

第六章 網路基本連線實作

6-1 認識 Packet Tracer 網路設備

本課程係利用 Cisco Packet Tracer 平台設計及規劃網路，又它僅提供 Cisco 網路裝置。很慶幸的，Cisco 網路裝置大多能包含其他廠商產品的功能，操作模式也大致相同，學習完之後，欲操作其他廠商設備也能隨心所欲。但話說回來，欲利用 Cisco 網路產品來設計網路架構，首先必須瞭解 Cisco 公司產品有哪些特性，以及如何組裝它。網路型態並非一程不變，會依照使用單位需求而已所變更，因此，網路產品也大多採用組裝方式，依照需求再組裝起來，因此，我們必須了解 Cisco 公司所出產的網路元件如何，再學習如何組裝它。

當然 Cisco 網路產品非常眾多，我們並無法敘述每樣產品的特色，以及使用方法，這裡僅說明一些較常用，與特別需要注意的事項，如下：

- (1) Network Device：網路裝置。包含有路由器(Router)、交換器(Switch)、集線器(Hub)、無線裝置、安全套件等等。
- (2) End Device：終端裝置。包含有個人電腦、伺服器等等。
- (3) Connections：連接器。銅導線(Copper, Cat 5 UTP)、跳接銅導線(Cross-Copper, Cross Cat 5 UTP)、光纖、無線電波等等。

6-1-1 路由器裝置



(A) 路由器型態

路由器是網路裝置裡較複雜的，我們歸納一些較注意的特色：

- (1) 通用擴充型：可任意變更插入網路元件，譬如 Generic 等。

- (2) 部分擴充型：提供基本介面，但可再擴充其它介面，譬如 2910、2620 系列等。
- (3) 可擴充交換機介面型：除路由器介面外，可再擴充交換器介面，但不具有路由選擇功能，譬如 1901、1941、2911、1841、2811 等等。

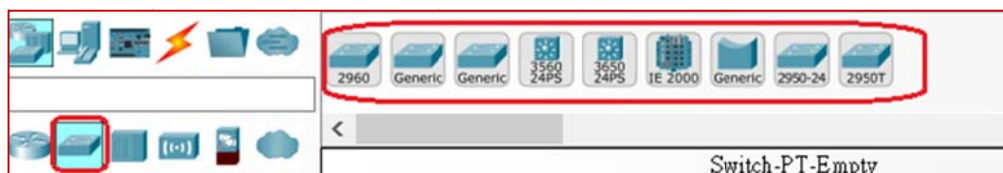
(B) 路由器擴充卡

路由器上網路介面卡，可以說是最複雜了，我們先由命名開始認識它的功能，以下面幾個介面型態來敘述：

- (1) NM-1E：Network Module with One Ethernet slot。
- (2) NM-1E2W：Network Module with One Ethernet and Two WIC (**WAN Interface Card**) slot。
- (3) HWIC-2T：High-Speed WAN Interface Card with 2 series ports。
- (4) PT-ROUTER-NM-1CE：Network Module with One Ethernet Port that can connect a LAN Backbone for PT-Router used。
- (5) PT-ROUTER-NM-1CGE：Network Module with One Gigabit Ethernet copper connectivity for PT-Router used。

其實，也不困難，當我們由 Packet Tracer 平台點選某一個網路介面，它便有說明敘述。

6-1-2 交換器裝置



(A) 交換器型態

交換器是目前網路最主要的佈線裝置，吾人歸納其特性如下：

- (1) Layer 2 Switch：僅拆解到 Layer 2 標頭，具有學習紀錄各部口連接裝置的 IP 位址，虛擬區域網路、以及擴充樹演算法，避免學習路徑產生迴路的功能，譬如：2960-24TT、2950-24、Switch-PT、等。

- (2) Multilayer Switch：具有 Layer 3 Switch 功能，每一介面可選擇具有路由功能，或 Layer 2 交換器功能，譬如：3650-24PS 或 3560-24。
- (3) 交換器擴充基座：允許依需求變更網路介面卡，但僅具有 Layer 2 交換器功能，譬如：Switch-PT。

(B) 交換器擴充卡

Cisco 交換器擴充卡僅運用於 Switch-PT 裝置上，由它的名稱可觀察出其功能，譬如：

- (1) PT-SWITCH-NM-1CE：PT-SWITCH Network Module with One Ethernet slot。
- (2) PT-SWITCH-NM-1CE：PT-SWITCH Network Module with One Copper Ethernet slot。

6-1-3 連線裝置



線裁是提供網路卡之間的連線使用，Packet Tracer 提供有：Console、Copper Straight-through、Copper Cross-over、Fiber、Phone、Coaxial、Serial DTE、Serial DCE、
 等等。到底要採用哪種線材來連接，則決定連接埠口的型態。較常使用的是 Copper (Cat 5 UTP) 與光纖連線，但其中需要特別注意有：

(A) 裝置埠口的型態

一般網路裝置連線有 DTE (Data Terminal Equipment) 與 DCE (Data Communication Equipment) 兩種接頭。許多人對於他們之間有點混淆，簡單的說 DTE 與 DCE 兩者直接連線即可，但連接埠口上到底屬於 DTE 或 DCE 呢？一般終端設備的埠口都屬於 DTE，譬如：主機電腦、路由器的連接埠口皆是。又網路連結設備的埠口都是 DCE，譬如：交換器或集線器的埠口皆是。使用線材的動點如下：

- (1) Copper Straight-Through：DTE 與 DCE 連接使用，譬如：交換器與主機之間連線。

- (2) Copper Cross-Over：DTE 與 DTE，或 DCE 與 DCE 之間連接使用，譬如：路由器與主機、或電腦與電腦之間連線。

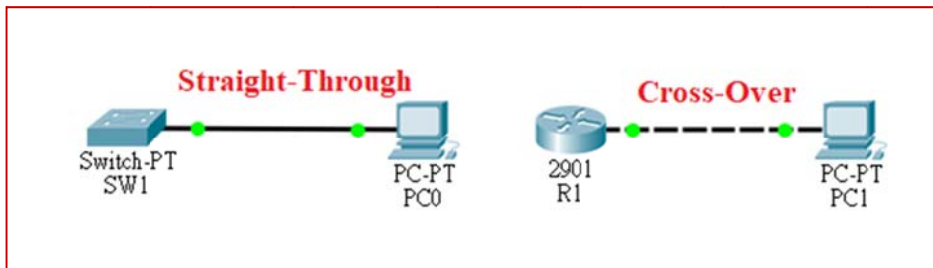


圖 6-1 兩種連線方式

(B) Serial DTE & DCE

Serial DTE & DCE 是使用 WAN 網路遠距離傳輸使用，雙方必須協議傳輸速度與頻寬，也必須利用脈衝信號(Clock) 保持雙方同步。一般 Clock 信號由 DCE 提供給 DTE，亦是 DCE 須設定 bandwidth 與 Clock Rate，而 DTE 僅需設定 Bandwidth 即可，但兩者 Bandwidth 數值需相同。

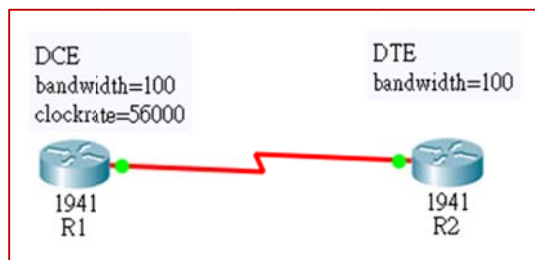


圖 6-2 DCE & DTE 連線

(C) 介面自動調整速率

一般 Ethernet 網路介面卡有：Ethernet (10 Mbps)、Fast Ethernet(100 Mbps) 與 Gigabit Ethernet (1 Gbps) 等不同的傳輸速率，其中可能是 Copper (如 CFE，Copper Fast Ethernet)或 Fiber (如 FFE，Fiber Fast Ethernet)等等，除了線材(Copper 或 Fiber)不可拿錯之外，一般網路介面卡具有自動調速的功能。亦是 Fast Ethernet 與 Gigabit Ethernet 介面卡連接之後，雙方會自動調整為 Fast Ethernet (100 Mbps) 的速度。

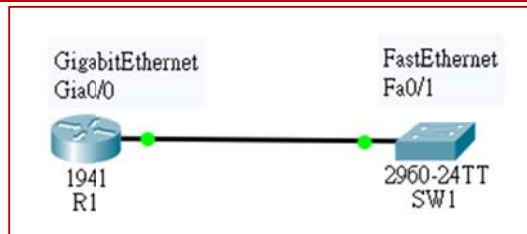


圖 6-3 連線自動調整速率

6-2 HUB 網路架構

6-2-1 集線器與匯流排網路

目前 Ethernet 網路幾乎拋棄早期同軸電纜建構的匯流排架構，大多採用集中式連線方式，線材使用絞對線，連線裝置採用集線器(Hub)或交換器(Switch)。基本上，集線器 (Hub) 是整合型的共通匯流排 (Common Bus)，將多重存取 (Multiple Access) 的连接點集中在一個裝置上。雖然保留原來匯流排的拓樸架構，但可以用星狀或樹狀架構來佈線。因此，集線器是佈線系統中最主要的裝置。由集線器的內部結構來觀察，也是屬於匯流排結構，如圖 6-4 所示。我們以 Ethernet 集線器為例，說明其特性如下：

- **傳輸速率**：10Mbps(10BaseT)、10/100Mbps(100BaseT)、100/1000Mbps(1000BaseT)。
- **多工方式**：半雙工方式。集線器和工作站之間傳輸還是依照 CSMA/CD 通訊協定，因此，還保留載波偵測、碰撞現象、半雙工傳輸等特性。
- **共享頻寬**：在串接集線器之間，也是依照 CSMA/CD 通訊協定運作，亦屬於同一共享頻寬之內。
- **傳輸媒介**：與工作站連接大多是採用 UTP(Cat-3 或 Cat-5)及 RJ 45 接頭，可達 100 公尺。集線器之間連接，可選擇多模光纖或 STP 連線，連線距離依傳輸媒介而定。
- **網路範圍**：依照各種通訊協定而異，例如 10BaseT 可達 500 公尺；而 100BaseT 和 1000BaseT 是 205 公尺。
- **連接埠口**：一般集線器都提供有 4/8/16/24 等連接埠以供選擇，並提供集線器之間串接埠口，使能串接其它集線器。至於可以串接幾部集線器，依各種網路型態而異。

Ethernet 原始網路是匯流排 (Bus) 架構，如下圖所示：

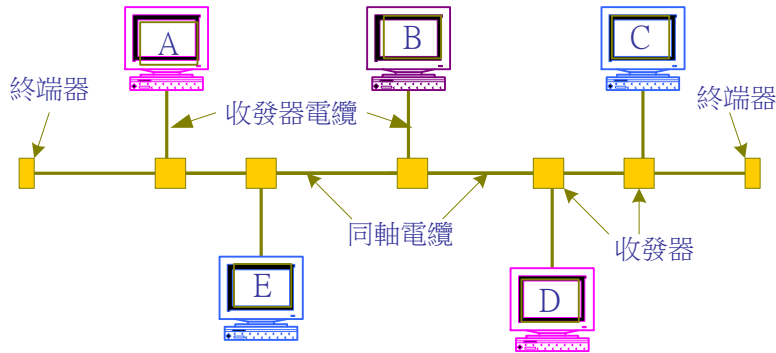


圖 6-4 Ethernet 匯流排網路架構

集線器模擬匯流排 (Bus) 的廣播功能，將其轉換成集中式架構如下圖所示：

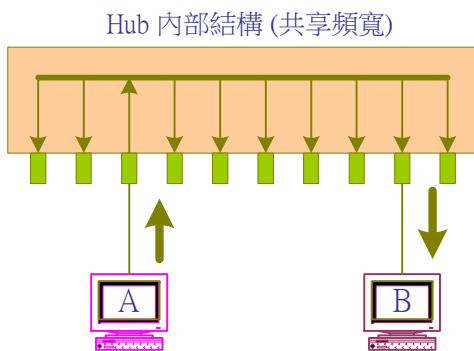


圖 6-5 Ethernet 集線器架構

6-2-2 集線器架設網路

(A) HUB 網路規劃

吾人利用集線器來建置一個簡單網路，首先規劃網路環境如下：

網路區段	Gateway/DNS	名稱	IP 位址	連接埠口
192.168.0.0/ 255.255.255.0	192.168.0.254/ 168.95.1.1	PC0	192.168.0.1	HUB(Fa0)
		PC1	192.168.0.2	HUB(Fa1)
		PC2	192.168.0.3	HUB(Fa2)

(B) 網路建置

我們利用 Cisco Packet Tracer 建置上述網路，吾人需選擇下列元件來建置：

- (1) HUB-PT：模擬集線器。具有 10 個 Fast Ethernet 埠口的集線器。

(2) PC-PT：模擬客戶端主機。該主機上提供多種客戶端套件，譬如：Terminal、Command Prompt、Web Browser、Email 等等。本範例選擇使用 Command Prompt 介面。

(3)Copper 線材。模擬 Cat-5 UTP 連接線材。

吾人將其網路建置如下：**(完成後：HUB 網路架構.pkt)**

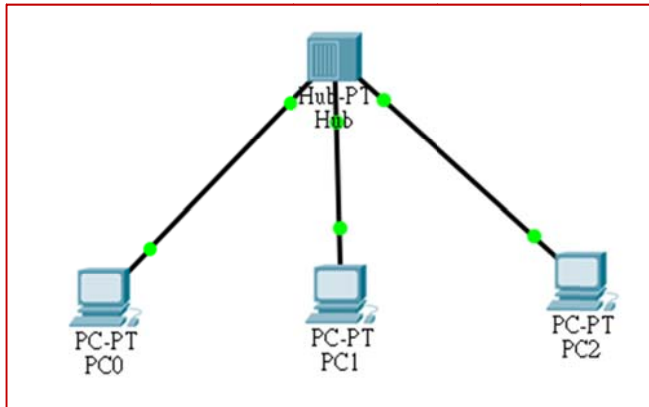
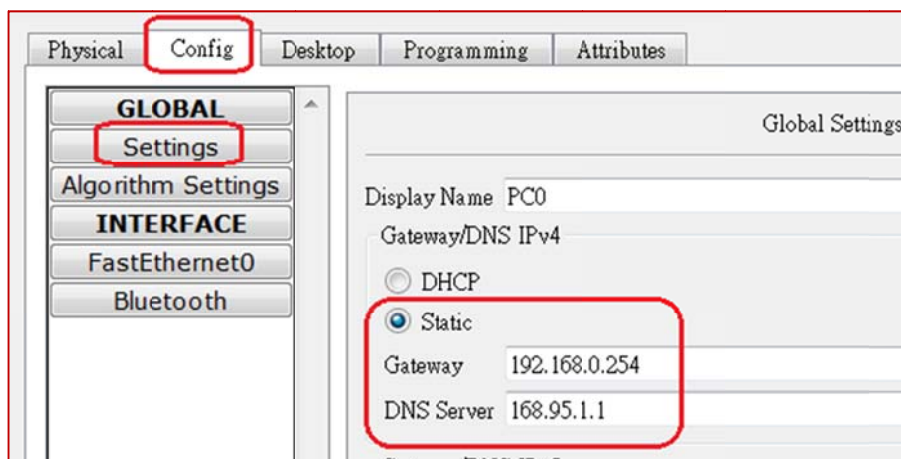


