所建立的路由表給相鄰路由器。其實並非如此，僅傳遞該協定所建立的路由表，因此，整體網路上的路由表並無法完全互相傳遞。
- 為了要保證整體網路可以互相通訊，每路由器上必須有一只大家共同的協定，一般都採用 RIPv2 協定。

7-9 實作演練：自治系統網路(二)

7-9-1 自治系統(二)規劃

(A) 系統分析：

一般所稱的自治系統大多是企業內區域網路，可由數百部到數千部主機所構成，依照組織單位大小而定，簡單來講就是區域網路內的路由設定。如果主機數量不多採用 Static

Routing 即可達成，如果數量過大的話，則要採用 Dynamic Routing 才行。我們先規劃一個較小的區域網路，假設該企業只有兩層樓，由兩個網域內網路構成，只要建立靜態路由表即可。如下圖所示：

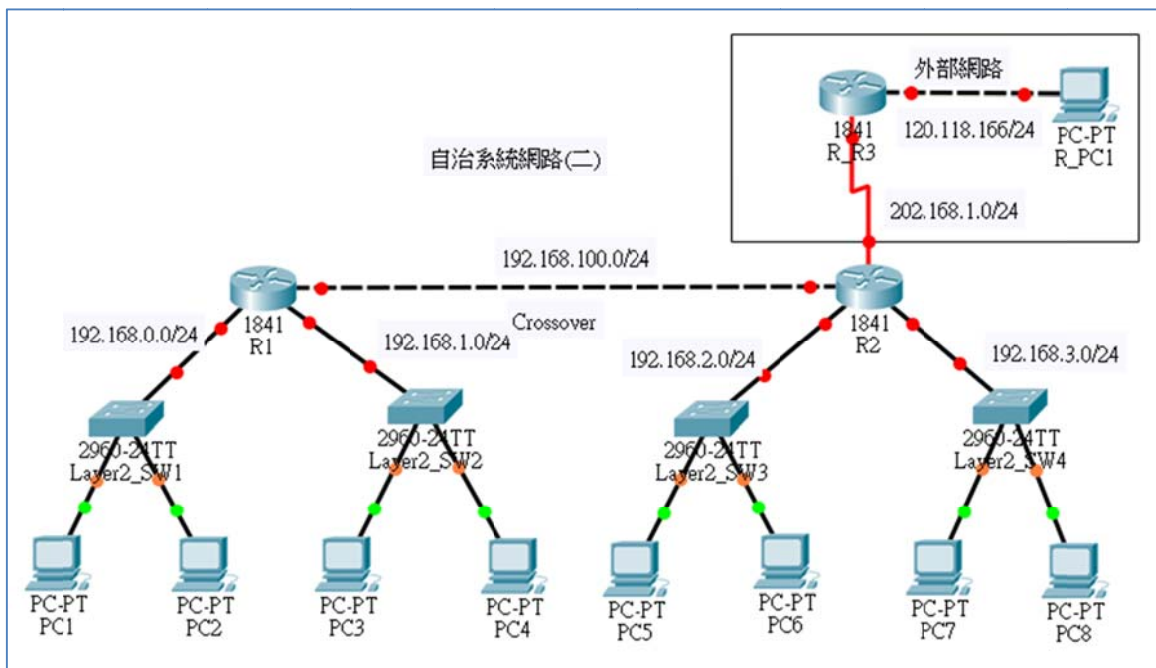


圖 7-29 自治系統網路(二)_空白

環境概況如下

- (1) 兩個樓層分別使用一個路由器與兩個交換器來建構。
- (2) 網路區段選用私有網路 192.168.0.0 (Class C) 區段，並劃分 192.168.0.0/24、192.168.1.0/24、192.168.2.0/24、192.168.3.0/24 與 192.168.100.0 等五個子區段網路，其中 192.168.100.0 為路由器之間的骨幹網路。
- (3) 預估有 100 部主機(包含 PC 與 Server)。吾人選用 8 部主機(以 PC 取代)。
- (4) 內部網路透過 ISP 連結到 Internet 網路，ISP 網路是 202.168.1.0/24，假設某一外部網路 120.118.166.107/24。

