

第三章 區域網路連結

3-1 網路連結簡介

『網路連結』(**Internetworking**) 表示將兩個以上網路連結成為一個較大的網路，對使用者而言，這意味著不論在多複雜的網路上存取網路資源，就如同在自己的網路上一樣，這就是連結網路最基本的要求，也稱之為『**透通性**』(**Transparency**)。至於連結後的網路和原來網路之間的關係，則必須視它們之間的連結設備到底扮演何種角色而定(以下幾節分別介紹之)。圖 3-1 為網路連結的基本概念圖，網路_1 是由網路_2 和 3 連結而成。工作站 A、B 原屬於網路_2 的成員，但連結網路之後，它們也是屬於網路_1 的成員(如同工作站 E 和 G)。如果從網路資源來觀察，只要屬於網路_1 的成員都可使用該網路上的資源，但資源也許存放於網路_2 或 3。對工作站 E 而言，存取網路資源就如同在本身電腦上存取一樣，而不論該資源到底存放在網路_2 或 3，也不論工作站 E 原屬於網路_2 或網路_3 之成員，這才合乎連結網路的功能。

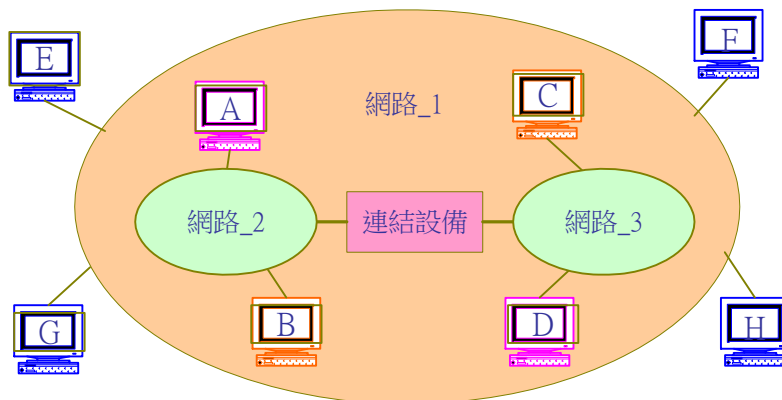


圖 3-1 網路連接之基本概念

3-1-1 網路連結的因素

首先，我們必須考慮為何需要連接網路，以下列出在一般需要連接網路的因素：

- (1) **延伸網路距離**：對於網路範圍過大，無法使用單一網路連接，而必須透過連結網路來延伸距離。
- (2) **異質網路連接**：兩個或兩個以上不同型態網路之間的通訊，就必須透過跨接網路的連結。例如 Ethernet 網路和 Token-Ring 網路之間的連接。

- (3) **分散傳輸量**：如果網路上傳輸量 (Traffic) 過高，就必須將網路切割成若干個網路，以便分散傳輸量。
- (4) **劃分工作群組**：單一網路內集合各種組織型態的工作站 (或人員)，造成管理上的困難。如依照各工作群組的型態劃分為不同網路，再將其連結在一起，不但便於管理，而且可以分散傳輸負荷。
- (5) **提高網路可靠度**：在單一網路的環境下，網路上某個地方發生故障也許會影響到整個網路。如果將網路切割為若干個次網路，即使次網路上發生癱瘓也不會影響到其他網路，因此可以提高網路的可靠度。這些次網路之間就需要網路連結。
- (6) **網路外連接**：區域網路如欲連結到其他外部網路 (如網際網路)，也需要跨接網路的連結。

3-1-2 網路連接的型態

連接網路除了必須考慮上述需求外，也必須符合環境因素。各種環境所連接方式也不一樣，我們將網路連接方式歸類如下：

(A) 區域網路之間直接連接

將若干個區域網路連接在一起，成為一個較大的網路，基本上還是一個區域網路，如圖 3-1 所示。這種連結方式，最簡單也最為常用，一般我們會依照組織單位或工作性質來區分各個網路，每個網路可以獨立管理，管理效率也較高。但當組織單位成長到較大時，網路之間的連結就會變成非常混亂，也很難掌握整個網路的運作情形 (如，頻寬分配)，甚至還會降低網路的透通性。果真如此，我們必須考慮其它連接方式。

(B) 骨幹網路與區域網路連結

圖 3-2 是用一個傳輸速率較高的區域網路作為傳輸骨幹，來整合多個區域網路，使其成為一個較大的網路系統。子網路之間的通訊皆透過骨幹網路傳送，而子網路之內的訊息只限制在子網路以內，因此，可以減少各網路之間的傳輸流量。這種連接方式，不但可增加網路透通性，管理也較容易，目前較大的機關學校也都採用這種連結型態。

骨幹連結型態也可以擴充為階層式連結，在任一個區域網路也可製作成一個較小的骨幹網路，來連結它所屬的區域網路，依此類推，一直延伸下去。其實，不論國際間的廣域網路，或各地區的大都會網路，都是由這樣擴充得來的。

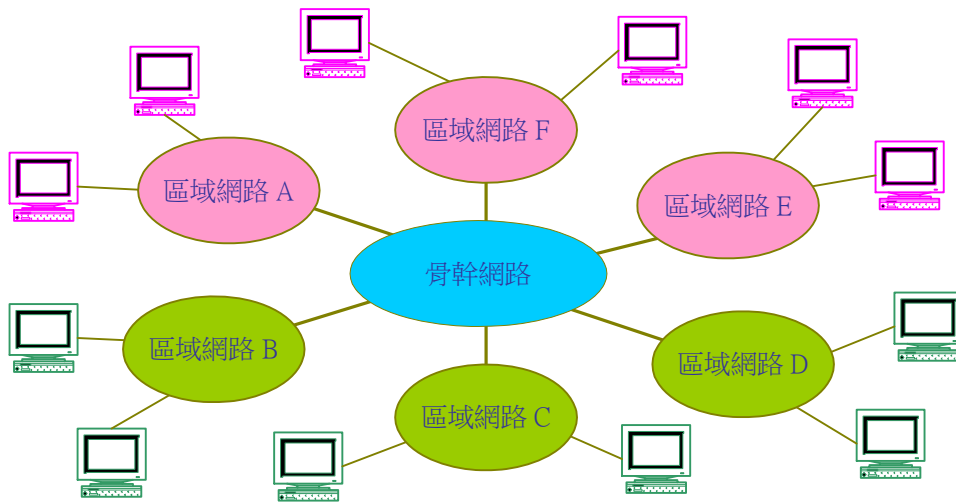


圖 3-2 骨幹網路與區域網路

(C) 區域網路與廣域網路連結

廣域網路是由各地區的區域網路所構成，一般區域網路也都能輕易透過連結元件接上廣域網路。目前網際網路非常風行，不論個人的網路或組織單位的區域網路，也都連結上廣域網路，如圖 3-3 所示。

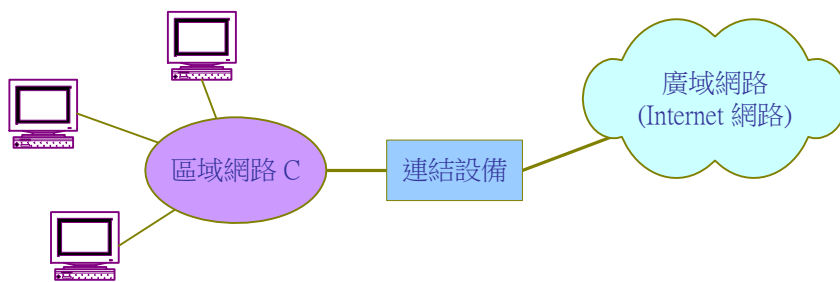


圖 3-3 區域網路與廣域網路連結

(D) 區域網路之間透過廣域網路的连接

兩個及其以上位於遠端的區域網路可以透過廣域網路連接成一個較大的區域網路，也就是目前在網路最流行的『**虛擬私人網路**』(**Virtual Private Network, VPN**)。早期連結各地區之網路，都是向電信公司租用專線，但費用非常昂貴。目前廣域網路上的傳輸速率較高，穩定度也較好，已有許多公司行號改用廣域網路連接。如圖 3-4 中，區域網路 A 是由區域網路 B 和 C 透過廣域連結而成，網路之間的訊息是經由廣域網路傳遞，因此，資料保密性必須特殊處理。