圖 6-6 Hub 網路架構

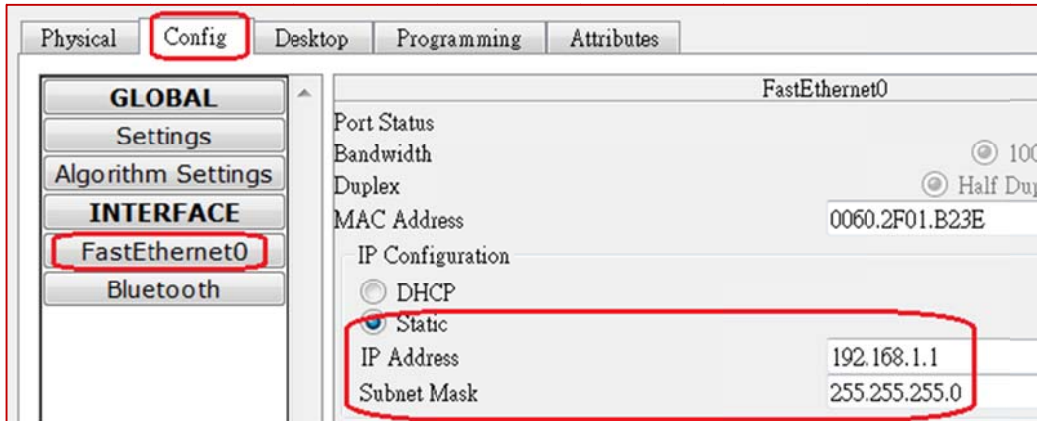
(C) 設定網路環境

HUB 上不須任何設定，只要設定 PC0 ~ PC2 的網路環境即可，如下：

(1) 步驟 1：設定 PC0、PC1 與 PC2 的 DNS 與 Default Gateway，如下：



(2) 步驟 2：設定 PC0、PC1 與 PC2 的網路位址，如下：



(D) 測試網路連線

由 PC0 上 ping PC1 與 PC2，如下：(點選 PC0 -> Desktop -> Command Prompt)

```
C:\>ping 192.168.0.2 測試連結 PC1
Pinging 192.168.0.2 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.2: bytes=32 time=8ms TTL=128
Reply from 192.168.0.2: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.0.2: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.0.2: bytes=32 time<1ms TTL=128
Ping statistics for 192.168.0.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 8ms, Average = 2ms
C:\>ping 192.168.0.3 測試連結 PC2
Pinging 192.168.0.3 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.0.3: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.0.3: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.0.3: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.0.3: bytes=32 time<1ms TTL=128
Ping statistics for 192.168.0.3:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

由上述 ping 結果可以看出連線正常。

6-2-3 觀察 HUB 轉送封包

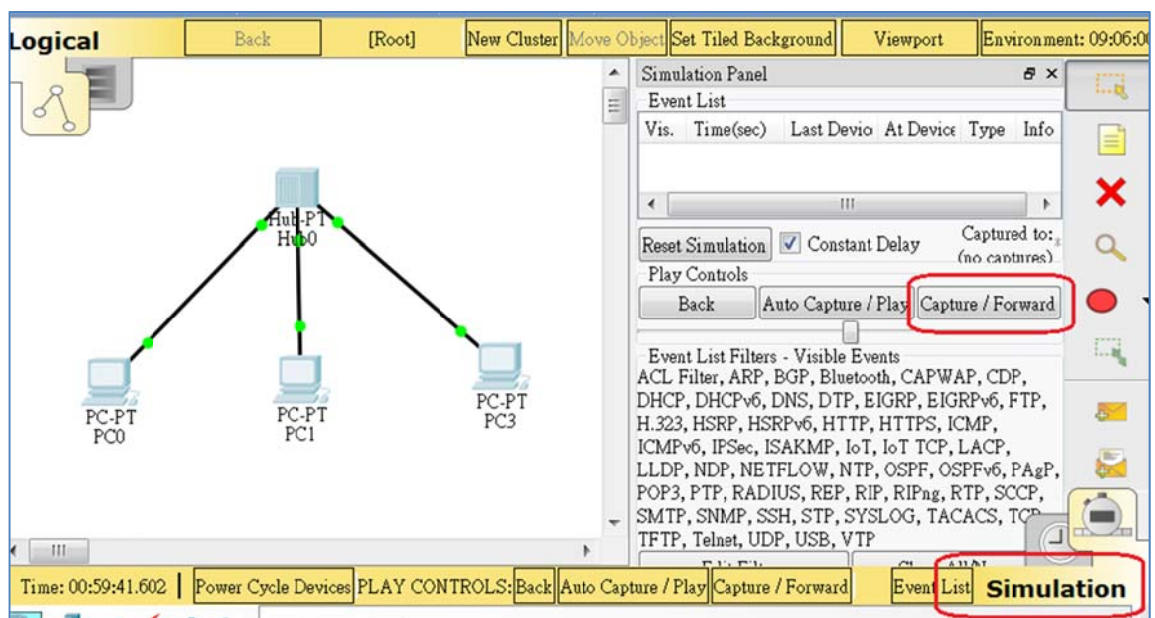
(A) 題目分析：

- (1) HUB 轉送訊框的方法是，由任一埠口收到訊框之後，立即轉送到其它埠口上。當埠口連接的主機收到訊框之後，由訊框上的目的地址判斷是否傳送給自己，如果是就將它收下，否則就拋棄它。

- (2) 命令 Ping 是發送端送出 ICMP Echo Request (MT=8) 訊息，接收端再以 ICMP Echo Replay(MT=0) 訊息回應給發送端。
- (3) 吾人選擇一部主機 (PC1) 發送 ping 訊息給另一部主機 (PC0)，並將 Packet Tracer 選擇模擬模式 (Simulation)，速度放慢，並以單步 (Capture/Forward) 模式，即可觀察到 HUB 轉送訊框的步驟。

(B) 採用 Simulation Mode 操作

如同 Ex4-1，吾人利用 Hub 連結三部主機 PC0 (192.168.1.10)、PC1 (192.168.1.11)、PC2 (192.168.1.12)，並選擇模擬模式，如下圖：



(C) 產生 HUB 轉送訊框

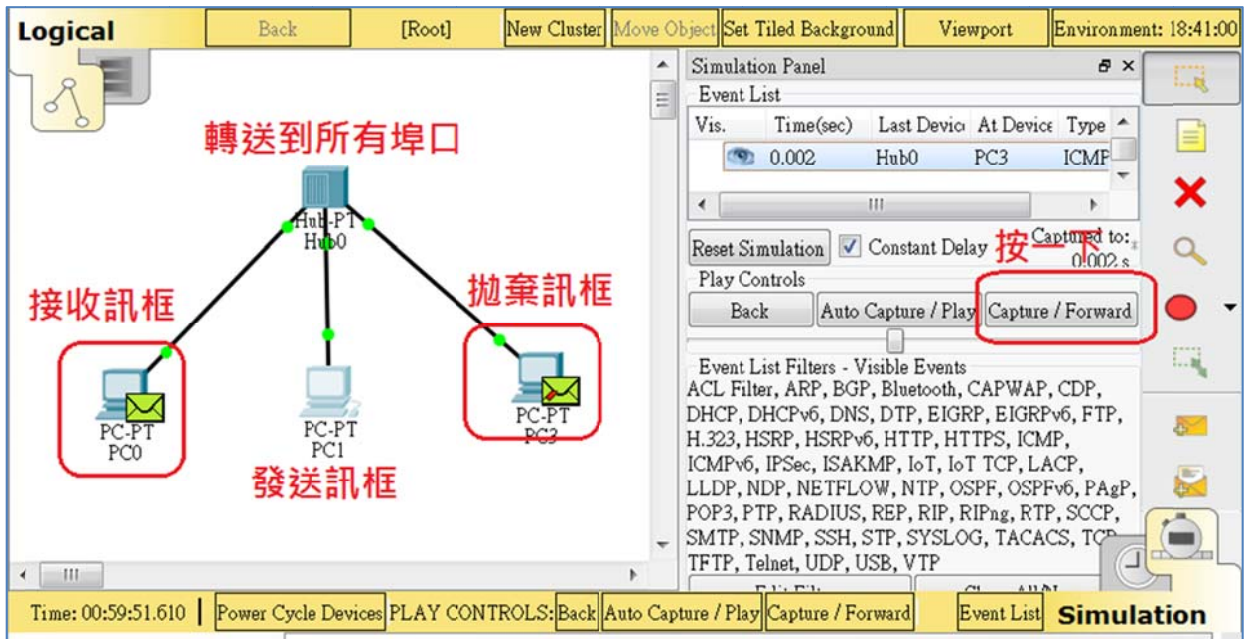
- (1) 步驟 1：由 PC1 上 ping PC0 如下：(點選 PC1 -> Desktop -> Command Prompt ->)