(B) 規劃網路架設：

- (1) 設備：Cisco 2960 Switch 4 只(Layer2_SW1 ~ SW4)、PC 電腦八部 (PC1 ~ 8)。

- (2) Cisco 1841 Router 2 部(R1、R2、R_R3)，內涵 2 只路由埠口(FastEthernet0/0~1)，再增加一只 WIC-1ENET·包含 1 個 FastEthernet0/1/0 路由埠口·總共有 3 個埠口。R2 與 R_R3 再另外增加一只 WAN Interface (s0/0/0)。

- (3) PC 與 Layer2 Switch 規劃與設定：

網路區段	Gateway/DNS	名稱	IP 位址	連結介面
192.168.0.0 255.255.255.0	192.168.0.254/ 168.95.1.1	PC1	192.168.0.1	SW1(fa0/1)
		PC2	192.168.0.2	SW1(fa0/2)
192.168.1.0 255.255.255.0	192.168.1.254/ 168.95.1.1	PC3	192.168.1.1	SW2(fa0/1)
		PC4	192.168.1.2	SW2(fa0/2)
192.168.2.0 255.255.255.0	192.168.2.254/ 168.95.1.1	PC5	192.168.2.1	SW3(fa0/1)
		PC6	192.168.2.2	SW3(fa0/2)
192.168.3.0/24 168.95.1.1	192.168.2.254 168.95.1.1	PC7	192.168.3.1	SW4(fa0/1)
		PC8	192.168.3.2	SW4(fa0/2)
120.118.166.0/24 255.255.255.0	120.118.166.254 168.95.1.1	R_PC1	120.118.166.107	R_R3(fa0/0)

- (3) Router 與 Layer2 Switch 規劃與設定：

Router	Router port	IP 位址	Switch port
R1	Fa0/0	192.168.0.254/24	SW1(fa0/24)
	Fa0/1	192.168.1.254/24	SW2(fa0/24)
	e0/1/0	192.168.100.254/24	R2(e0/1/0)
R2	Fa0/0	192.168.0.254/24	SW3(fa0/24)
	Fa0/1	192.168.1.254/24	SW4(fa0/24)
	e0/1/0	192.168.100.253/24	R1(e0/1/0)
	Se0/0/0 (DCE)	202.168.1.1/24	R_R3(se0/0/0)
R_R3	Se0/0/0 (DTE)	202.168.1.2/24	R2(se0/0/0)
	Fa0/0	120.118.166.254	R_PC1

7-9-2 自治系統(二)介面設定

(請匯入：自治系統網路(二)_空白.pkt，再練習設定路由器介面)