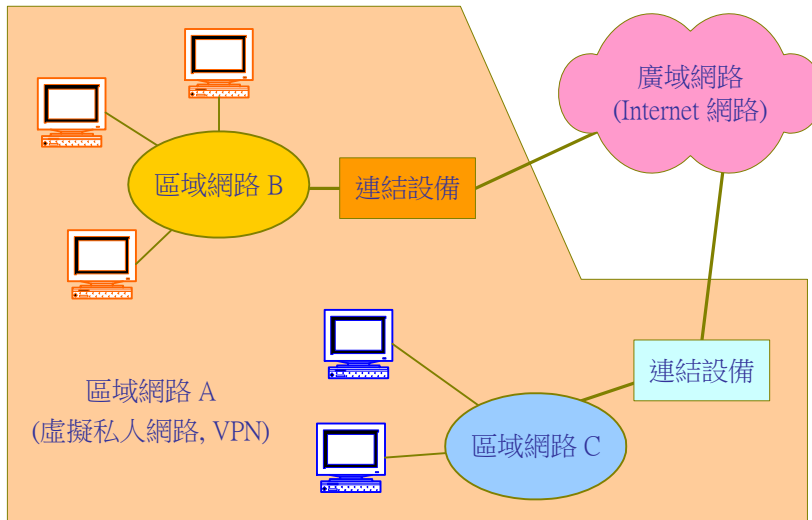


圖 3-4 區域網路透過廣域網路連結

3-1-3 網路連結的元件

基於前面的討論，連結網路除了必須考慮連結因素外，還牽涉到地理環境和連結型態。由各方面的需求，再來決定網路與網路間要使用何種元件連接，也就是連接元件應該扮演何種角色。連接元件介於兩個網路之間，因此，必須具備兩個實體裝置（如，網路卡）。表 3-1 為網路連結元件和連接雙方之通訊協定的關係，簡單敘述如下：

- **訊號增益器 (Repeater):** 用來相連結完全一樣的網路。一般使用在 10Base5 或 10Base2 網路上的延伸網路範圍。
- **集線器 (Hub):** 用來連結媒介擷取層之通訊協定完全相同的工作站或網路。為 10BaseT、100BaseT 及 1000BaseT 網路佈線的主要設備。
- **橋接器 (Bridge):** 連結媒介擷取層通訊協定相同或不相同的網路。一般應用在 Ethernet 網路與無線網路 (Wireless LAN)、Token Ring 網路等之間的連接。
- **第二層交換器 (Layer-2 Switch):** Layer-2 Switch 是用來連結媒介擷取層通訊協定相同的工作站或網路。Ethernet Layer-2 Switch 是根據訊框中第二層位址 (Ethernet Address) 來進行訊框交換傳送的工作。
- **路由器 (Router):** 路由器是用來連結網路層之通訊協定相同的工作站或網路。最主要的功能是分割網路，或在較大型網路下作路徑選擇的功能。路由器是網際網路上最重要，也最

複雜的裝置。一般使用的 IP 路由器 (IP Router)，是根據封包中第三層位址 (IP Address)，來進行封包路徑選擇的轉送工作。

- **第三層交換器 (Layer-3 Switch)**: Layer-3 Switch 是用來連結網路層通訊協定相同之工作站或網路。一般 Layer-3 Switch 包含有 Layer-2 Switch (Ethernet Switch) 之功能，由使用者設定選擇使用。Layer-3 Switch 是根據訊框中的網路層網址 (IP Address) 來進行封包交換的工作。
- **網路閘門 (Gateway)**: 是用來連結完全不同型態的網路。

表 3-1 連結網路之元件

連結元件	實體層	資料連結層	網路層	其它上層
訊號增益器	相同	相同	相同	相同
集線器	相同/不相同	相同/不相同	相同	相同
橋接器	相同/不相同	相同/不相同	相同	相同
第二層交換器	相同/不相同	相同	相同	相同
路由器	相同/不相同	相同/不相同	相同	相同
第三層交換器	相同/不相同	相同/不相同	相同	相同
網路閘門	相同/不相同	相同/不相同	相同/不相同	相同/不相同

3-2 訊號增益器

訊號增益器 (Repeater) 的主要功能是傳輸訊號之重置 (或重整、整形)。如圖 3-5 所示，當數位脈衝訊號經過長距離的傳送後，訊號波形可能受到傳輸線路上阻抗 (或電容性) 的衰減，不再像原來之方型脈衝，經過訊號增益器再將其整形，回復原來的波形。其特性如下：

- **脈衝訊號 (Impulse)**: 訊號的整形。脈衝訊號經過長距離傳輸後，訊號波形遭受衰減或變形 (纜線上電容性的影響)，訊號增益器再將其回復原來波形。
- **雙向傳輸**: 訊號增益器是雙向傳輸，不似一般類比訊號的放大器 (Amplifier) 是單向傳輸。
- 不具有通訊協定的處理功能，只能連接相同通訊協定之網路。
- **基頻網路之延伸距離**: 在基頻網路之中，兩個訊號增益器之間稱之為網路區段 (Segment)，表示訊號未經重置，可傳輸的最遠距離，如 10Base5 是 500 公尺，而 10Base2 為 185 公尺。如果超過這個距離，就必須使用訊號增益器來延伸網路範圍。

- **連接介面的轉換**：在相同通訊協定及速率之下，不同接續端子 (Connector) 可利用訊號增益器轉換。例如：AUI (10Base5)、BNC (10Base2) 和 UTP RJ45 (10BaseT) 之間的轉接。

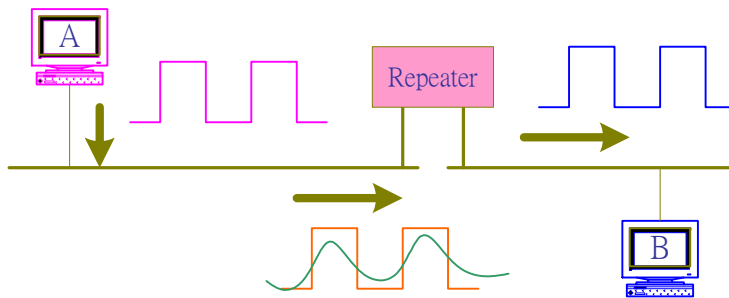


圖 3-5 訊號增益器之功能

3-3 集線器

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) 的連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 3-6 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。

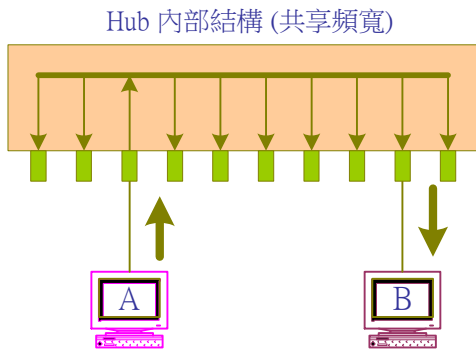


圖 3-6 集線器之內部結構概念圖

3-4 橋接器

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)。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)。

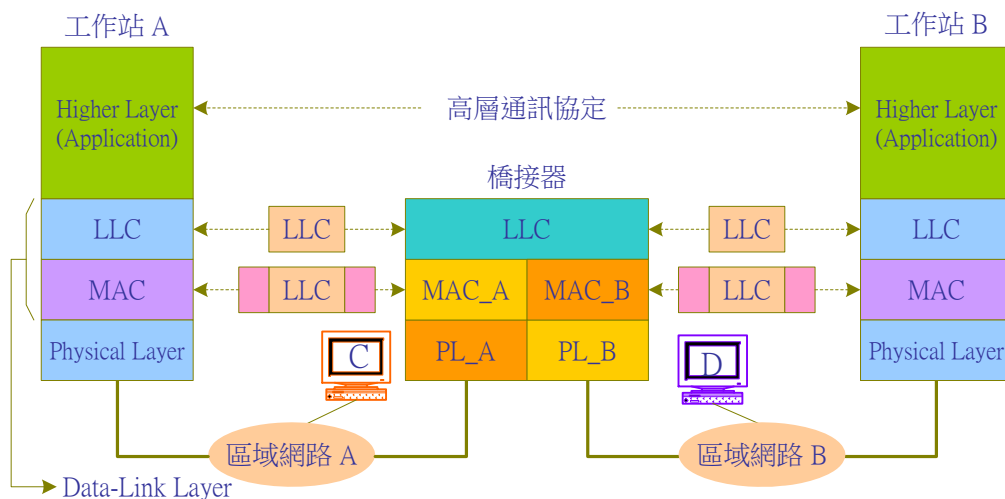


圖 3-7 橋接器之通訊協定堆疊

3-4-1 橋接器的運作程序

我們以圖 3-8 為例子，來說明橋接器的運作程序。工作站 C 具有橋接器的功能，因此，它必須具備兩只網路卡：一為 Ethernet 網路卡，連結到 Ethernet 網路上；另一為 Token-Ring 網路卡，連結到 Token-Ring 網路。而且橋接器必須紀錄兩邊網路上所有工作站的 MAC 位址，這些位址都是經過學習過程得知的（下節介紹）。如果工作站 A 欲傳送訊框給工作站 B，便將訊框廣播在網路上（依照 CSMA/CD 協定），橋接器 C 也收到該訊框（CSMA/CD 協定），並判斷目的位址不在另一個網路上，便不予理會。如果工作站 A 欲將資料傳送給工作站 D，當橋接器 C 收到該訊框時，判斷該訊框是要送到另一個網路上的，便將訊框儲存起來。緊接著，橋接器 C 依照 Token-Ring 通訊協定，取得 Token 後，再將該訊框傳送給工作站 D。因此，經過橋接器 C 的轉送，網路之間的工作站就可以互相通訊。