```
Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ping 192.168.0.1
Pinging 192.168.0.1 with 32 bytes of data:
```

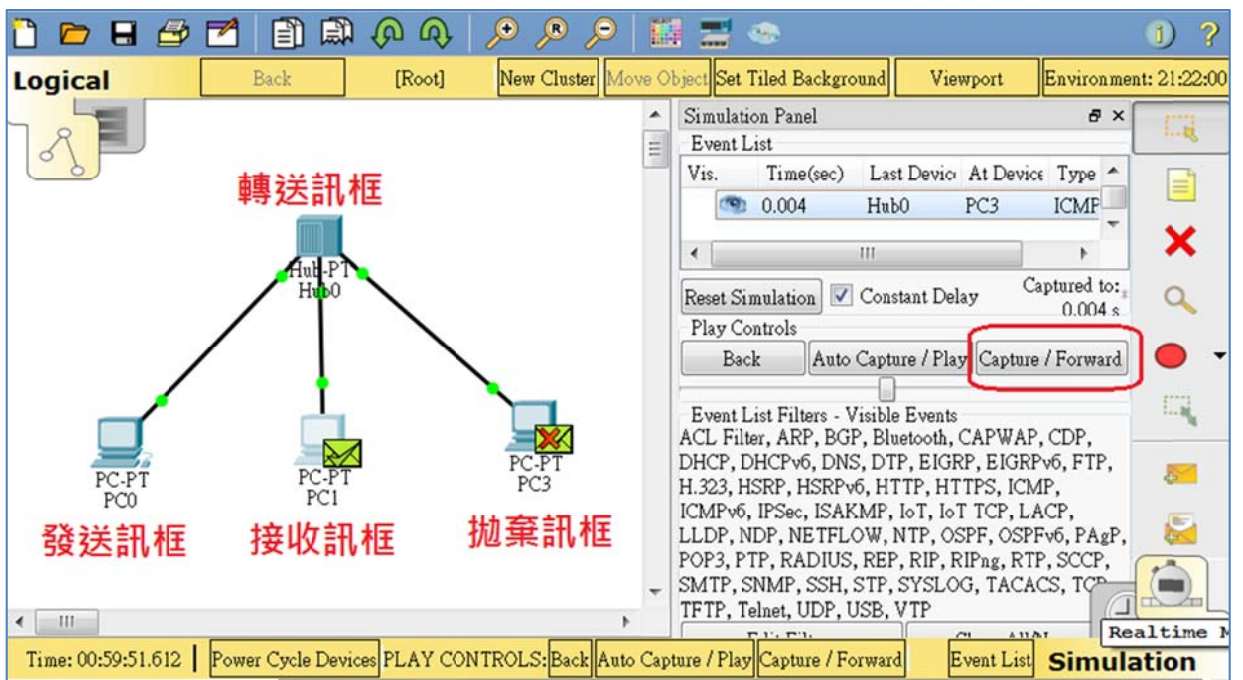
因選擇 Simulation 模式，則執行後會暫停。

- (2) 步驟 2：在 Packet Tracer 按 Capture/Forward 一次，則系統執行一個步驟，則可觀察出 HUB 如何轉送封包。下圖是 PC1 發送 ICMP Echo Request (MT=8) 給 HUB，

HUB 將它轉送到其它埠口，PC0 收到訊框由 DA (Destination Address) 欄位得知是傳送給自己，將其收下。另外 PC2 由 DA 發現並非傳送給自己，就將它拋棄。



(3) 步驟 3：再按 Capture/Forward 一次，則 PC0 回應 PC1，則發送 ICMP Echo Replay(MT=0)給 HUB，HUB 將它轉送到其它埠口，PC1 收到後，由訊框內 DA (Destination Address) 欄位得知是傳送給自己，將其收下。另外 PC2 由 DA 發現並非傳送給自己，就將它拋棄。



6-3 Switch 網路架構

6-3-1 橋接器與交換器

橋接器 (Bridge) 是用來連結兩個或兩個以上，實體層或媒介存取層不相同 (或相同) 的網路，使網路之間的工作站可以互相通訊。橋接器和連接網路之間的通訊協定堆疊，如圖 3-7 所示。如果，橋接器使用於不同媒介存取層 (MAC) 之間連接，但連接網路都屬於 IEEE 802 系列標準，則橋接器和網路之間使用相同的邏輯鏈路層 (LLC)。

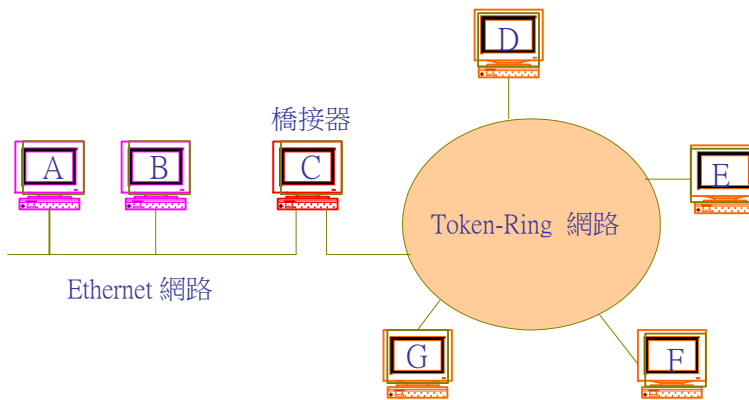


圖 6-7-1 橋接器功能

如圖 3-7 中，區域網路 A 可以是 Ethernet 網路 (MAC-A 為 IEEE 802.3)，而區域網路 B 是 Token-Ring 網路 (MAC-B 為 IEEE 802.5)；或者，區域網路 A 與區域網路 B 分別是 10Broad36 和 10Base5，兩者的 MAC 都是 IEEE 802.3 協定，但網路 A 的實體層是寬頻傳輸，而網路 B 是基頻傳輸。另一種是目前使用最普遍的情況，連結網路之間都是 Ethernet 網路，而其最主要目的是分散網路上的傳輸量 (Traffic)。

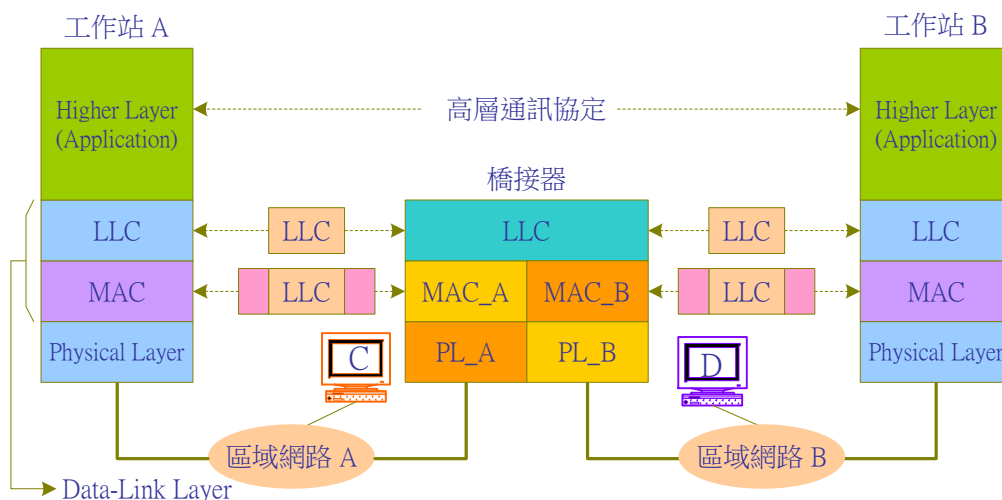


圖 6-7 橋接器之通訊協定堆疊

第二層交換器 (**Layer 2 Switch**) 類似多埠口橋接器 (**Multi-port Switch**) 功能，但並沒有協定轉換功能，亦即，**Layer 2 Switch** 是在相同的媒介存取層 (**MAC**) 協定之下，做訊框交換的功能，最常見的是 **Ethernet Switch** (如第二章介紹)。但 **layer 2 Switch** 除了不具有協定轉換功能外，它還是擁有橋接器的一般功能，譬如，學習功能、儲存再傳送 (**Store-and-Forward**)、過濾功能等等。

一般 **Layer 2 Switch** 都有提供 8 ~ 24 個連接埠口，每一埠口同樣具有學習之能力，可紀錄埠口上所連接工作站的 **MAC** 位址。當訊框由連接埠口進入時，交換器依照訊框上的目的位址，將訊框轉送出去，並不需要整個訊框進入後再轉送，因此稱之為『**透通交換方式**』 (**Cut-through Switching**)。這種交換方式，除了快速便捷外，也不涉及原來通訊協定 (與 **CSMA/CD** 協定無關)。但交換器的處理速度必須非常快速，譬如，16 埠口的 **100BaseT** 的交換器，其處理速度必須達到 $800 \text{ Mbps} (= 16 \div 2 \times 100)$ 。

雖然 **Layer 2 Switch** 不具有協定轉換功能 (不同 **MAC** 之間轉換)，但它將橋接器的過濾與前送功能發揮到極點。一般在 **Ethernet** 網路上，當連接過多工作站時，工作站之間的碰撞機率提昇，整個網路效益將會大受影響。**Layer 2 Switch** 為最佳的分散傳輸負荷 (**Traffic**) 的設備，交換器埠口之間的交換訊框，並不涉及 **CSMA/CD** 通訊協定。每一連接埠口都是獨立的專屬頻寬，在這連接埠口所連接之工作站共享該頻寬，因此，將每一連接埠所連接之網路稱之為『**碰撞網域**』(**Collision Domain**)。而一般規範，每一連接埠口可紀錄 1024 個 **MAC** 位址，亦即，每一碰撞網域允許連接 1024 個工作站。

6-3-2 交換器的工作原理

圖 6-8-1 是交換器內部結構的示意圖，每一埠口都緩衝器，各埠口之間利用一個高速率傳輸骨幹連接。基本上，交換器內部需紀錄每埠口連接工作站的 **Ethernet** 位址(利用學習得來)。當交換器收到某一埠口的訊框時，它必須拆解到 **Ethernet** 訊框標頭(第二層協定)，得知該訊框應該轉送到哪一個埠口上。也許該埠口有許多訊框轉送過來，來不及發送出去，因此需要一些緩衝器來儲存。

由此可見，交換器收到訊框之後，並非廣播到所有埠口，而是拆解訊框標頭，得知目的位址後再將它轉送到所連接的埠口上。因此，整個交換器並非只允許一個工作站，而是多個工作站可同時傳輸訊息，這一點與集線器的差異很大，效率也比集線器高很多。當然交換器所能乘載的頻寬必須視內部傳輸骨幹的傳輸能力而定。

吾人大致將交換器應具有的功能歸納如下：

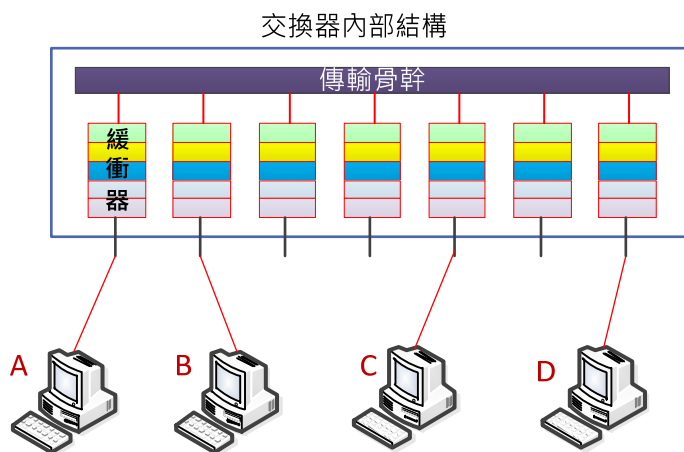


圖 6-8-1 交換器內部結構

- **位址辨識功能：**一般橋接器都以 MAC 位址來辨識工作站。當交換器由網路上接收到訊框後，必須拆解其目的位址 (MAC-PDU)，再決定應該往哪一個埠口傳送，或將其拋棄。
- **學習功能：**一般工作站的 MAC 位址都是固定的，不會因連接地點而改變。但網路上連結之工作站，也許會隨時改變。因此，橋接器必須隨時在學習過程中，紀錄連接埠上所連接之工作站的 MAC 位址。
- **過濾 (Filtering) 功能：**同一個網路中互傳的資料會被交換器過濾掉，而不會傳送到其它網路上。
- **前送 (Forwarding) 功能：**交換器接收到欲傳送到另一個網路的訊框時，交換器會將其儲存，再傳送到目的網路。因此，橋接器也具有『儲存後轉送』(Store-and-Forward) 之功能。

圖 6-8 是利用交換器/集線器所構成網路，網路 A、B、C 是利用集線器連接的 Ethernet 網路，交換器必須記錄每埠口連接工作站的 Ethernet Address(若干個)。網路 A 擁有工作站 1 到 10；而網路 B 上有工作站 11-20。當工作站 1 發送訊框給工作站 2 時，該訊框應該不會經過交換器。而當工作站 1 欲傳送訊框給工作站 11 時，橋接器將會讀取該訊框，並轉送給工作站 11。

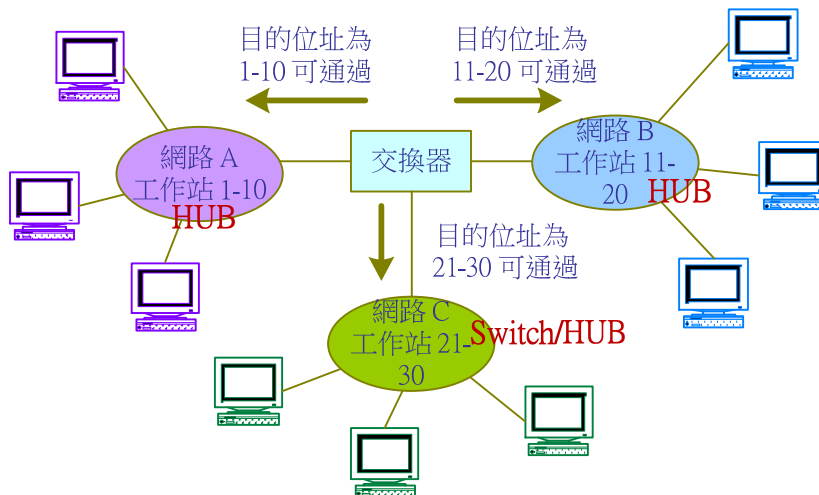


圖 6-8 交換器之過濾與轉送功能

6-3-3 交換器的學習功能

交換器的學習功能最主要的目的，是要知道每一個連接埠口上所連接之工作站的 MAC 位址。學習過程的原理非常簡單，交換器只要紀錄，由某一埠口進入訊框的來源位址，也就表示由該埠口出去，就可以到達該來源位址的工作站。至於是否還需要經過多少個交換器，就不用去理會它，因此，交換器也屬於下一路徑 (Next-hop) 轉送法。在學習的過程之中，將知悉的 MAC 是屬於哪一個連接埠的訊息，紀錄在『過濾資料庫』(Filter Database) 中，以待下次訊框進來時，作為查詢其目的位址是屬於哪個埠口，或過濾掉不要傳送。

我們以圖 3-10 來說明過濾資料庫的功能。交換器 X 和 Y 連結網路 M、L、N、P。在每一交換器上都有一個過濾資料庫，紀錄著經過學習得到的工作站名稱，和其所屬的埠口位址，以及學習紀錄的時間。例如，工作站 A 欲傳送資料給工作站 G，當該訊框進入交換器 X 後，交換器 X 由訊框的目的位址 (G)，知悉該訊框是隸屬於埠口 2 (查詢過濾資料庫)，便將訊框轉送到埠口 2，亦即，發送到網路 L。緊接下來，交換器 Y 由埠口 1 上收到該訊框，又由訊框的目的位址，知悉該訊框隸屬於埠口 2 (查詢過濾資料庫)，再將該訊框轉送到網路

N，因此，工作站 G 收到訊框。又當交換器 Y 由它的第一埠口收到這訊框時，由訊框的來源位址得知，這個訊框的發送位址 (A)，也表示，爾後由第二個埠口出去，可以到達該來源工作站 (A)，因此，就將工作站 A 和它隸屬的埠口 (1) 紀錄在過濾資料庫上。

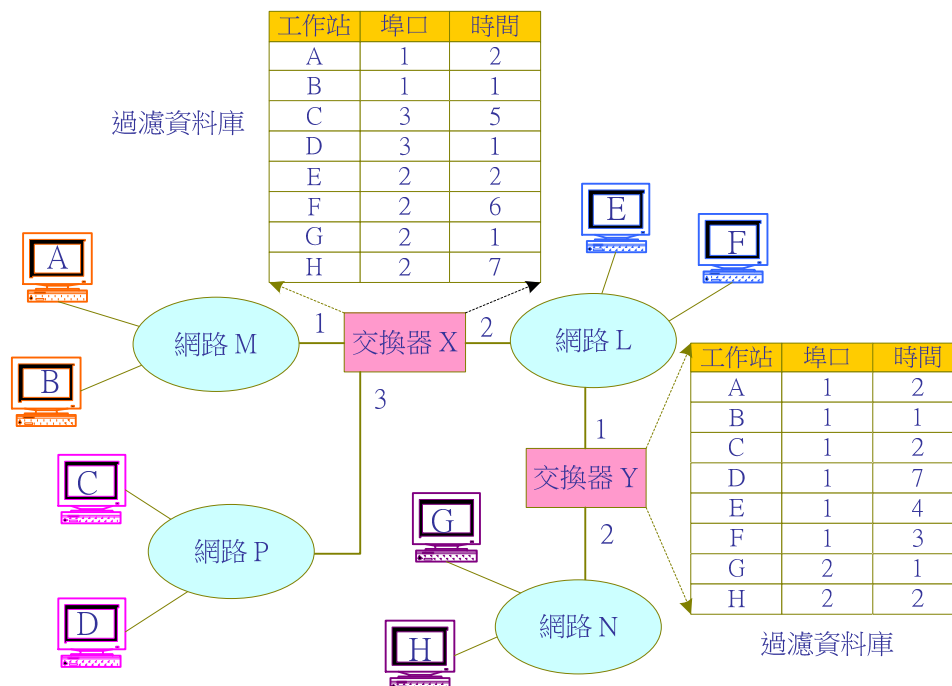


圖 6-9 交換器連結網路範例

交換器的學習演算法 (Learning Algorithm) 如圖 3-11 所示。當訊框由某一埠口 (X) 進入時，由目的位址判斷，該訊框應該轉送到哪一個埠口；而由來源位址學習，發送該訊框之工作站隸屬哪一個埠口。其主要有三個主要程式，如下：

- **前送程式 (Forwarding Process)**：負責將接收到而且要轉送的資料傳給適當的交換器之埠口，或根據『過濾資料庫』(Filtering Database)的內容和交換器的狀態(port state)，過濾訊框不要轉送。
- **學習程式 (Learning Process)**：此程式檢查由每一個連接埠口所接到訊框的『原始位址』(Source Address)，並且根據此原始位址來更改過濾資料庫內容。
- **過濾資料庫 (Filtering Database)**：此資料庫包含有關過濾資料的訊息。其內容可由交換器管理系統填入或自動經由學習程序所得到的。它提供足夠的訊息給前送程式，以便判斷欲送給某一個目的地址的訊框，應該往哪一個埠口轉送。

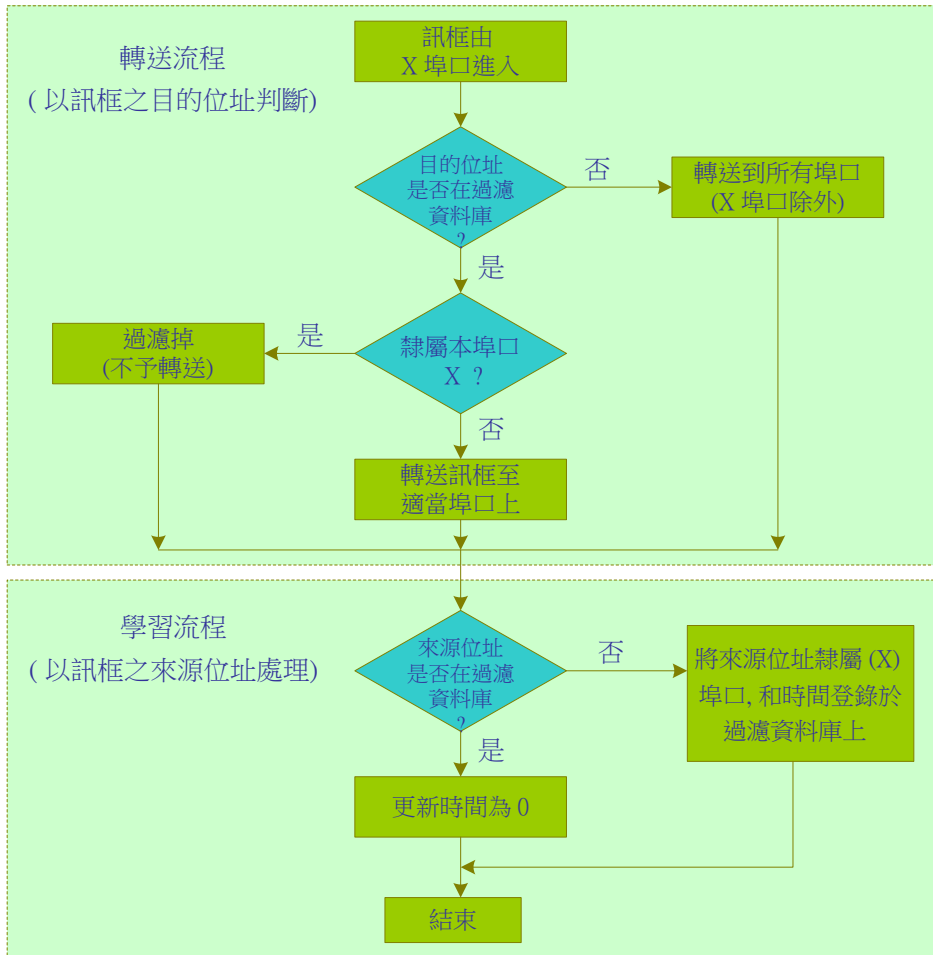


圖 6-10 交換器之學習與轉送的演譯法

6-3-4 交換器架設網路

(A) Switch 網路規劃

吾人利用交換器來建置一個簡單網路，首先規劃網路環境如下：

網路區段	Gateway/DNS	名稱	IP 位址	連接埠口
192.168.1.0/ 255.255.255.0	192.168.1.254/ 168.95.1.1	PC0	192.168.1.10	SW1(Fa0)
		PC1	192.168.1.11	SW1(Fa1)
		PC2	192.168.1.12	SW1(Fa2)

(B) 網路建置

我們利用 Cisco Packet Tracer 建置上述網路，吾人需選擇下列元件來建置：

- (1) 2960-24TT：模擬交換器。具有 24 個 Fast Ethernet 埠口與 2 個 Gigabit Ethernet 埠口。
- (2) PC-PT：模擬客戶端主機。該主機上提供多種客戶端套件，譬如：Terminal、Command Prompt、Web Browser、Email 等等。本範例選擇使用 Command Prompt 介面。
- (3) Copper 線材。模擬 Cat-5 UTP 連接線材。

吾人將其網路建置如下：(完成後：Switch 網路架構.pkt)

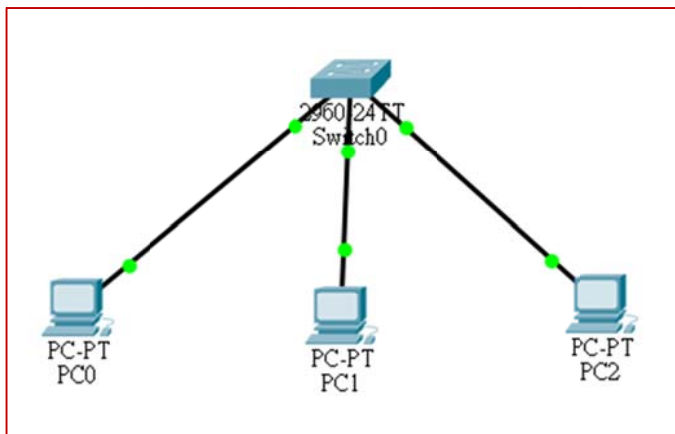


圖 6-11 交換器網路架構

(C) 設定網路環境

Switch 上不須任何設定(如沒有規劃虛擬區域網路)，只要設定 PC0 ~ PC2 的網路環境即可。如同 Hub 網路架構設定，不再重複敘述。

(D) 測試網路連線

由 PC0 連結測試 PC1 與 PC2，如下：