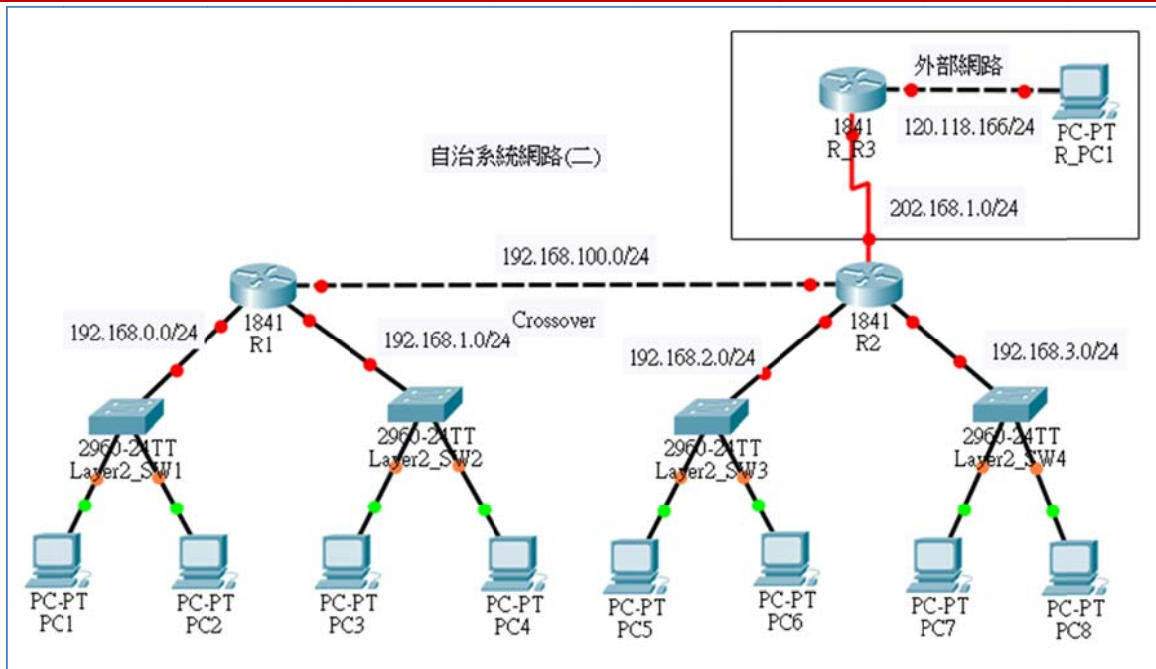


圖 7-29 自治系統網路(二)_空白

網路環境規劃完成之後，必須針對每一個裝置設定網路組態，這裡沒有規劃到 VLAN，因此交換器(SW1 ~ SW4) 不需要任何設定。只要針對 PC 與 Router 設定即可。

(A) 主機 PC0 ~ PC8 組態設定

設定每部主機的整體環境(Default Gateway 與 DNS)，以及 IP 位址，請依照規劃表輸入。

(B) R1 介面設定

設定三片網路卡 (fa0/0、fa0/1、e0/1/0) 的 IP 位址，如下：

```
R1>
R1>en
R1#config ter
R1(config)#int fa0/0
R1(config-if)#ip address 192.168.0.254 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#int fa0/1
R1(config-if)#ip address 192.168.1.254 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#exit
R1(config)#int e0/1/0
```

```
R1(config-if)#ip address 192.168.100.254 255.255.255.0
R1(config-if)#no shutdown
```

(C) R2 介面設定

設定四片網路卡 (fa0/0、fa0/1、e0/1/0、S0/0/0) 的 IP 位址，如下：

```
R2>en
R2#config ter
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.

[請自行設定介面]
```

(D) R_R3 介面設定

設定兩片網路卡 (fa0/0、S0/0/0) 的 IP 位址，如下：

```
R2>en
R2#config ter

[請自行設定介面]
```

(E) 介面卡設定完成後，網路圖如下：

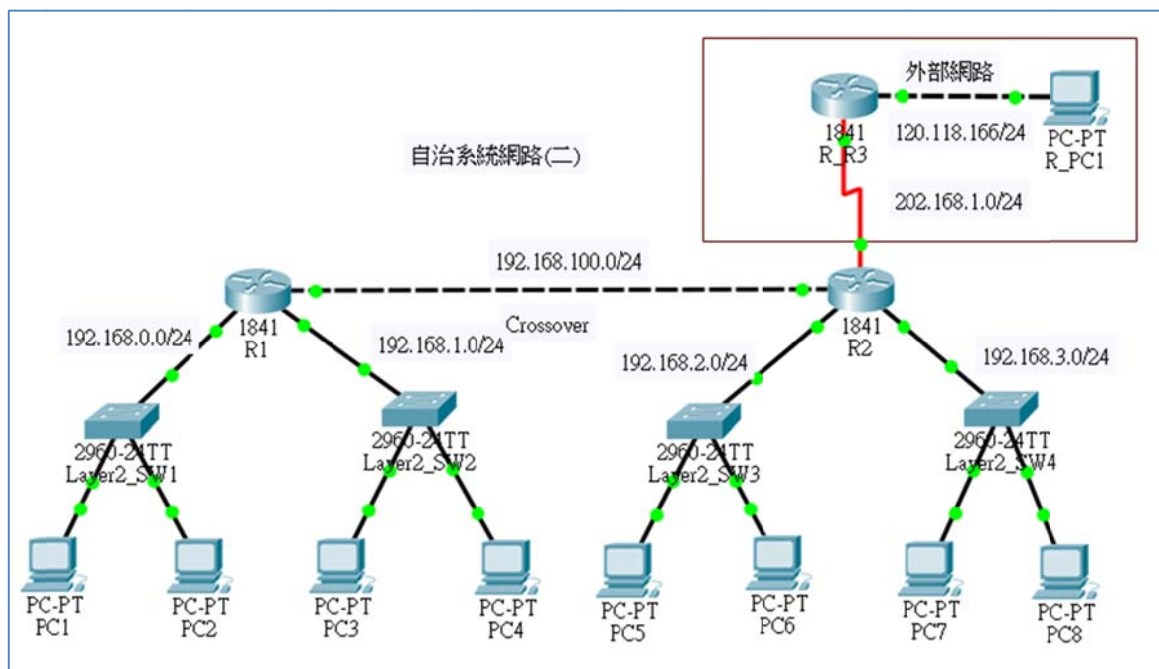


圖 7-30 自治系統網路(二)介面設定

(F) 介面卡測試

■ R1 測試：

```
Router#ping 192.168.0.254
...
Router#ping 192.168.1.254
...
Router#ping 192.168.100.254
...
```