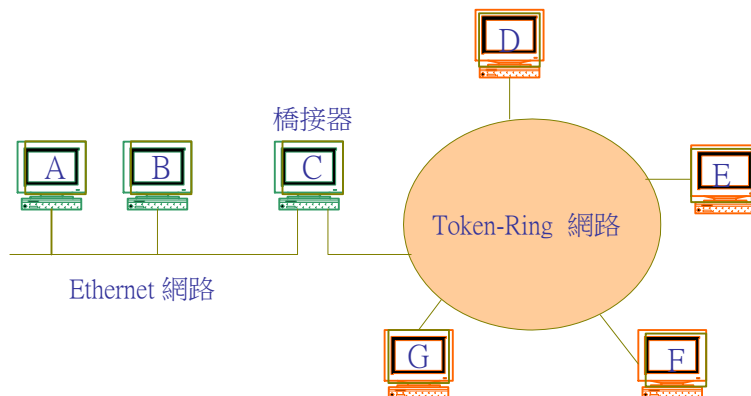


圖 3-8 Ethernet 與 Token-Ring 網路連結

3-4-2 橋接網路的特性

由上述之橋接器在網路之間運作的程序，我們大略可了解，透過橋接器連接，可整合多個小型區域網路。一般橋接器不僅只提供兩個連接埠，甚至可擁有多個連接埠，也稱之為『多埠口橋接器』（Multi-port Bridge）。我們也可以利用多個橋接器，整合一個大型的區域網路，也稱之為『橋接區域網路』（Bridge LAN, BLAN），因此，橋接器除了連接不同協定的網路外，所建構之網路也延伸下列功能：

- **提高網路的可靠性 (Reliability)：**橋接器將一個大型網路分割成若干個實體小網路，如其中某一網路斷線或其他因素網路停頓時，不會影響其他網路。

- **增加網路效率 (Performance)**：因一般區域網路大多使用共享媒體 (shared media) 傳輸資料，如一個網路連接過多工作站，將使整個網路傳輸效率降低。此情形必須分割網路成二個或更多個網路，而小網路之間使用橋接器連接 (具有 Filtering 及 Forwarding 功能)，但整體上還是一個網路。如 Ethernet 網路上，連接之工作站太多，造成工作站之間碰撞機率提高，使網路傳輸效益降低，此時需用橋接器來分散網路的負荷 (Traffic)。
- **提升網路安全性 (Security)**：利用共同傳輸媒介傳送資料，在網路上任何地方皆可偷竊他人傳送資料。如果網路上有幾個較機密的工作站需要通訊，則可利用橋接器將其分割成另一小網路，它們之間所傳送訊息，在其它網路上就偷竊不到，因此可提升網路安全性。
- **配合地理環境 (Geography)**：由於地理環境需要，在網路分布較廣的地區，如使用 Repeater 無法轉接網路之間的實體佈線，就必須利用橋接器來跨接 (如 Remote-Bridge)。

除了瞭解橋接器分割網路所造成的效益外，對於連接網路橋也有下列幾點注意事項：

- **提供透通式 (Transparency) 服務**：橋接器雖然將許多區域網路連結一起，可是對使用者而言，整體上是單一個網路，而不需要知道橋接器是否存在。
- **包含足夠大的緩衝記憶體 (Buffer)**：橋接器具有前送功能 (Forwarding)。由某一網路收到訊框後，欲轉送到另一網路，如果兩個網路之間的傳輸速率不同，或某一網路的傳輸量過高時，訊框停留在橋接器上的機率就較高。因此，橋接器內就必須有大量的緩衝器來存放等待的訊框。
- **有位址辨識 (addressing) 及路徑選擇 (routing) 的能力**：因為橋接器俱有資料過濾及前送功能，因此必須有能力判斷工作站的所在位置，並且知道如何選擇適當的路徑來傳送資料。

3-4-3 橋接器的工作原理

我們用圖 3-9 來說明橋接器的工作原理，假設兩邊皆是 Ethernet 網路，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橋接器。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。由這些過程之中，我們可瞭解橋接器應具有下列功能：

- **位址辨識功能**：一般橋接器都以 MAC 位址來辨識工作站。當橋接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橋接器過濾掉，而不會傳送到其它網路上。
- **前送 (Forwarding) 功能**：橋接器接收到欲傳送到另一個網路的訊框時，橋接器會將其儲存，再轉送到目的網路。因此，橋接器也具有『儲存後轉送』(Store-and-Forward) 之功能。

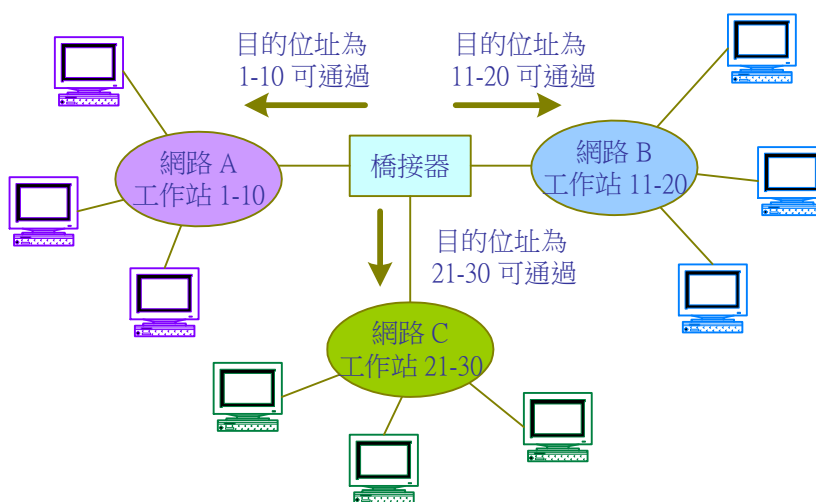


圖 3-9 橋接器之過濾與轉送功能

3-4-4 橋接器的學習功能

橋接器的學習功能最主要的目的，是要知道每一個連接埠上所連接之工作站的 MAC 位址。學習過程的原理非常簡單，橋接器只要紀錄，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橋接器，就不用去理會它，因此，橋接器也屬於下一路徑 (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。橋接器 X 和 Y 連結網路 M、L、N、P。在每一橋接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，當該訊框進入橋接器 X 後，橋接器 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，橋接器 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。又當橋接器 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。