```
C:\>
C:\>ping 192.168.1.11 測試 PC1 連線

Pinging 192.168.1.11 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.11: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.11: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.11: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.11: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.1.11:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

C:\>ping 192.168.1.12 測試 PC2 連線

Pinging 192.168.1.12 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.12: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.12: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.12: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 192.168.1.12: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.1.12:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Average = 0ms
```

6-3-5 觀察 Switch 封包流動

(A) 系統分析

- (1) Switch 具有儲存每一埠口可以到達的網路位址，至多 1024 個位址。記錄這些資料室靠學習得到的。當 Switch 啟動內部還未儲存資料時，它會將訊框轉送到其它埠口，並記錄該訊框的 SA (Source Address)，以後如收到相同的 SA 位址時，則轉送到此埠口即可到達目的地，這就是學習的功能。
- (2) 同時 Switch 具有儲存再轉送的橋接器功能，與橋接器最大不同是各個埠口都是相同的網路協定，譬如都是 Ethernet 網路協定，不像橋接器可連結不同網路，以及網路協定之間的轉換，因此，交換器可說是較簡單的多埠口橋接器。
- (3) 如同橋接器一樣，利用 Switch 連結的網路架構不可以有迴圈現象，會造成交換器學習的困擾，因此也具有『擴張數演算法』的功能。
- (4) 命令 Ping 是發送端送出 ICMP Echo Request (MT=8) 訊息，接收端再以 ICMP Echo Reply(MT=0) 訊息回應給發送端。

- (5) 吾人選擇一部主機 (PC1) 發送 ping 訊息給另一部主機 (PC0) · 並將 Packet Tracer 選擇模擬模式 (Simulation) · 速度放慢 · 並以單步 (Capture/Forward) 模式 · 即可觀察到 Switch 轉送訊框的步驟。

(B) 測試 Switch 轉送訊框

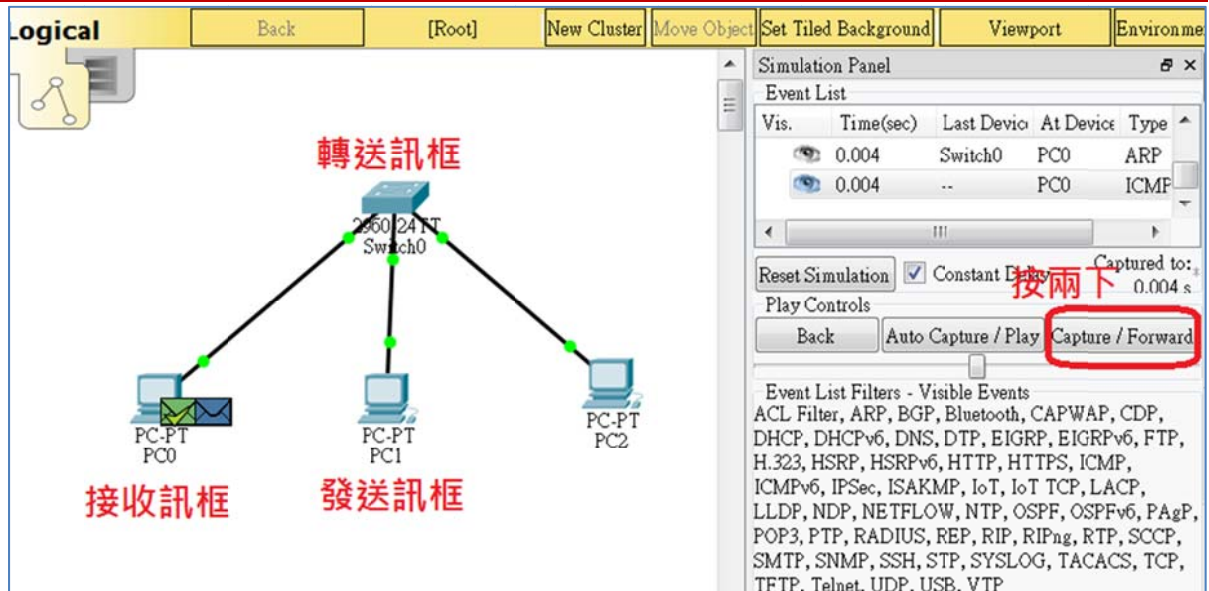
- (1) **步驟 1**：Packet Tracer 採用 Simulation 模式 · 再由 PC0 上 ping 發送給 PC1 如下：
(點選 PC1 -> Desktop -> Command Prompt ->)