■ R2 測試：

[請自行測試介面]

■ R_R3 測試：

[請自行測試介面]

7-9-3 靜態繞路設定

(A) 靜態路由表與預設閘門規劃

(請匯入：自治系統網路(二)_介面設定.pkt，再練習設定路由表)

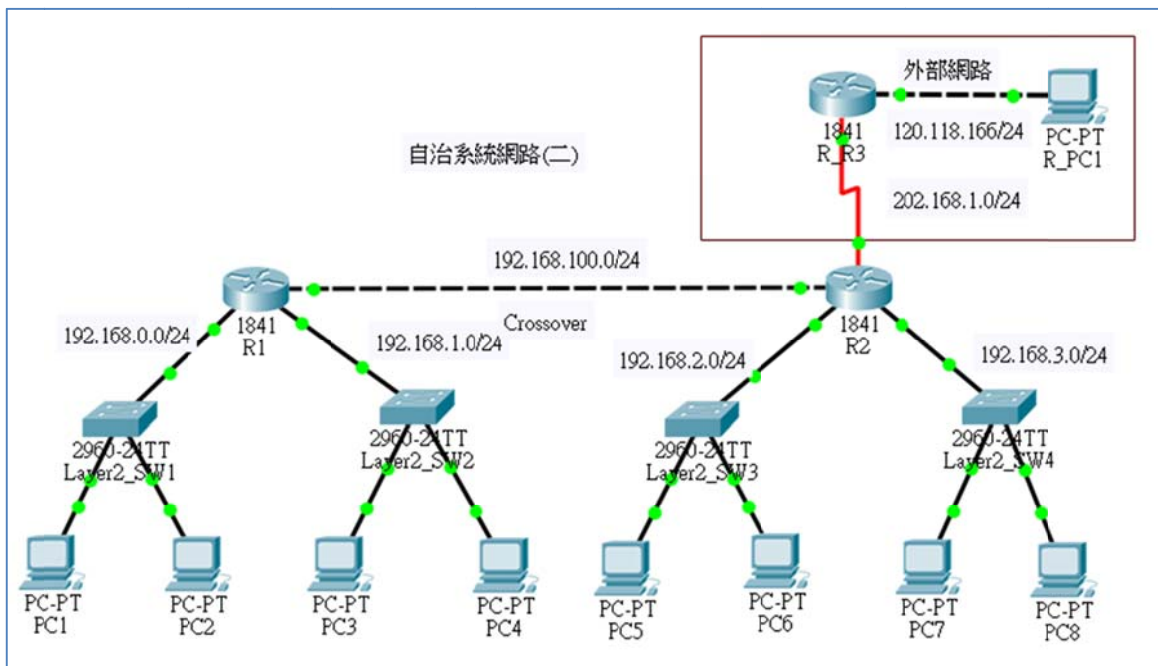


圖 7-30 自治系統網路(二)介面設定

靜態路由表的規劃要領是：『由本路由器出去，要到某一個網路區段的下一個路由器埠口位址』。譬如，由 R1 出去，要到 192.168.0.2 網路區段的下一個路由器(R2) 埠口(R2 e0/1/0)，它的 IP 位址(192.168.100.253)。另外，預設路由是指：『不在路由表內網路位址，皆轉送的下一個埠口位址』，譬如，R1 路由器收到一個要轉送到 170.13.2.0 網路的封包，它不在路由表內，則轉送到下一個埠口是 192.168.100.253 位址。依照此原則，R1 與 R2 的路由表規劃如下：

Router	Destination AD	Network Mask	Net Hop
R1	192.168.2.0	255.255.255.0	192.168.100.253
	192.168.3.0	255.255.255.0	192.168.100.253
	0.0.0.0(預設路由)	0.0.0.0	192.168.100.253
R2	192.168.0.0	255.255.255.0	192.168.100.254
	192.168.1.0	255.255.255.0	192.168.100.254
	0.0.0.0(預設路由)	0.0.0.0	202.168.1.2
R_R3	0.0.0.0(預設路由)	0.0.0.0	202.168.1.1