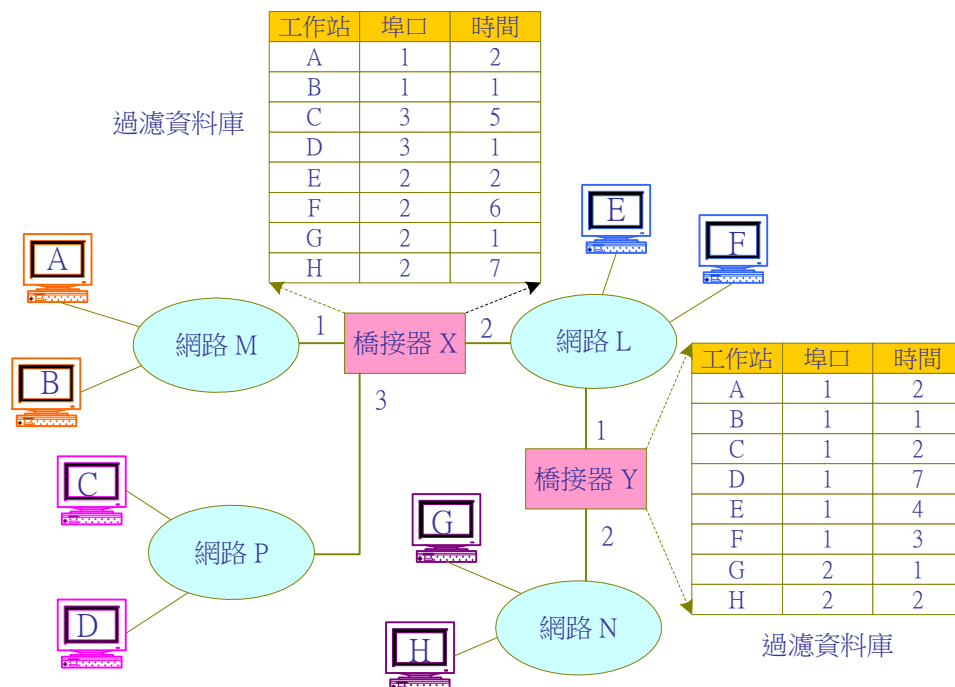


圖 3-10 橋接器連結網路範例

橋接器的學習演算法 (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橋接器之埠口，或根據『過濾資料庫』(Filtering Database) 的內容和橋接器的狀態(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。其內容可由橋接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。(橋接器學習範例請參考習題 3-13)

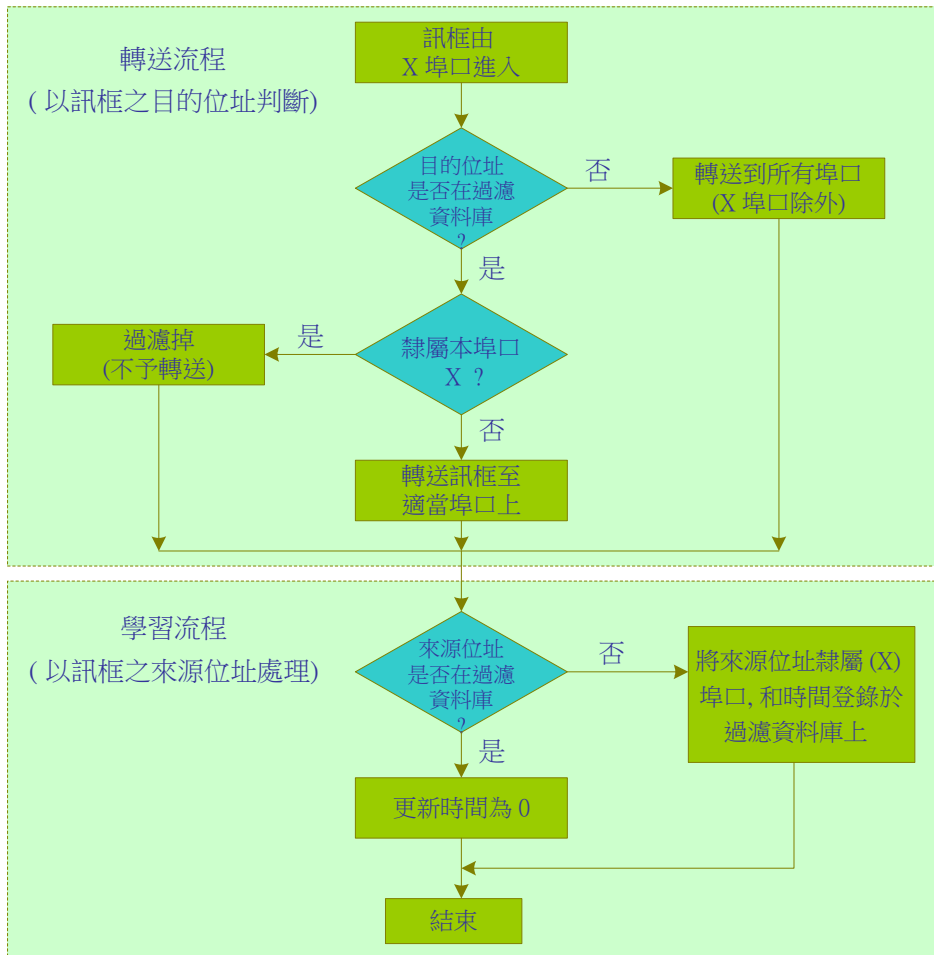


圖 3-11 橋接器之學習與轉送的演譯法

3-4-5 橋接器的迴路問題

如果利用多個橋接器所連結之網路，稱之為『橋接區域網路』(Bridge LAN, BLAN)。在一個 BLAN 上，我們為了提高網路的可靠性，便希望網路具有迴路功能。如果網路上某一連線斷線，可以經過其它迴路傳送訊框，而不至於使網路被隔離成若干個小網路。但有迴路的 BLAN，會造成橋接器學習上的困難。如圖 3-12 中，橋接器 X 學習到工作站 A 是隸屬於埠口 1 和 2，而網路橋 Y 也學習到工作站 A 隸屬於埠口 1 和 2。如果工作站 B 欲傳送資料給工作站 A，當訊框

進入橋接器 X 的第二埠口時，它將不予轉送(隸屬於埠口 2)。同樣的，這個訊框進入橋接器 Y，也不予轉送，因此該訊框就無法到達工作站 A。

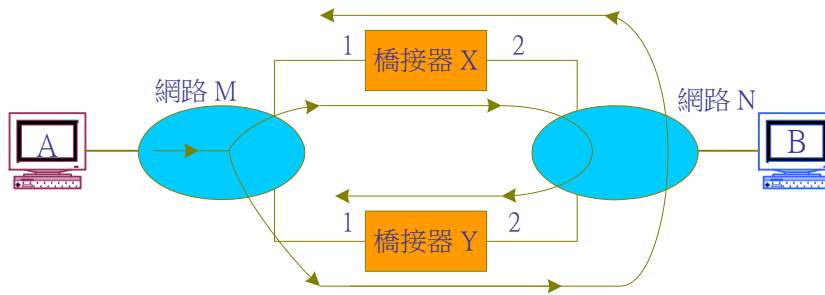


圖 3-12 橋接網路之迴路問題

我們希望有迴路的橋接網路，以提高網路的可靠度，但又不希望迴路造成橋接器學習上的困擾，這就必須利用『擴張樹』(Spanning Tree)演算法來解決此問題。擴張樹演算法是在有迴路網路之中，隔離了某些路徑，使其成為沒有迴路的樹狀網路。但這些被隔離之路徑成為預備路徑，如果網路上某些路徑發生故障時，擴張樹演算法也許會再利用這些被隔離之路徑，重新建構新的樹狀網路。有關擴張樹的運作原理，請參考拙著『電腦網路理論與連結技術』。

3-5 第二層交換器

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 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。每一連接埠都是獨立的專屬頻寬，在這連接埠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 3-13 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 Hub 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 Hub 到交換器連接埠之間的頻寬 (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』。

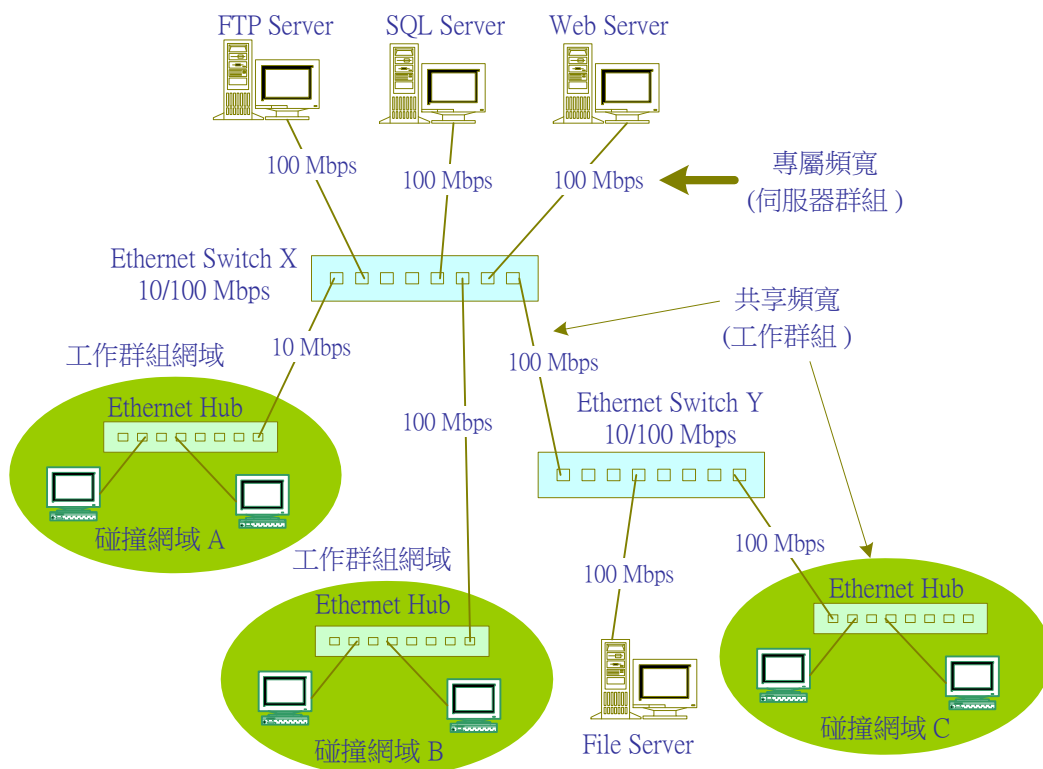


圖 3-13 第二層交換器之分割碰撞網域範例

3-6 路由器

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 3-14 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。