```
Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ping 192.168.1.11
Pinging 192.168.1.10 with 32 bytes of data:
```

- (2) **步驟 2**：在 Packet Tracer 按 Capture/Forward · 則可觀察到由 PC0 發送訊框給交換器 · 交換器再分別轉送給 PC1 與 PC2 · 交換器已記錄由 f0/0 埠口可以到達 PC0 (192.168.1.10)。

The screenshot shows the Packet Tracer interface in Simulation mode. The network topology consists of a central Switch0 connected to three PCs: PC0, PC1, and PC2. Red text labels are overlaid on the diagram: "發送訊框" (Send packet) near PC0, "接收訊框" (Receive packet) near PC1, and "拋棄訊框" (Discard packet) near PC2. The Event List panel on the right shows two events: ARP requests from PC1 to Switch0 and PC2 to Switch0, both occurring at 0.002 seconds. The "Capture / Forward" button in the Play Controls section is highlighted with a red box. The bottom status bar shows "Simulation" mode and "Capture / Forward" controls.

- (3) **步驟 3**：接著再按 Capture/Forward 兩次 · 則可觀察到由 PC1 發送回應訊框給交換器 · 交換器僅轉送封包給 PC0 · 沒有轉送給 PC2 · 表示它已經知道 PC0(192.168.1.10) 在哪一個埠口(FastEthernet 0/0) 上。



6-4 Router 網路架構

6-4-1 路由器協定堆疊

依照 OSI 規範，路由器 (Router) 是連結兩個或兩個以上的網路，被連結的網路之間，可能使用不同的實體層 (Physical layer) 和鏈結層 (Data-Link Layer)，但必須有相同的網路層 (IP 或 IPX) 和其它高層次的通訊協定，其通訊協定關係如圖 6-12 所示。經過路由器所連結之網路，不論由實體網路而言，或由邏輯網路上來區分，都屬於不同的網路。不像由橋接器所連結之網路，由實體上觀察是不同的網路，但在邏輯上還是屬於同一網路，因為，一般我們區分網路都以第三層的網路位址為基準。路由器的主要功能是分割不同的第三層網路位址；而橋接器是以媒介存取層 (MAC) 的位址為基準去分割網路，並未包含網路位址，亦即，橋接器並未拆解到『網路層協定資料單元』(Network Layer Protocol Data Unit, NL-PDU)，如圖 3-7 所示。

路由器的運作原理也類似橋接器，一個路由器上會有若干個連接埠口，每一埠口的實體層和鏈路層必須相同於其所連接之網路的通訊協定。以圖 3-14 為例，區域網路 A 為 ISDN 網路，而區域網路 B 為 Ethernet 網路，工作站 A 的第一、二層為 HDLC 網路，因此路由器之 R1 埠口也必須是 HDLC 連結。當工作站 A 欲傳送資料給工作站 B，其資料經包裝 (Encapsulation) 後發送到網路 A，該封包由 R1 埠口進入路由器，路由器將其拆裝 (Decapsulation) 到 NL-PDU 封裝，再依照其『網路封包標頭』(Network Header, NH) 之

目的位址，轉送該封包到 R2 埠口上。轉送時是將該封包再包裝成 CSMA/CD 的封包格式，發送到區域網路 B 上。

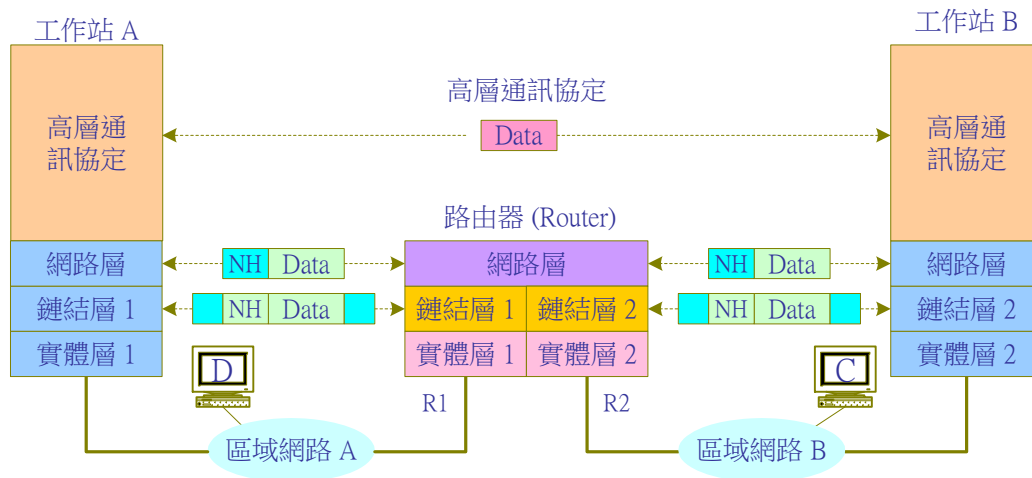


圖 6-12 路由器之通訊協定堆疊

6-4-2 IP 路由器功能

(A) 轉送封包

目前 Internet 網路大多使用 IP 路由器，路由器拆解到封包的第三層協定標頭，即是 IP 封包標頭，再由標頭上 Destination Address (DA) 欄位決定轉送到哪一埠口(當然也會參考其他欄位訊息)。圖 6-12-1 為簡單 IP 網路的示意圖，假設在 R1 路由器有一只路由表，當封包進入時，它拆解到 IP 層並取出目的位址 (DA)，依照路由表內容，如該 DA 屬於 140.127.0.0 網路工作站，則轉送到埠口 1 (147.127.0.254)，如屬於 140.128.0.0 網路則轉送到埠口 2(140.128.0.254)，依此類推。如果找不到相對應的埠口傳送(Otherwise)，則送到埠口 2 (140.128.0.254)，一般都將此埠口定名為 Default-Router。

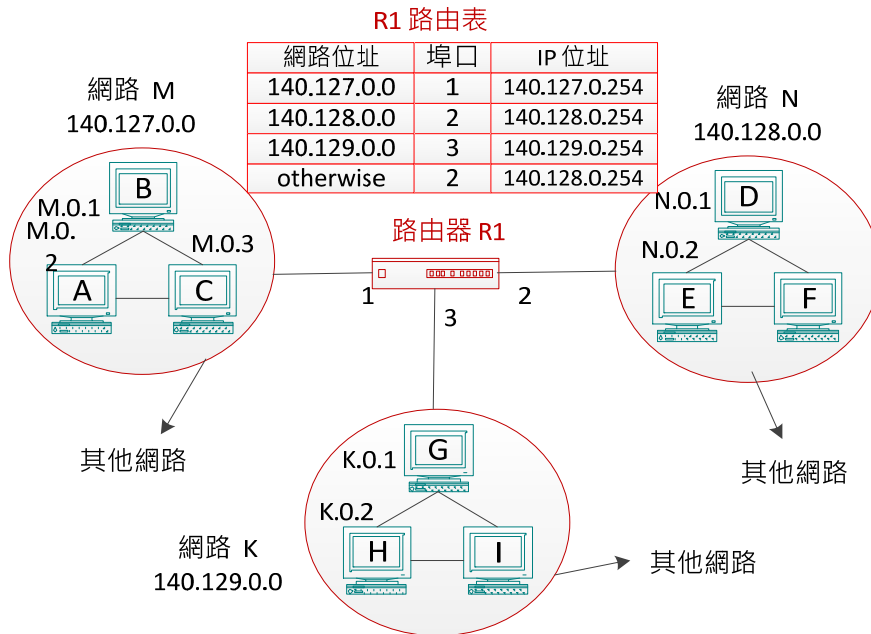


圖 6-12-1 IP 路由器功能

亦是，路由器上必須有一個路由表，封包進入後依照目的位址，在路由表上搜尋下一個路徑 (Next-hop) 應該往哪一個埠口轉送。因此，建立路由表是一件重要的工作，一般路由表的建立方式有下列兩種：

- **固定路由表 (Fixed Routing Table) :** 路由表經過網路分析後，由人工輸入建立而成。一般應用在建構網路的拓樸圖，固定之後便不再變動，除非網路架構有所變動。大多應用於區域網路上，因網路範圍不大甚少變動，以固定路由表即可。
- **動態路由表 (Dynamic Routing Table) :** 由網路上之路由器隨時交換訊息建構而成，因此，路由表的內容也隨時變動中。路由器之間交換訊息的內容和最佳路徑選擇演算法有不同的通訊協定規範，一般都使用 RIP (Routing Information Protocol) 和 OSPF (Open Shortest Path First) 協定。大多應用於網路範圍廣大，並可能網路架構隨時變更之網路，或不明網路架構如何之環境。

(B) 分割網路區段

路由器在區域網路上，還是以分割網路，來建立各單位所屬的子網路為主要用途 (也包含分散 Traffic 的功能)，我們用圖 6-13 來說明，一般路由器在區域網路上的應用情況。某一單位 (或學校) 的網路位址為 138.2.## (IP 位址)，工作站分佈於兩個地區內 (或建築物內)，在地區一內以路由器 A 將網路區分為 138.2.3.#、138.2.2.# 及 138.2.1.# 等三個子網路。

在路由器 A 上以固定路由方式 (Static Routing) 設定這三個網路之間的路徑選擇。譬如，某封包由 R4 埠口進入路由器 A，便在路由表上搜尋是否屬於 R2 和 R3 所屬網路之封包，如是便轉送到該所屬之埠口上，否則，則轉送到 R1 埠口 (Otherwise) 上。地區二之路由器 B 的路徑選擇也如同路由器 A，以固定路由方式設定網路位址是 138.2.30.#、138.2.20.#、138.2.10.#，而且將封包轉送到它們所屬的埠口上，又將網路位址為 138.2.#.# (除本路由器之外的 138.2.#.# 網路位址) 的封包轉送到 R1 埠口，而其它位址 (Otherwise) 則轉送到 R5 埠口上 (外部 Internet 網路)。但路由器 A 和 B 之間的路徑選擇方式可能有兩種做法：一是採用固定路徑選擇法，但必須知道對方的網路位址，如果對方之網路位址變動，也必須隨時修改變動；另一是採用動態路徑選擇法 (RIP)，其轉送時間可能較會延遲，但路由表會隨著網路變動而更新。

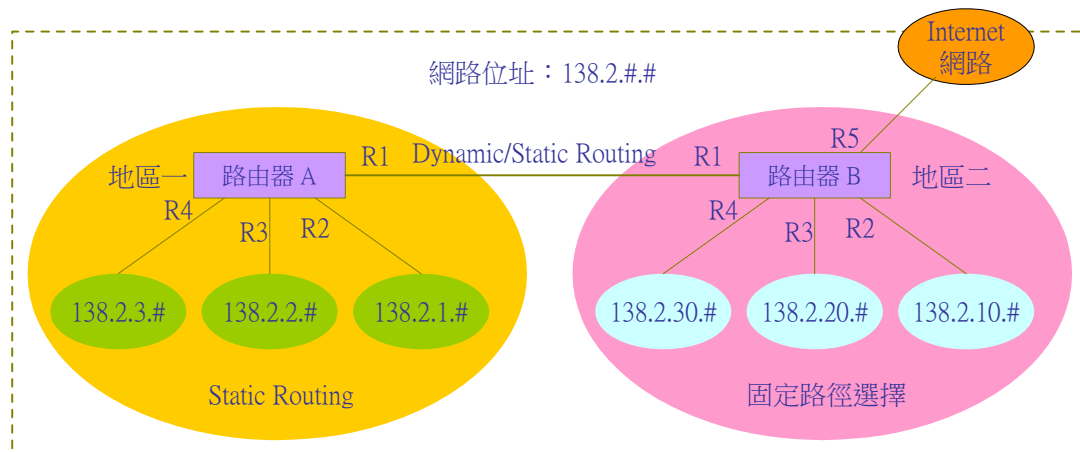


圖 6-13 區域網路之路由器分割網路範例

6-4-3 網域內網路規劃與架設

(A) 網域內網路分段

路由器最基本的功能是『子網路分段』，當某一區域網路被分配一個網路區段(假設 Class B)，如何在此網路下再分割若干個子網路區段，則須仰賴路由器的功能。如圖 6-14 該網路被分配到 163.15.0.0/16 網路號碼(Class B)，則利用『多埠路由器』 (Multi-port Router)，將它劃分為 163.15.1.0/24、163.15.2.0/24、163.15.3.0/24、、、、等子網路區段。基本上，由所屬子網路埠口連接出去的工作站，都屬於該網路範圍，一般都會將該埠口設定為『預設路由』 (Default-Router)，也是該子網路的進出門戶。譬如路由器某一埠口連接 163.15.2.0 網路，則

該埠口的 IP 位址則設定為 163.15.2.254，也是該網路的預設路由。簡單的說，由 163.15.2.254 連接(利用 Switch/Hub)出去的工作站，它們的預設路由都要設定為 163.15.2.254。

如圖 6-14 所示，當路由器收到某一封包，則拆解到 IP 標頭，並由『DA』(Destination Address)欄位取出目的位址，如它的網路號碼是 163.15.2.0，則轉送到 163.15.2.254(埠口 2)上、如是 163.15.3.0 則轉送到 163.15.3.254(埠口 3)、至於其他網路號碼，也轉送到相對應埠口。同樣的，163.15.2.0 網路底下的工作站(假設 163.15.2.1)發送給非本網路的工作站時，則直接發送給 163.15.2.254(工作站的預設路由)，由它轉送出去。

另外，路由器也會設定『預設路由』(路由器的預設路由)埠口，當它收到封包的目的地網路不在本路由器上時，則轉送到該埠口上，如圖 6-14，163.15.1.254(埠口 1)就是。

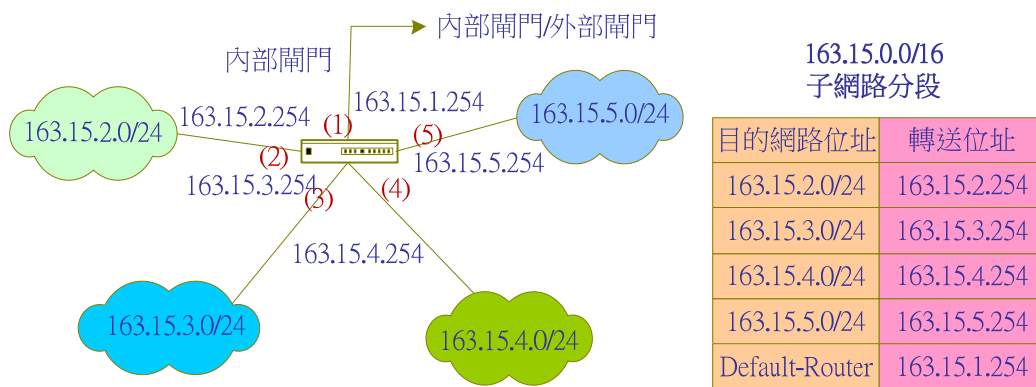


圖 6-14 網域內子網路分段

(B) 網路環境規劃

吾人規劃一個小型的網域內區域網路，不含外部網路連結。網域內包含兩個子網路區段，並包含若干部主機設備，如下：

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)
		Server	192.168.0.253	SW1(fa0/23)
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)

兩子網路區段需要一個路由器來連結，它至少需要兩個網路介面卡，每一介面卡連結一個子網路，並設定一個 IP 位址，並指定為 Default Gateway，如下：

Router	Router port	IP 位址	Switch port
R1	Fa0/0	192.168.0.254	SW1(fa0/24)
	Fa0/1	192.168.1.254	SW2(fa0/24)

(C) 網路建置

我們利用 Cisco Packet Tracer 建置上述網路，吾人需選擇下列元件來建置：

- (1) 1841 Router：模擬路由器。具有 2 個 Fast Ethernet 埠口(可再擴充)。
- (2) PC-PT：模擬客戶端主機。該主機上提供多種客戶端套件，譬如：Terminal、Command Prompt、Web Browser、Email 等等。
- (3) Server-PT：模擬伺服器主機。採用 HTTP 服務。
- (4) Copper 線材。模擬 Cat-5 UTP 連接線材。

吾人將其網路建置如下：**(請下載：路由器網路架構_空白.pkt)**

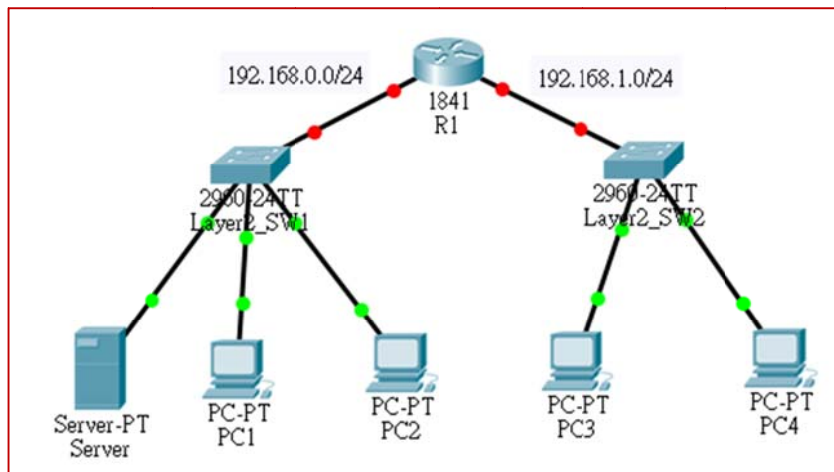


圖 6-15 路由器網路架構

(D) 設定網路環境

Switch 上不須任何設定，只要設定 PC1 ~ PC4 的網路環境即可。如同 Hub 網路架構設定，不再重複敘述。

(E) 路由器規劃

路由器設定是主要的重點工作，網域內網路只要設定連接埠口的 IP 位址即可。每只埠口連結一個子網路，它的 IP 位址自然成為該子網路的 Default Gateway。如下：