(B) R1 設定路由表與預設閘門

```
R1>en
R1#config ter
R1(config)#ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 192.168.100.253 [路由表設定]
R1(config)#ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 192.168.100.253
R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.100.253 [預設閘門設定]
R1(config)#do show ip route
....
Gateway of last resort is 192.168.100.253 to network 0.0.0.0

C 192.168.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
S 192.168.2.0/24 [1/0] via 192.168.100.253
```

```
S 192.168.3.0/24 [1/0] via 192.168.100.253  
C 192.168.100.0/24 is directly connected, Ethernet0/1/0  
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.100.253
```

```
R1(config)#exit
```

```
R1#copy running-config startup-config
```

(D) R2 設定路由表與預設閘門

[請自行設定路由表]

(E) R_R3 設定預設閘門

[請自行設定路由表]

(B) 測試繞路功能 (完成後檔案：自治系統網路(二)_靜態繞路設定.pkt)

■ 由 PC1(192.168.0.1) 上測試，如下

```
C:\>ping 192.168.1.1      [OK]  
C:\>ping 192.168.2.1      [OK]  
C:\>ping 192.168.3.1      [OK]  
C:\>ping 120.118.166.107 [OK]
```

■ 由 PC8(192.168.3.2) 上測試，如下

[請自行測試]

■ 由 R_PC1(120.118.166.107) 上測試，如下

[請自行測試]

7-9-4 動態繞路設定

請自行演練設定：RIPv1、OSPF、EIGRP 動態繞路。

(請匯入：自治系統網路(二)_介面設定.pkt)

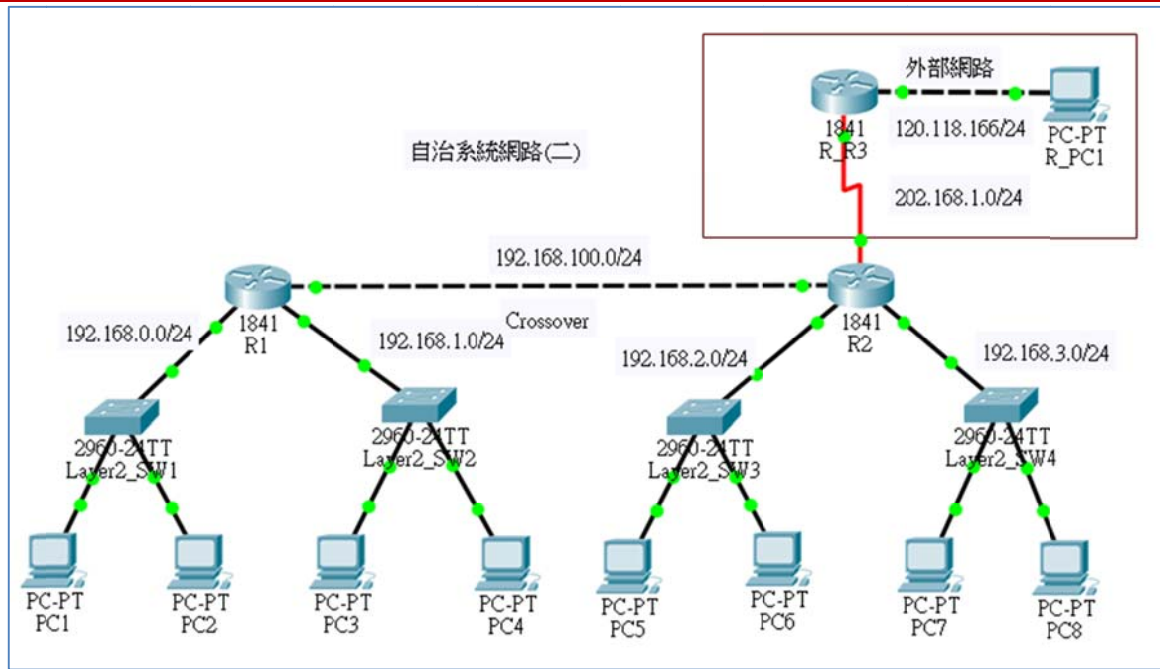


圖 7-30 自治系統網路(二)介面設定