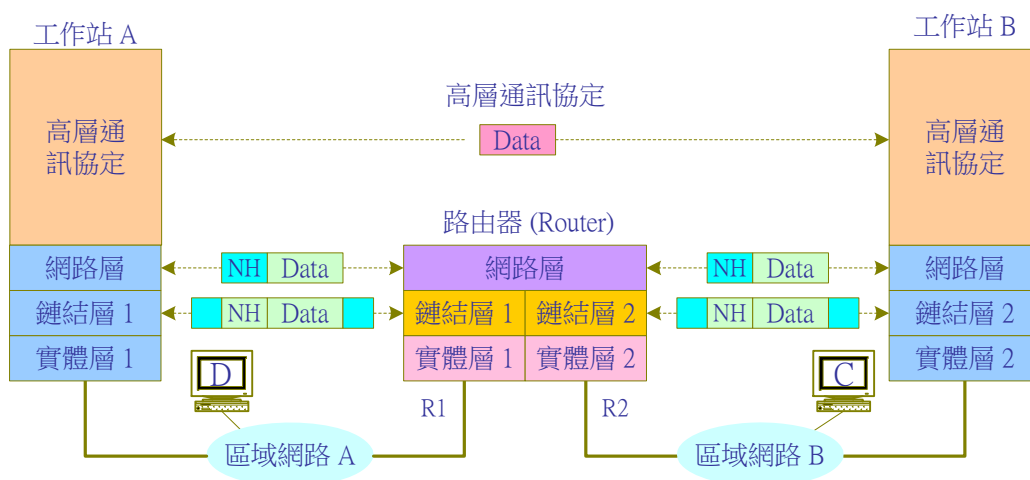


圖 3-14 路由器之通訊協定堆疊

由上述的說明可以知悉，路由器的功能是将進入的封包，拆解到網路層的協定資料單元 (NL-PDU)，再依照網路協定標頭 (Network Header, NH) 上的目的位址，轉送到適當的埠口上。但這轉送到適當的埠口上的動作，就牽涉到路徑選擇的問題。路由器不同於橋接器，利用學習的過程來得悉連接埠上所屬的工作站。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。但在區域網路上，網路範圍不大，還是以固定路由表的選擇路徑為主。(相關技術請參考本書第五章)
- **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。

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 3-15 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。(我們將在第五、六章詳述 IP 路由功能)

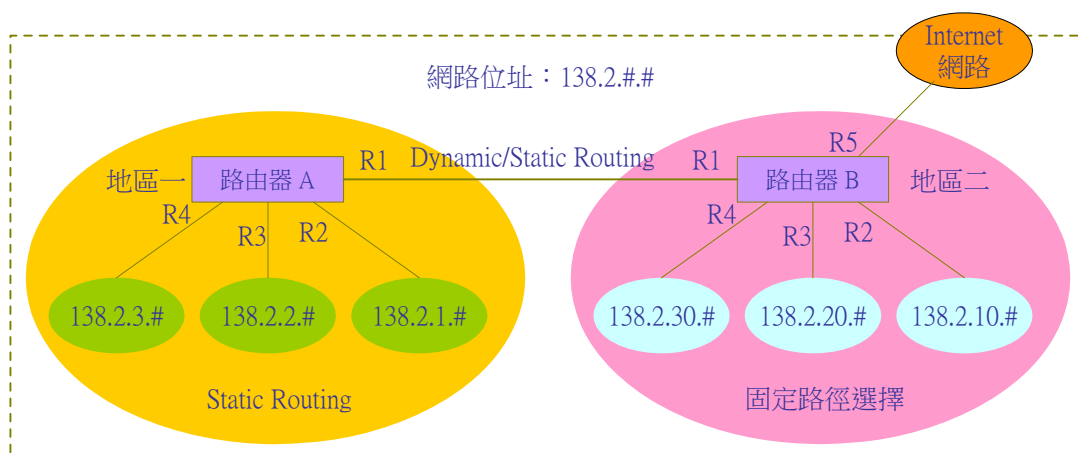


圖 3-15 區域網路之路由器分割網路範例

3-7 第三層交換器

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位址，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 3-16 所示。

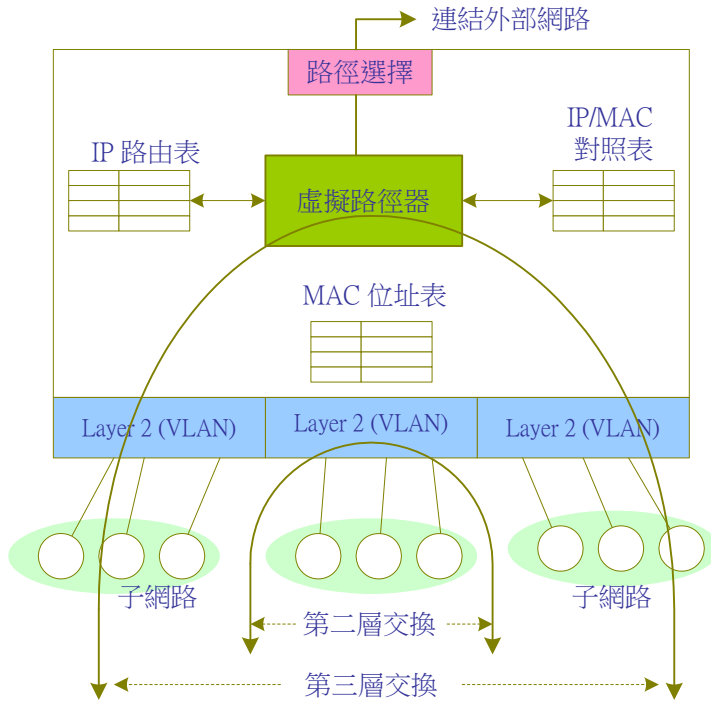


圖 3-16 第三層交換器結構圖

3-8 網路閘門

型態完全不同的網路之間連結就必須利用『網路閘門』(Gateway)，例如 Microsoft 網路欲連接 Netware 網路，就必須透過 Netware Gateway (Windows 98 上軟體)。網路閘門的通訊協定堆疊如圖 3-17 所示，各層次軟體之間是否相同，必須視連結網路的型態而定，因此，網路閘門大多是專屬設備。一般具有下列功能

- **協定資料單元 (PDU) 轉換**：不同型態網路之間，各層次的協定單元格式亦不同，網路閘門必須針對各層次的協定單元做轉換。
- **位址轉換**：定址方式也許不同，尤其跨接不同網路間，除了必須具備網路位址結構轉換功能外，也必須具備網路之間工作站位址的對照表。
- **通訊協定轉換**：包括控制訊框的轉換、訊框的切割及重組、訊框流量控制、錯誤偵測及修正等等。