```
Router_1>
Router_1>en
Router_1#config ter
Router_1(config)#int fa0/0    [進入設定 fa0/0 介面]
Router_1(config-if)#ip address 192.168.0.254 255.255.255.0  [設定 IP 位址]
Router_1(config-if)#no shutdown  [啟動 fa0/0 介面]
Router_1(config-if)#exit
Router_1(config)#int fa0/1
Router_1(config-if)#ip address 192.168.1.254 255.255.255.0
Router_1(config-if)#no shutdown
Router_1(config-if)#exit
Router_1(config)#do show ip int brief    [顯示介面的 IP 位址]
    Interface IP-Address OK? Method Status Protocol
    FastEthernet0/0 192.168.0.254 YES manual up up
    FastEthernet0/1 192.168.1.254 YES manual up up
    Vlan1 unassigned YES unset administratively down down
Router_1(config)#do show ip route    [顯示 ip route]
...
Gateway of last resort is not set

C 192.168.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
```

接著，測試介面卡是否連線成功：

```
Router_1#ping 192.168.0.254
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.0.254, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/2/5 ms

Router_1#ping 192.168.1.254
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.1.254, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/4/13 ms
```

```
Router_1#ping 192.168.0.1
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.0.1, timeout is 2 seconds:
.!!!!
Success rate is 80 percent (4/5), round-trip min/avg/max = 0/0/0 ms

Router_1#
```

複製設定結果，如下：

```
Router_1#copy running-config startup-config
Destination filename [startup-config]?
Router_1#
```

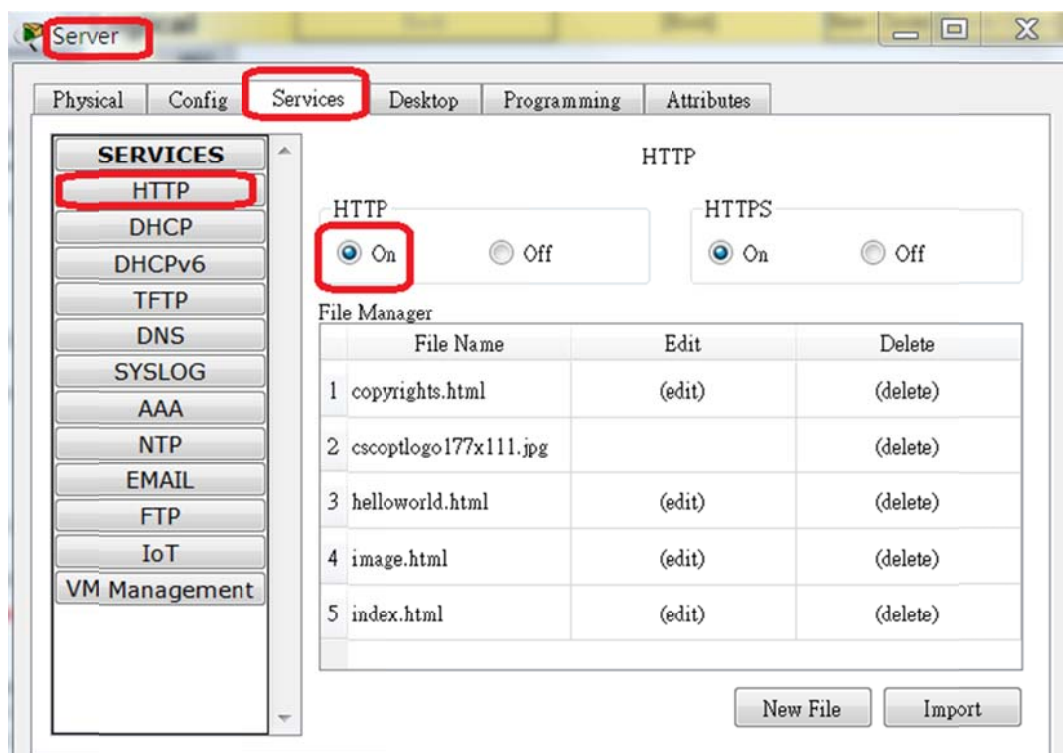
(C) 測試繞路功能 (完成後：路由器網路架構_完成.pkt)

在 PC1 (192.168.0.1)命令字元下執行：

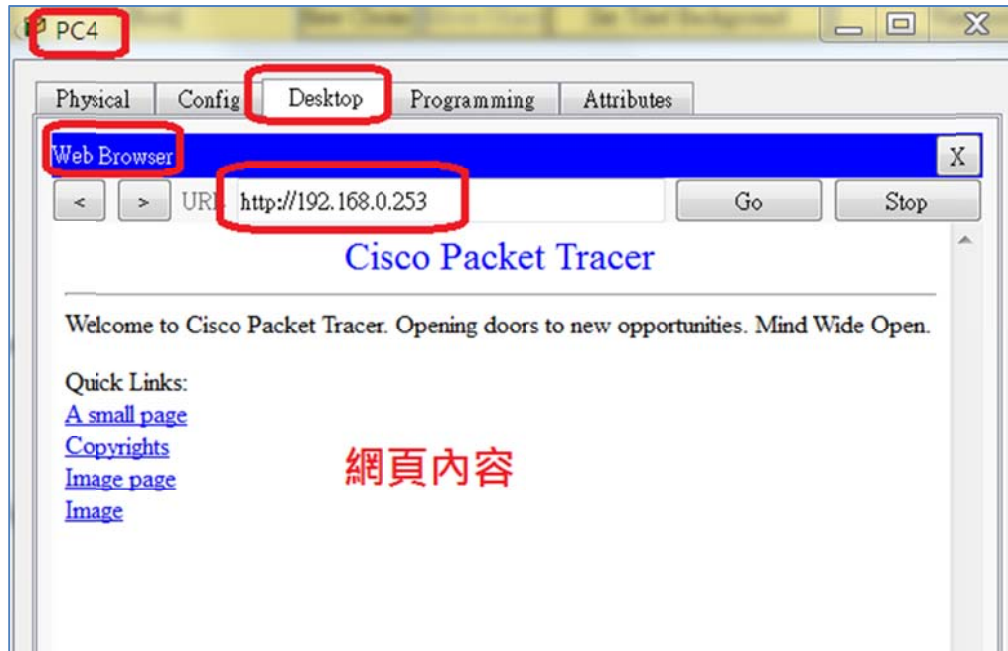
- ping 192.168.0.254 [OK]
- ping 192.168.1.254 [OK]
- ping 192.168.0.1 [OK]

(D) 測試 Server 連線

(1) 步驟 1：啟動 Server 上的 http Server，如下：



(2) 步驟 2：由 PC4 (192.168.1.2) 瀏覽 http Server，如下：



6-4-4 觀察 Router 封包流動

請自行依照下列步驟，觀察封包經過路由器的轉送過程，如下：

- (1) 步驟 1：將 Packet Tracer 設定成 Simulation Mode。
- (2) 步驟 2：開啟 PC3 (192.168.1.1)的 Command Prompt，並執行 >ping 192.168.0.1 (PC0)。
- (3) 步驟 3：按 Packet Tracer 平台上 Auto Capture/Play 鍵，則會顯示封包經過路由器的流動情形。

如欲更進一步了解協定運作，可再選擇過濾封包，觀察封包內容如何。

6-5 動態 IP 分配 – 路由器

DHCP 協定運作簡介已在本書 5-4-1 節介紹過，這裡不再重複，請自行參閱。

6-5-1 DHCP 規劃與建置

(請下載：路由器網路架構_空白.pkt)

(A) 網路環境規劃

吾人希望將第 6-4 節介紹的小型的網域內區域網路，將其內部 PC1 ~ PC4 主機改為動態 IP。包含兩個子網路區段，並包含若干部主機設備，如下：

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	動態 DHCP	SW1(fa0/1)
		PC2	動態 DHCP	SW1(fa0/2)
		Server	192.168.0.253	SW1(fa0/23)
192.168.1.0/ 255.255.255.0	192.168.1.254/ 168.95.1.1	PC3	動態 DHCP	SW2(fa0/1)
		PC4	動態 DHCP	SW2(fa0/2)

兩只子網路區段需要一個路由器來連結，它至少需要兩個網路介面卡，每一介面卡連結一個子網路，並設定一個 IP 位址，並指定為 Default Gateway，如下：

Router	Router port	IP 位址	Switch port
R1	Fa0/0	192.168.0.254	SW1(fa0/24)
	Fa0/1	192.168.1.254	SW2(fa0/24)

(B) 網路建置

我們利用 Cisco Packet Tracer 建置上述網路，吾人需選擇下列元件來建置：

- (1) 1841 Router：模擬路由器。具有 2 個 Fast Ethernet 埠口(可再擴充)。
- (2) PC-PT：模擬客戶端主機。該主機上提供多種客戶端套件，譬如：Terminal、Command Prompt、Web Browser、Email 等等。
- (3) Server-PT：模擬伺服器主機。採用 HTTP 服務。
- (4) Copper 線材。模擬 Cat-5 UTP 連接線材。

吾人將其網路建置如下：

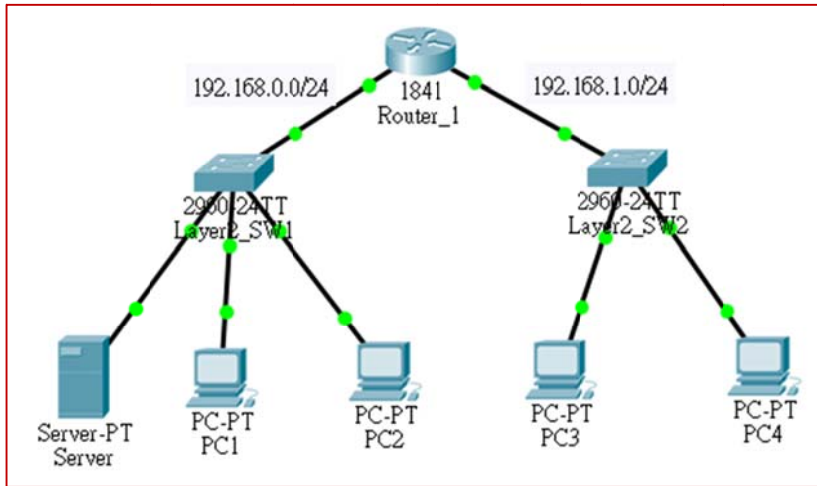


圖 6-16 DHCP 路由器

(C) R1 路由器設定

請參閱第 6-4-3 節介紹，不再重複敘述。

6-5-2 路由器設定 DHCP 功能

Cisco 路由器具有 DHCP 伺服器功能，規劃分配 IP 位址範圍如下：

- (1) 兩個網路區段：192.168.0.0 與 192.168.1.0
- (2) 網路區段 192.168.0.0/24，預設路由是 192.168.0.254，DNS Server 是 168.95.1.1。另 192.168.0.250 ~ 253 保留給伺服器使用。
- (3) 網路區段 192.168.1.0/24，預設路由是 192.168.1.254，DNS Server 是 168.95.1.1。

```
// 規劃保留 IP 位址
```

```
R1(config)#ip dhcp excluded-address 192.168.0.252 192.168.0.253
```

```
// 規劃 192.168.0.0/24 網路區段
```

```
R1(config)#ip dhcp pool students
```

```
R1(dhcp-config)#network 192.168.0.0 255.255.255.0
```

```
R1(dhcp-config)#default-route 192.168.0.254
```

```
R1(dhcp-config)#dns-server 168.95.1.1
```

```
R1(dhcp-config)#
```

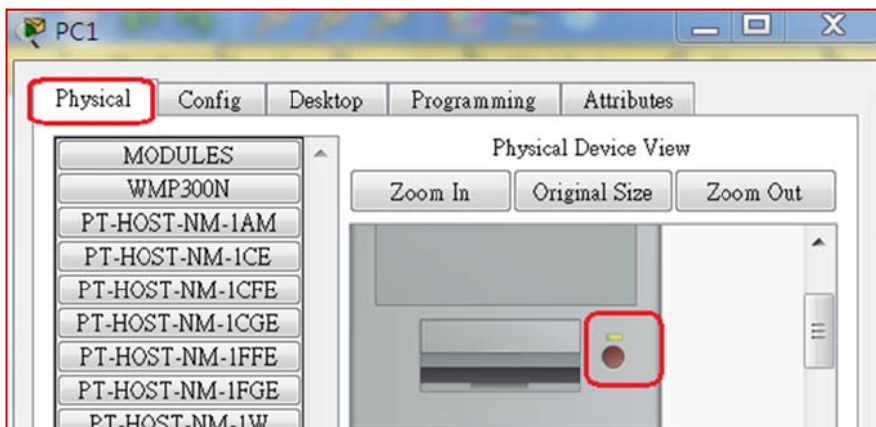
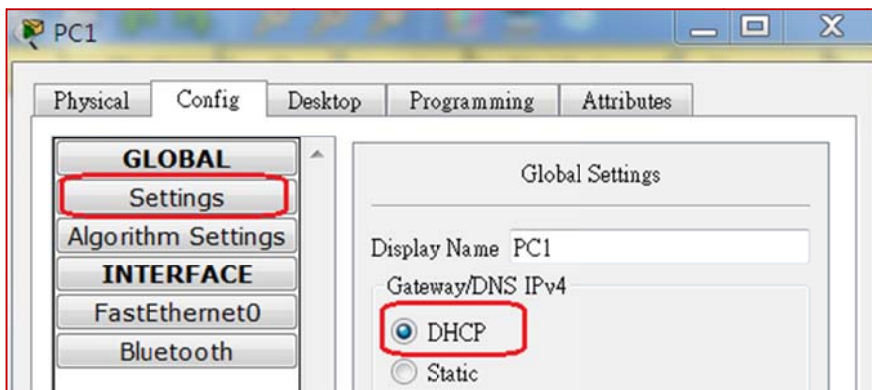
```
// 規劃 192.168.1.0/24 網路區段
```

```
R1(dhcp-config)#exit
R1(config)#ip dhcp pool teachers
R1(dhcp-config)#network 192.168.1.0 255.255.255.0
R1(dhcp-config)#default-router 192.168.1.254
R1(dhcp-config)#dns-server 168.95.1.1
R1(dhcp-config)#exit
```

6-5-3 主機連線測試

(完成後：動態分配 IP_路由器.pkt)

(1) 步驟 1：將 PC1 網路參數設定成 DHCP，並將電源關閉再開啟，如下：



(2) 步驟 2：PC1 進入 Command prompt 模式，執行 > ipconfig，觀察目前取得 IP、default gateway、以及 DNS 位址，如下：

```

Command Prompt

Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ipconfig

FastEthernet0 Connection:(default port)

Link-local IPv6 Address.....: FE80::260:5CFF:FE35:929
IP Address.....: 192.168.0.2
Subnet Mask.....: 255.255.255.0
Default Gateway.....: 192.168.0.254

C:\>

```

6-6 動態 IP 分配 – DHCP 伺服器

6-6-1 DHCP 規劃與建置

(請下載：路由器網路架構_空白.pkt，再實作)

如同 6-5-1 規劃與設定(包含 R1 路由器設定)，並將 Server-PT(192.168.0.253)的 DHCP 服務開啟，由它執行分配 IP 的任務，完成網路如下：

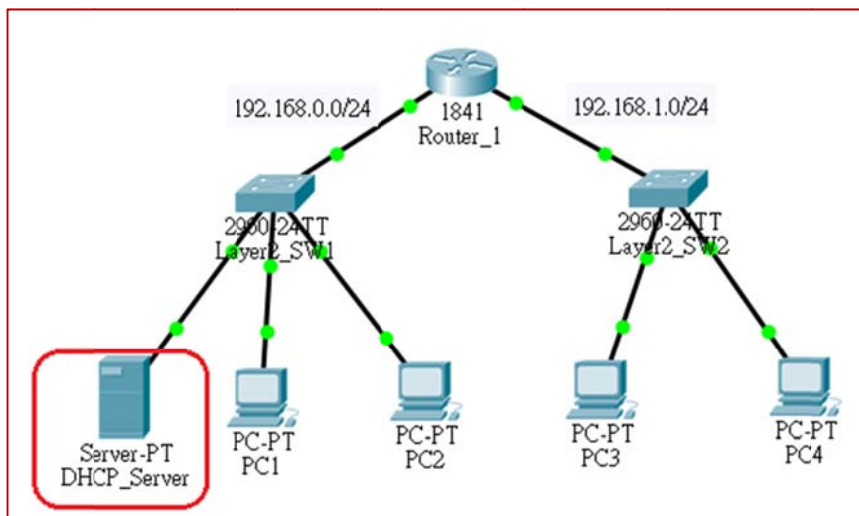


圖 6-17 DHCP 伺服器網路

6-6-2 路由器與 DHCP Server 設定

(A) DHCP Server 設定

- (1) 兩個網路區段：192.168.0.0(students) 與 192.168.1.0(teachers)
- (2) 網路區段 192.168.0.0/24，預設路由是 192.168.0.254，DNS Server 是 168.95.1.1。另 192.168.0.250 ~ 253 保留給伺服器使用。

(3) 網路區段 192.168.1.0/24，預設路由是 192.168.1.254，DNS Server 是 168.95.1.1。

(4) DHCP 伺服器的 IP 位址是 192.168.0.253，啟動 DHCP Service，並設定如下：

Pool Name	Default Gateway	DNS Server	Start IP Address	Subnet Mask	Max User	TFTP Server	WLC Address
teachers	192.168.1.254	168.95.1.1	192.168.1.1	255.255.255.0	249	0.0.0.0	0.0.0.0
students	192.168.0.254	168.95.1.1	192.168.0.1	255.255.255.0	249	0.0.0.0	0.0.0.0
serverPool	0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.0.0	255.255.255.0	255	0.0.0.0	0.0.0.0

(備註：系統內定 serverPool 的 IP 範圍是 192.168.0.0 ~192.168.0.255，與 students 的 IP 位址相衝突，必將 serverPool 位址更改，才能運作正常)

(B) R1 路由器設定

R1 路由器上相關介面設定，如 5-1 節所述。相關 DHCP 環境設定如下：

```
R1#show ip int brief
Interface IP-Address OK? Method Status Protocol
FastEthernet0/0 192.168.0.254 YES manual up up
FastEthernet0/1 192.168.1.254 YES manual up up
Vlan1 unassigned YES unset administratively down down

R1#config ter
R1(config)#int fa0/0

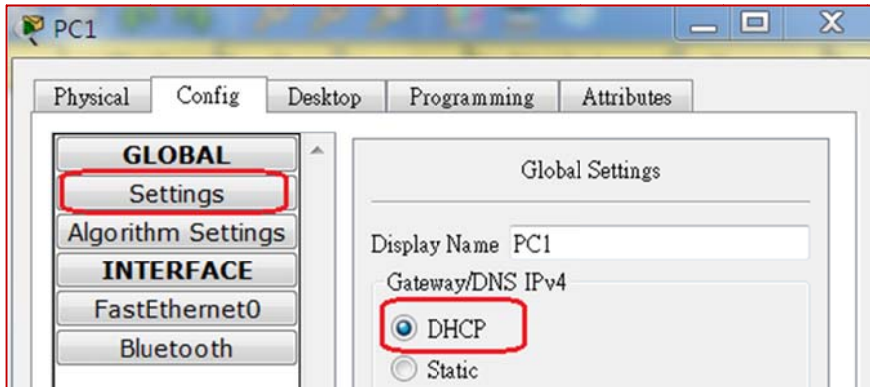
R1(config-if)#ip helper-address 192.168.0.253 [指定外部 DHCP 伺服器]

R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#int fa0/1
```

```
R1(config-if)#ip helper-address 192.168.0.253 [指定外部 DHCP 伺服器]
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-if)#end
```

(C) PC1 連線測試 (完成後：動態分配 IP_DHCP 伺服器.pkt)

(1) 步驟 1：將 PC1 網路參數設定成 DHCP，並將電源關閉再開啟，如下：



(2) 步驟 2：PC1 進入 Command prompt 模式，執行 > ipconfig /release 與 /renew，觀察取得 IP、default gateway、以及 DNS 位址，如下：

```
C:\>ipconfig /release

IP Address.....: 0.0.0.0
Subnet Mask.....: 0.0.0.0
Default Gateway.....: 0.0.0.0
DNS Server.....: 0.0.0.0

C:\>ipconfig /renew

IP Address.....: 192.168.1.1
Subnet Mask.....: 255.255.255.0
Default Gateway.....: 192.168.1.254
DNS Server.....: 168.95.1.1

C:\>
```

6-7 Layer 3 交換器網路規劃與設定

6-7-1 Layer 3 Switch 簡介

如同前一節提到的，路由器在區域網路上應用，仍以分割子網路為主要用途，況且目前區域網路範圍愈來愈大，傳輸速度也愈來愈快，一般路由器的轉送速度已漸不及。又同一區域網路也大多是同一種網路型態（如 Ethernet 網路及 IP 網路），路由器上的協定轉換功能

也較少使用，因此，第三層交換器 (Layer 3 Switch) 也就因應而生，基本上，第三層交換器也如同第二層交換器一樣，並不具有轉換通訊協定 (轉換協定單元格式) 功能，只純粹作封包轉送功能 (第二層交換器為訊框轉送)，所以稱之為『**交換器**』。但一般第三層交換器同時具有第二層交換器之功能，表示交換器可以依照路由表轉送封包 (IP) 外，各連接埠口也具有學習紀錄及過濾 MAC 位址的功能，也因此稱之為『**Layer 3/2 Switch**』。

交換器也可稱為『**多埠口路由器**』(**Multi-port Router**)，依各廠商製造有 8 ~ 24 埠口之第三層交換器。如果以圖 3-14 通訊協定堆疊的運作程序而言，封包由某一埠口進入交換器，交換器必須將該封包拆解到第三層之 NL-PDU，再由 NH (Network Header) (或 IP Header) 上得知該封包的目的地址，再由路由表 (Routing Table) 上查詢出，應該轉向哪一埠口上。但第三層交換器具有第二層交換 (MAC 位址) 之功能，當進入之封包拆解到第二層時，已知該封包的 MAC 位址，如果已知該 MAC 位址是屬於哪一埠口上，就可以直接轉送出去，不必每一封包都要拆解到第三層才轉送。因此，第三層交換器的處理速度會比原來之路由器還快外，更適合目前之高速區域網路的應用。

既然，第三層交換器也具有第二層交換功能，表示在交換器內可以建立 IP-MAC 的對照表。依照 IP-MAC 對照表規劃成『**虛擬網路**』，每一虛擬網路都是一個廣播網域 (或碰撞網域)，也相當於一個子網路。在虛擬網路 (子網路) 的內部通訊以第二層交換方式進行 (MAC 位址)，虛擬網路之間的通訊，則以第三層交換方式 (IP 位址) 進行。當進行第三層交換時，也許需要查詢 IP 路由表 (或許交換器以外之位址) 或 IP-MAC 對照表 (交換器內部之位址)。早期設計第三層交換器，主要是以分割一個快速區域網路 (Mbps 或 Gbps 網路) 成為若干個子網路為目的，各埠口之間的路徑選擇，也大多採用固定路由方式。因此，欲連結到外部網路都必須另外透過一個路由器來處理，但目前交換器大多有配置路徑選擇功能 (RIP 或 OSPF) 的埠口 (類似路由器和交換器整合成一體)，其結構如圖 6-18 所示。

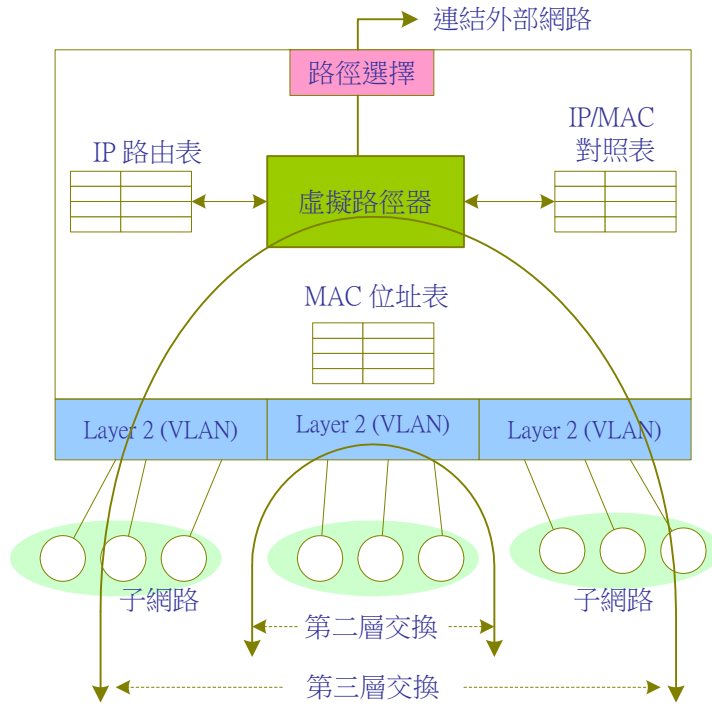


圖 6-18 第三層交換器結構圖

6-7-2 Layer 3 網路規劃與建置

(A) 網路環境規劃 (與 6-4-3 節相同)

吾人規劃一個小型的網域內區域網路，不含外部網路連結。網域內包含兩個子網路區段，並包含若干部主機設備，如下：

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)
		Server	192.168.0.253	SW1(fa0/23)
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)

兩只子網路區段需要一個路由器來連結，它至少需要兩個網路介面卡，每一介面卡連結一個子網路，並設定一個 IP 位址，並指定為 Default Gateway，如下：

Layer 3 Switch	Layer 3 port	IP 位址	Switch port
Layer 3 SW	Fa0/0	192.168.0.254	SW1(fa0/24)

	Fa0/1	192.168.1.254	SW2(fa0/24)
--	-------	---------------	-------------

(B) 網路建置

我們利用 Cisco Packet Tracer 建置上述網路，吾人需選擇下列元件來建置：

- (1) 3560-24PS Multilayer Switch：模擬 Layer 3 Switch。具有 24 個 Fast Ethernet 埠口、2 個 Gigabit Ethernet。每一埠口都具有 Layer2/3 交換器功能，可利用 CLI 命令切換。
- (2) 2960-24TT Switch：模擬 Layer 2 Switch 功能。
- (2) PC-PT：模擬客戶端主機。該主機上提供多種客戶端套件，譬如：Terminal、Command Prompt、Web Browser、Email 等等。
- (3) Server-PT：模擬伺服器主機。採用 HTTP 服務。
- (4) Copper 線材。模擬 Cat-5 UTP 連接線材。

吾人將其網路建置如下：**(請下載：Layer 3 Switch 網路架構_空白.pkt)**

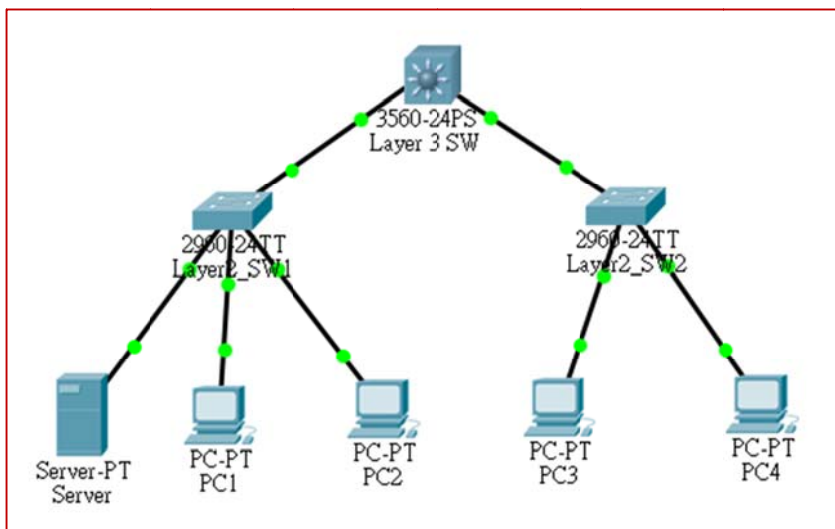


圖 6-18 Layer 3 網路架構

(C) 設定網路環境

Layer 2 Switch 上不須任何設定，只要設定 PC1 ~ PC4 的網路環境即可。如同 Hub 網路架構設定，不再重複敘述。

(D) Layer 3 交換器設定

Layer 3 Switch 設定是主要的重點工作，網域內網路只要設定連接埠口的 IP 位址即可。每只埠口連結一個子網路，它的 IP 位址自然成為該子網路的 Default Gateway。如下：