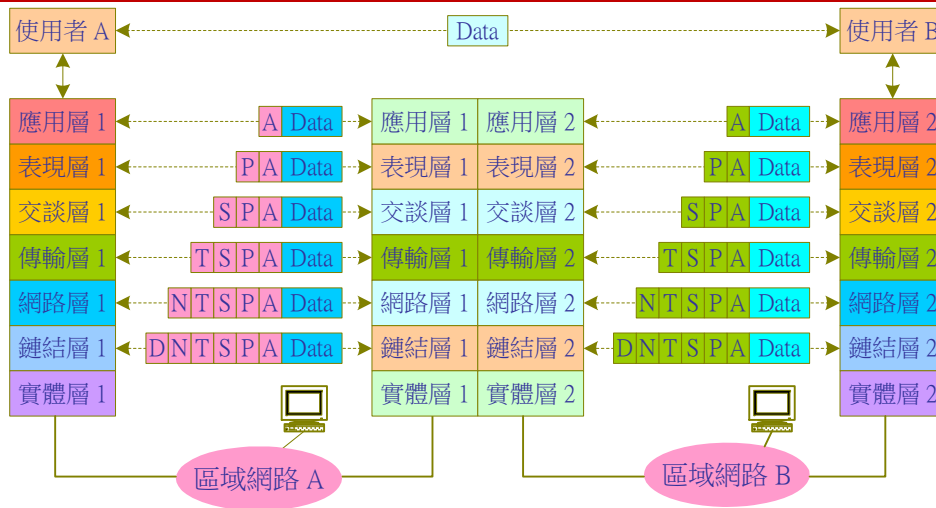


圖 3-17 網路閘門之通訊協定堆疊

3-9 區域網路傳輸骨幹之架設

當區域網路範圍愈大，或連接之工作站愈多時，就必須考慮架設骨幹網路來整合各地區之子網路 (如圖 3-2 所示)。骨幹網路對於提昇區域網路的傳輸效益有絕對的關係，因此，如何架設傳輸骨幹也是件重要的課題，但網路的架設必隨環境因素及使用需求而變化，並非是一成不變的。一般常見的傳輸骨幹有兩種模式：分散式傳輸骨幹 (Distributed Backbone) 和集中式傳輸骨幹 (Collapsed Backbone)，如圖 3-18 和 3-19 所示。

所謂分散式傳輸骨幹，是利用串接方式將各地區之子網路連接起來。子網路的組成可依組織單位 (或系、所) 或工作性質 (學生或老師) 所組成。圖 3-19 中，傳輸骨幹是由交換器 (Layer3 或 Layer) 或路由器所串接而成，這些交換器也許會分散在組織單位 (或學校) 的任一角落，之間連線大多是採用 100BaseFx 或 100BaseTx。各子網路內之訊息流量不會影響到傳輸骨幹，不同子網路之間的訊息才會經過骨幹網路傳輸。分散式傳輸骨幹的優點是架設簡單，需要時再串接就可以，價錢也較便宜。它的缺點是維護不易，如發現網路癱瘓，必須要到各地區尋找故障點，又某一區段斷線，將會使網路分割成若干個獨立的小網路。另外，分散式傳輸骨幹可能會因為串接過多的交換器或路由器，使傳遞延遲時間過長。

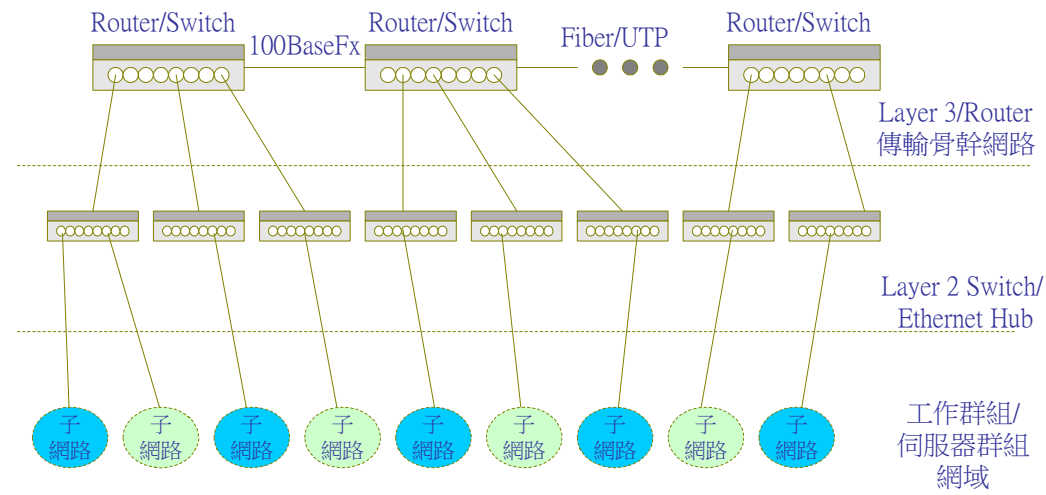


圖 3-18 分散式傳輸骨幹架構圖

圖 3-19 為集中式傳輸骨幹，骨幹網路可以使用 ATM 網路、FDDI 網路，或是 Gigabit Switch 網路亦可。各地區之路由器或交換器 (Layer 3 或 Layer 2) 都集中連線到傳輸骨幹交換器 (或骨幹網路) 上，之間連線也大多是採用 100BaseFx 或 100BasTx。集中式傳輸骨幹可減少各地區之間的串接連線，因此在維護方面比較容易，也減少訊號傳遞的延遲時間。它的缺點是所有連線都集中到傳輸交換器上，對於較廣闊的地區，佈線方面較為困難。如果採用 FDDI 或 ATM 網路做傳輸骨幹，可將 FDDI Brouter 或 ATM 交換機分散到較偏遠的地區，交換機 (或傳輸骨幹交換器) 之間連線可使用 SONET 連線即可，這也可以解決地區範圍的問題。當然，價錢較為昂貴也是最重要的缺點。

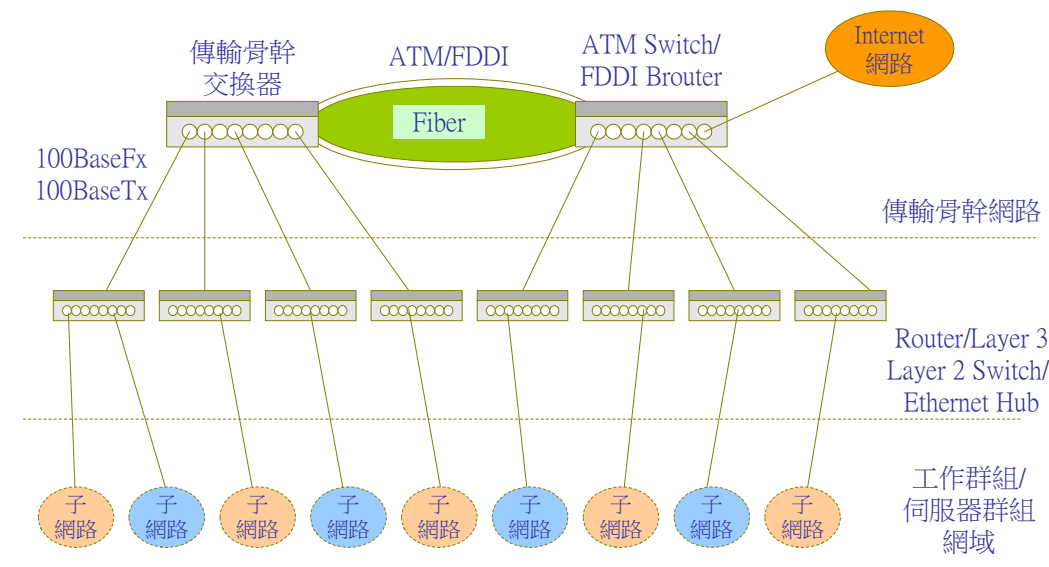


圖 3-19 集中式傳輸骨幹架構圖

3-10 虛擬區域網路

3-10-1 虛擬區域網路簡介

『**虛擬區域網路**』(Virtual Local Area Network, VLAN)(IEEE 802.1Q 規範)即是利用某一特定技術，將某些工作站(或電腦)組織設定一個『**邏輯網路**』(Logical Network)。經過 VLAN 技術的處理，一個網路區段(或稱 IP 子網路)裡可再區分成多個**虛擬區域網路(VLAN)**，我們先來探討分割出來的現象，再來討論其功能。

圖 3-22 是 192.168.1.0/24 網路區段的區域網路，利用三只具有『**虛擬區域網路功能**』的 Switch/Hub 設備，串接了 12 部電腦(可能是工作站或伺服器)。吾人利用 VLAN 技術將此 12 部電腦組合成三個**虛擬區域網路**，被組合 VLAN 電腦可以不是同一 Switch/Hub 底下的電腦，可以跨接其他 Switch/Hub 下電腦的組合。譬如 VLAN0 中的 PC0、PC1 在 Sw0 上，又 PC4 與 PC5 在 SW1 交換器上。目前工業技術進步神速，網路連結設備幾乎很難買到 Hub，大多是具有 VLAN 的 Layer 2 Switch 或 Layer 3 Switch。我們這裡就用 Layer 2 Switch 做範例說明。