```
L3_SW>en
L3_SW#config ter
L3_SW(config)#ip routing      [啟動 Routing 功能]
L3_SW(config)#int fa0/1      [設定介面 fa0/1]
L3_SW(config-if)#no switchport [關閉 Layer 2 Switch，啟動 Layer 3 功能]
L3_SW(config-if)#ip address 192.168.0.254 255.255.255.0 [設定 IP 位址]
L3_SW(config-if)#no shutdown  [啟動介面卡]
L3_SW(config-if)#exit
L3_SW(config)#int fa0/2
L3_SW(config-if)#no switchport
L3_SW(config-if)#ip address 192.168.1.254 255.255.255.0
L3_SW(config-if)#no shutdown
L3_SW(config-if)#end
```

接著，測試介面卡是否連線成功：

```
L3_SW>ping 192.168.0.254

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.0.254, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 0/7/28 ms

L3_SW>ping 192.168.1.254

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.1.254, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/3/9 ms
```

(E) 測試繞路功能：(完成後：Layer 3 Switch 網路架構_完成.pkt)

在 PC1 (192.168.0.1)命令字元下執行：

- ping 192.168.0.254 [OK]
- ping 192.168.1.254 [OK]

- ping 192.168.1.1 [OK]

6-8 Router/Switch 網路架構

6-8-1 網路基礎架構 – Router/Switch

(A) Router/Switch 網路

區域網路是利用 Router、Switch 與 Hub 所構成，目前科技發展迅速，共同碰撞網域的 Hub 裝置幾乎很少使用，大多利用 Router/Switch 架設而成。以架設區域網路而言，有下列重點：

- **Router：劃分子網路功能**。吾人利用 Router 將所分配到網路號碼，再將某部分的主機號碼，劃分為子網路號碼，至於網路號碼範圍，則利用 Subnet Mask 標示。譬如 120.118.0.0/16 網路號碼，再劃分子網路為 120.118.0.0/24、120.118.1.0/24、120.118.2.0/24、、、、。
- **Switch：分割碰撞網域功能**。Switch 是工作站連結上網路的通道，每部工作站需要一個獨立的埠口。將訊框由埠口進入 Switch 之後，由 Ethernet 訊框標頭的 DA 內容，轉送到適當埠口。因此，Switch 必須學習並記錄，由哪一個埠口出去可以到達那些工作站。
- **串接 Switch：樹狀**。子網路下工作站須利用多部交換器連結，連結方式以樹狀較為洽當。

以下分別說明之。

(B) 劃分子網路 - Router

路由器最基本的功能是『子網路分段』，當某一區域網路被分配一個網路區段(假設 Class B)，如何在此網路下再分割若干個子網路區段，則須仰賴路由器的功能。如圖 6-14 該網路被分配到 163.15.0.0/16 網路號碼(Class B)，則利用『多埠路由器』(Multi-port Router)，將它劃分為 163.15.1.0/24、163.15.2.0/24、163.15.3.0/24、、、、等子網路區段。基本上，由所屬子網路埠口連接出去的工作站，都屬於該網路範圍，一般都會將該埠口設定為『預設路由』

(Default-Router)，也是該子網路的進出門戶。譬如路由器某一埠口連接 163.15.2.0 網路，則該埠口的 IP 位址則設定為 163.15.2.254，也是該網路的預設路由。簡單的說，由 163.15.2.254 連接(利用 Switch/Hub)出去的工作站，它們的預設路由都要設定為 163.15.2.254，如圖 6-19 所示。

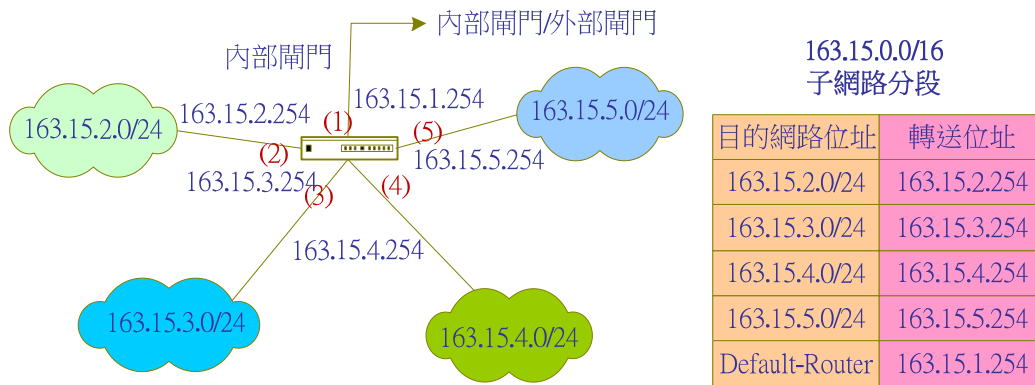


圖 6-19 網域內子網路分段

(C) 分割碰撞網域 - Switch

子網路下大多可連接上百部工作站，譬如 120.118.0.0/24 子網路，IP 位址可分配範圍是 120.118.0.1 ~ 120.118.0.254，可連接 254 部工作站。一般 Switch 至多是 24 個埠口，因此需要 Switch 串接 Switch 才能滿足所需。一般在 Ethernet 網路上，當連接過多工作站時，工作站之間的碰撞機率提昇，整個網路效益將會大受影響。Layer 2 Switch 為最佳的分散傳輸負荷 (Traffic) 的設備，交換器埠口之間的交換訊框，並不涉及 CSMA/CD 通訊協定。每一連接埠口都是獨立的專屬頻寬，在這連接埠口所連接之工作站共享該頻寬，因此，將每一連接埠所連接之網路稱之為『碰撞網域』(Collision Domain)。而一般規範，每一連接埠口可紀錄 1024 個 MAC 位址，亦即，每一碰撞網域允許連接 1024 個工作站。

我們用圖 6-20 來說明利用第二層交換器分割碰撞網域的情形，由交換器連接埠上所連接的伺服器為專屬頻寬，另外，連接埠所連接之 Ethernet Switch 的工作站，共享該連線的頻寬。譬如，碰撞網域 A 內的工作站之間通訊，訊息將不會進入交換器 X (過濾功能)，但如有工作站和碰撞網域 A 以外的工作站通訊 (前送功能)，必須共享到交換器連接埠口之間的頻寬 (10 Mbps)。在圖中，交換器 X 串接交換器 Y，則交換器 Y 以下所屬的工作站欲和外部通訊，也是共享串接連接埠的頻寬 (100 Mbps)。我們發現在同一碰撞網域之下通訊，就不

會涉及到共享頻寬的問題，因此，可將一些工作性質相同的工作站整合在同一碰撞網域下，可減少許多傳輸量，所以稱之為『工作群組網域』。

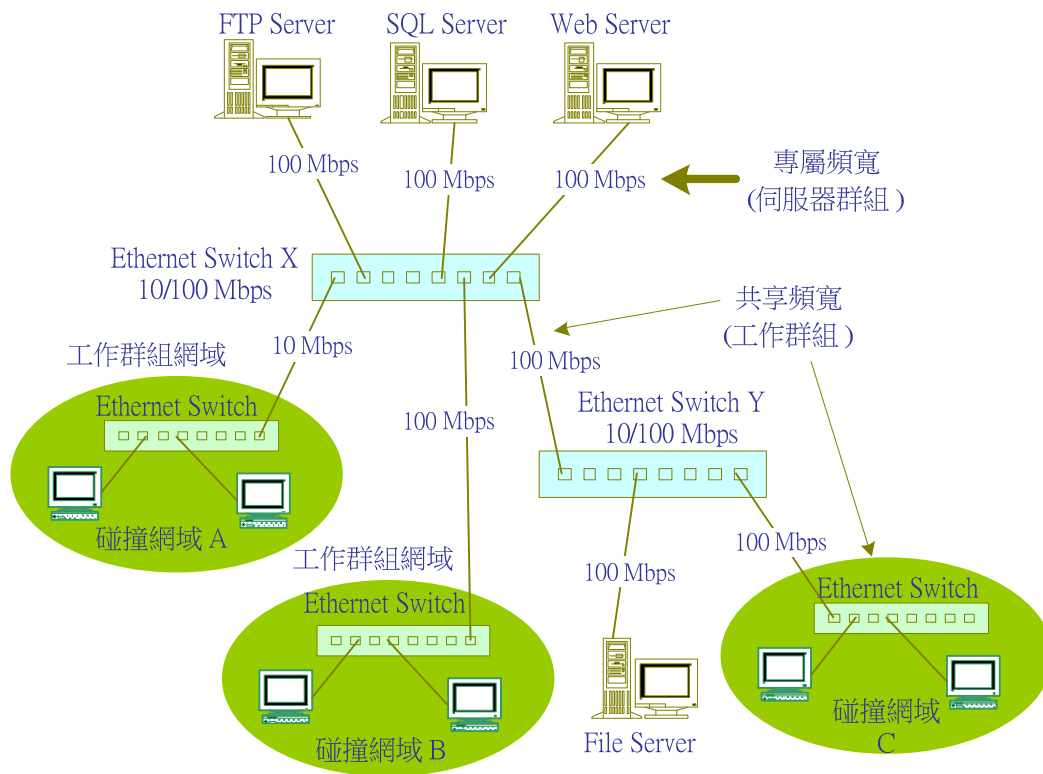


圖 6-20 Switch 分割碰撞網域

由此可見，串接交換器以樹狀結構較為恰當，吾人將常用伺服器安裝於『根』(root) 交換器上，並給予專屬頻寬，則所有工作站存取它們的速率就會比較快。

6-8-2 小型區域網路架設

(A) 網路環境規劃

吾人規劃一個小型的網域內區域網路，不含外部網路連結。網域內包含兩個子網路區段，並包含若干部主機設備，如下：

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	PCA1	192.168.0.1	SW1(fa0/1)
		PCA2	192.168.0.2	SW1(fa0/2)
		PCA3	192.168.0.3	SW2(fa0/1)
		PCA4	192.168.0.4	SW2(fa0/2)
		Http_Server	192.168.0.250	SW2(fa0/24)

		FTP_Server	192.168.0.251	SW2(fa0/23)
192.168.1.0/ 255.255.255.0	192.168.1.254/ 168.95.1.1	PCB1	192.168.1.1	SW3(fa0/1)
		PCB2	192.168.1.2	SW3(fa0/1)
		PCB4	192.168.1.3	SW4(fa0/1)
		PCB5	192.168.1.4	SW4(fa0/1)

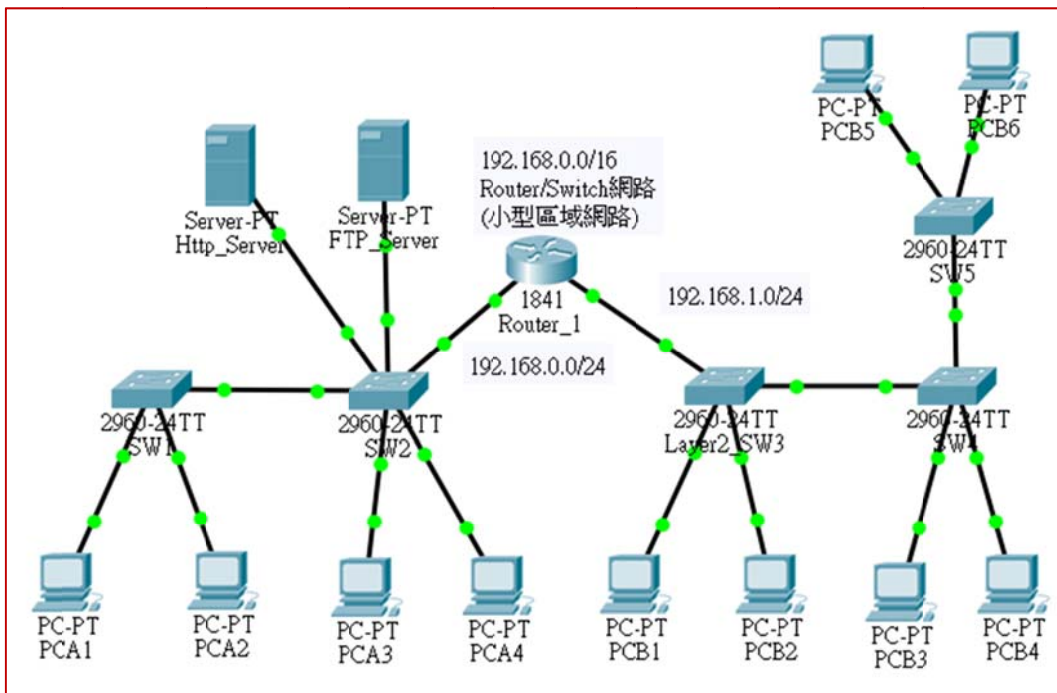
兩只子網路區段需要一個路由器來連結，它至少需要兩個網路介面卡，每一介面卡連結一個子網路，並設定一個 IP 位址，並指定為 Default Gateway，如下：

Router	Router port	IP 位址	Switch port
R1	Fa0/0	192.168.0.254	SW1(Gi0/2)
	Fa0/1	192.168.1.254	SW2(Gi0/2)

(B) 網路架設

(小型區域網路架構_空白.pkt)

我們利用 Cisco Packet Tracer 裝置 1841 Router、2960-24TT Switch PC-PT 與 Server-PT，吾人將其網路建置如下：



(D) 路由器規劃

路由器設定是主要的重點工作，網域內網路只要設定連接埠口的 IP 位址即可。每只埠口連結一個子網路，它的 IP 位址自然成為該子網路的 Default Gateway。如下：

```
Router_1>
Router_1>en
Router_1#config ter
Router_1(config)#int fa0/0    [進入設定 fa0/0 介面]
Router_1(config-if)#ip address 192.168.0.254 255.255.255.0    [設定 IP 位址]
Router_1(config-if)#no shutdown    [啟動 fa0/0 介面]
Router_1(config-if)#exit
Router_1(config)#int fa0/1
Router_1(config-if)#ip address 192.168.1.254 255.255.255.0
Router_1(config-if)#no shutdown
Router_1(config-if)#exit
Router_1(config)#do show ip int brief    [顯示介面的 IP 位址]
    Interface IP-Address OK? Method Status Protocol
    FastEthernet0/0 192.168.0.254 YES manual up up
    FastEthernet0/1 192.168.1.254 YES manual up up
    Vlan1 unassigned YES unset administratively down down
```

(E) 測試繞路功能 (完成後：小型區域網路架構_完成.pkt)

在 PCA1 (192.168.0.1)命令字元下執行：

- ping 192.168.0.254 [OK]
- ping 192.168.0.2 [OK]
- ping 192.168.1.254 [OK]
- ping 192.168.1.4 [OK]