又每一個 VLAN 為何會連接那些電腦，大多為了劃分工作群組，也就是同一 VLAN 內的電腦通訊非常頻繁，期望他們之間通訊不要影響到其他電腦。假設 PC0 是一個資料庫伺服器，專供應 PC1、PC4、PC5 電腦使用，其他電腦甚少使用到，則將他們組合一個 VLAN。原因？稍後討論之。

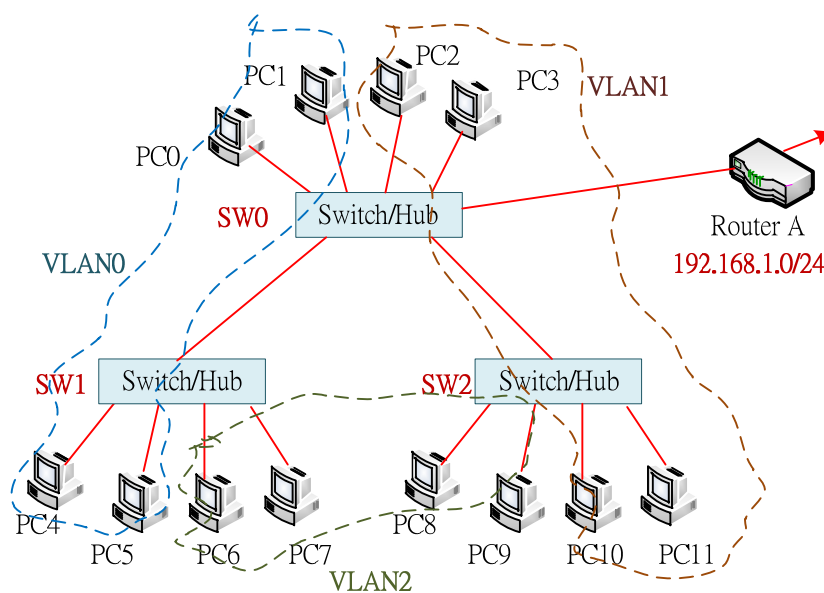


圖 3-22 實體區域網路範例

圖 3-23 為圖 3-22 分割成三個 VLAN 的邏輯架構圖。假設圖 3-22 中 Switch/Hub 皆是 Layer 2 Switch，它們僅負責訊框轉送，並不理會 IP 位址。由外部來看圖 3-23 還是 192.168.1.0/24 網路區段，但它內部已被虛擬化三個 VLAN0 ~ VALN2，之間並利用一只『虛擬橋接區域網路』(Virtual Bridged LAN, VBLAN) 連結。VBLAN 如同實體橋接器相同，具有學習與訊框轉送(Relay) 功能(請參考 3-4 節橋接器說明)

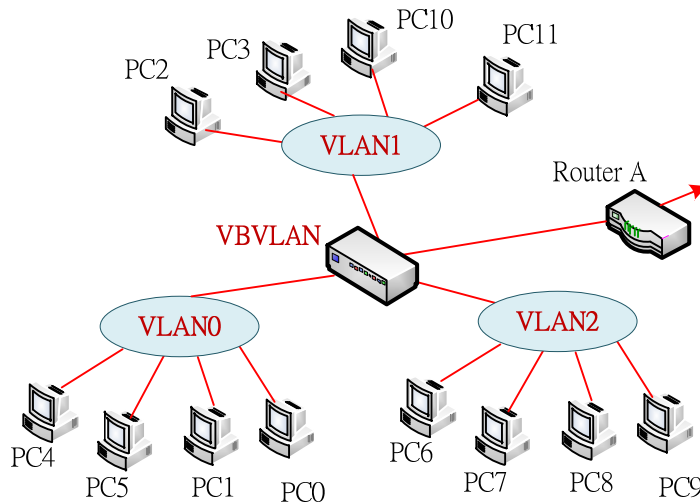


圖 3-23 虛擬區域網路的邏輯概念圖

規劃虛擬區域網路的優點，如下：

(1) 減抵『廣播網域』(Broadcast Domain)

每一個虛擬區域網路即是一個廣播網域。在網路上廣播封包是非常普遍的，譬如發送 ARP、ARAP 或群播訊框時，會將廣播訊框(或封包)發送到網路區段的每一角落。如果經過虛擬區域網路分割後，廣播訊框會被 VBLAN 橋接器隔離，不會亂竄到所有網路角落上。以發送 ARP 為例，當 PC0 發送 ARP 訊框查詢某一工作站的 MAC 位址時，VBLAN 收到該訊框並由其內容得知查詢哪 IP 的 MAC 位址時，如果在它的 ARP Catch 裡查詢出來，便直接回應，不用再往後廣播，如此即可減低廣播訊框的流量。

(2) 具有『防火牆』(Firewall) 功能

訊框(或封包)僅限於虛擬網路上廣播，則其外部網路就很難偷竊窺視訊框內容，如此即具有隱藏訊框達到防火牆內容。

(3) 劃分『工作群組』(Workgroup)

就 CSMA/CD 協定(Ethernet 網路)的特性而言，傳送訊框都用廣播方式。當某一部電腦要傳送給另一部電腦時，它就將訊框廣播到網路上，網路上所有電腦都收到該訊框，再由訊框標頭內的目的地址判斷是否傳送給自己，如果是就將它收起來，如果不是，就將它拋棄。由此可見，任何訊框的發送都會影響到所有電腦。在企業內網路系統，大多有依其工作需求，劃分若干個工作群組。同一群組內電腦間通訊會比較頻繁，如果虛擬區域網路能配合工作群組劃分，則可減低許多不需要的訊框流量，如此可以提供網路效益許多，也可以達到安全隱密的功能(同 VLAN 網路之間無法收到訊息)。

3-10-2 VLAN 組態方法

劃分虛擬區域網路的方法大多與網路設備有關(Layer 2 或 Layer 3 Switch)，有下列幾種方法：

(1) 『埠口基礎的虛擬區域網路』(Port-based VLAN)：

劃分虛擬區域網路是依照交換器的埠口而定，即是指定某些埠口為一個 VLAN 範圍，但埠口可以在同一網路的不同交換器上。此方式 Layer 2 或 Layer 2 Switch 都可以。以 Layer 2 Switch 為例，大多僅具有訊框交換的功能，它依照訊框標頭的目的地位址傳送到相對應埠口上，因此它具有學習(如橋接器)與轉送的功能，但大多沒有擴張樹展開的功能，無法避免網路迴圈會造成學習困難。如果我們將它設定成虛擬區域網路，則 VBVLAN 橋接器就具有擴張樹功能，可以避免網路迴圈的問題。

以 Port-based 劃分虛擬區域網路的缺點是工作站的位置不可隨意變遷，需固定連結在某一埠口上，有時候會造成許多困擾。埠口經過設定哪一個 VLAN 後，大致不能再任意改變，此方法又稱為『靜態虛擬區域網路』(Static VLAN)。

(2) 『MAC 基礎的虛擬區域網路』(MAC-based VLAN)

以連接埠口劃分 VLAN 的缺點是工作站位置不可以隨意變遷，連接在哪一埠口不可隨意變動。如果以 MAC 位址來區分，可能就能解決此問題，這種方式可適用於 Layer 2 或 Layer 3 Switch 上。但必須查詢每部電腦上網路卡的 MAC 位址，也會造成困擾。具有 MAC-based VLAN 功能的交換器(如 Cisco 5000 系列交換器)支援 VMPS(VLAN Management Policy Server) 功能，它內部有一個資料庫，可供輸入工作站的 MAC 位址，以及相對應的 VLAN 編號。

利用 MAC-based 分割的 VLAN，將不限制於工作站連接於哪一個傳輸埠口，並可以任意變更連接埠口及位置，又稱為『動態虛擬區域網路』(Dynamic VLAN)。

(3) 『IP 子網路基礎的虛擬區域網路』(IP subnet-based VLAN)

如果以 IP 子網路來劃分虛擬區域網路，則該交換器須具備有處理 IP 封包之能力，須採用 Layer 3 Switch 才行。它的運作方法就如同在子網路下再劃分子網路，如以 Class B 網路的 192.168.1.* 子網路為例，可指定的 IP 位址範圍是 192.168.1.1 ~ 192.168.1.254，其中 192.168.1.0 與 192.168.1.255 保留給預定路由與廣播位址使用。如果取用主機位址(11111111) 中某些位元當作虛擬區域網路劃分，即可達到目的。如以圖 3-22 為例，劃分後如圖 3-23 虛擬區域網路架構中，VBVLAN 就具有路由器的功能，依照子網路範圍轉送封包。

Layer 3 Switch 又稱為多埠口路由器，在每一連接埠口可以設定靜態路由表，轉送子網路 IP 封包功能，但大多沒有動態路由功能。如果經由虛擬網路設定後，VBLAN 就具有動態路由的功能，就好像多個路由器共用一只動態路由功能一樣。

看起來利用 IP 子網路劃分可以解決許多工作站配置的問題，但它還是有缺點。利用 IP subnet 劃分子網路後，還是必須保『預定路由』與『廣播位址』兩個 IP 位址，無形之中也浪費了兩個 IP 位址，這也是考慮的因素之一。

3-10-3 VLAN 訊框轉送

了解 VLAN 運作原理之後，接下來討論其『訊框轉送』(Frame Relay)方式如何。我用幾個網路架構來探討

(A) 單一交換器架構

圖 3-24 是利用一個交換器依照埠口劃分兩個 VLAN 的架構圖。圖 3-24(A) 表示由同一交換器上，依照埠口劃分 VLAN0 與 VLAN1 兩個虛擬區域網路。圖 3-22(B) 是它的內部示意圖。當 PC0 欲傳送訊框給 PC3 時，兩者不在同一 VLAN 上。對 PC0 而言，它根本無須理會到底在哪一個 VLAN 上，他將原訊框發送出去，但它所接的埠口已經被設定為 VLAN0 成員，埠口會將收到的訊框包裝成 VLAN 訊框，以 CISCO ISL 為例，則將 ISL 標頭加在訊框前面，再傳送 VBLAN，VBLAN 橋接器再依照內部過濾資料庫轉送到 PC3 所接的埠口，該埠口也是被設定成具有 VLAN 功能，它會將 VLAN 訊框還原，再發送給 PC3。到底如何轉送，則由 ISL 內訊息

而定，下一節將會討論到。

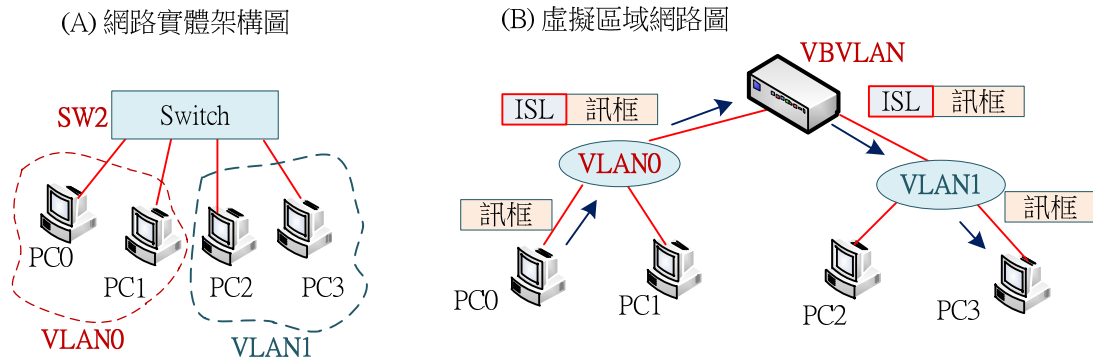


圖 3-24 單一交換器劃分虛擬區域網路架構

(B) 多交換器架構

圖 3-25 是利用 3 個交換器架構網路，並劃分為 VLAN0、VLAN1 與 VLAN2 等 3 個虛擬區域網路。以 CISCO 交換器為例，其傳輸埠如設定為 Trunk 功能，則具有傳輸骨幹的功能。利用 Trunk 埠口將若干個交換器組織成一個較大的區域網路。如 VLAN0 的 PC0 電腦欲傳送訊息給 PC2，PC0 發送原訊框到 SW0，SW0 交換器將訊框前面加入 ISL 標頭(下一節討論)，再發送給 SW2 交換器，再傳送給 SW1，SW1 交換器拆解回原來訊框，再發送給 PC2 電腦。

虛擬區域網路即是利用 ISL 訊框標頭來註明，該訊框是屬於哪一個 VLAN(VLAN0 ~ VLAN2) 網路下的成員，虛擬化功能即是利用 ISL 標頭內訊息來達成。

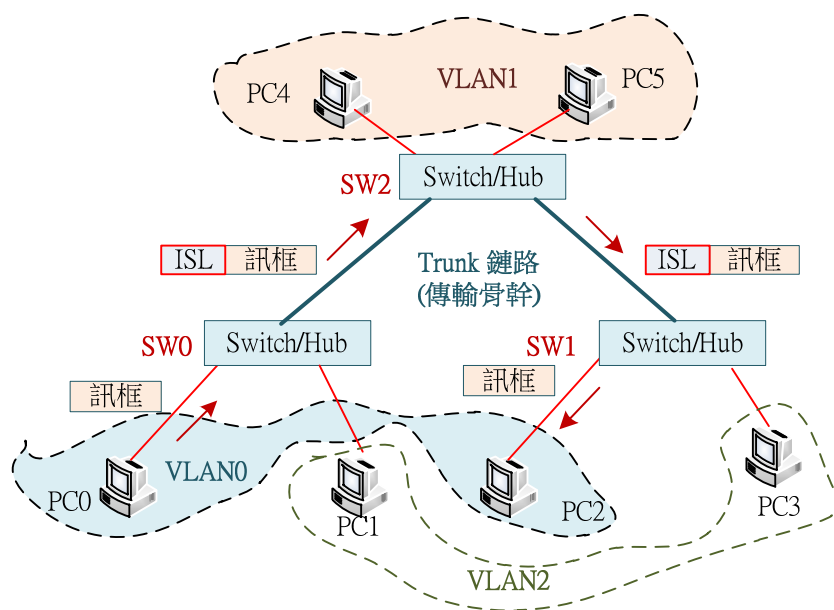


圖 3-25 多交換器架構

(C) Trunk、Native VLAN 與 VLAN ID

Trunk Protocol 是建構 VLAN 的主要功能，並非所有交換器都具有，但隨著時代的進步，目前 Cisco 交換器上 Fast Ethernet、Gigabit Ethernet 連接埠都具有此功能。交換器之間利用 Trunk protocol 交換訊息達到 VLAN 的功能。另外，一般交換器都具有多種 VLAN 的組態方法，但較普遍使用的還是 **Port-based VLAN** 較常見。設定方法是分別指定傳輸埠是屬於哪一個 VLAN 成員，如果沒有指定的話，該埠就屬於『**原生 VLAN**』(Native VLAN)。內定 Native VLAN 成員的傳輸埠都可以相互通訊，簡單的說，就是所屬埠沒有被規劃 VLAN 功能的意思。

每一個 VLAN 都需指定一個『**VLAN ID**』(VID) 識別碼，由 12 位元組合，由 $0 \sim 2^{12}-1$ 之間號碼。

3-10-4 VLAN 協定標準

如圖 3-25 所示，利用多個交換器連結並建構若干個 VLAN 時，交換器之間需傳遞 VLAN 訊框，來達到虛擬化的功能，又稱為 **Trunk Protocol**。可能會以連結不同廠商所提供的交換器，因此就需要制定一套標準化的協定與訊框包裝。目前 VLAN 有 IEEE 802.1Q 與 Cisco 專屬的 ISL 兩種協定，以下分別敘述之。

(A) 802.1Q 協定

802.1Q 是 IEEE 所制定的標準，各家廠牌的交換器或路由器都有此協定標準，包含 Cisco 公司發生的交換器。透過 802.1Q 標準，不同廠商之間的交換器才可共同達到 VLAN 的功能。圖 3-26 為 802.1Q 的封裝格式，它作法很簡單，將 802.1Q 標頭 (4 Bytes) 插入原訊框(如 Ethernet II 訊框)的 Type 欄位前面。Type 欄位的功能是顯示後面訊框承載的訊息格式，可能是 IP、ARP 或 RARP 等等並以大於 1500 數字，來辨識 Ethernet I 或 Ethernet II 訊框。因此，以 0x8100 (2 Bytes) 來辨識此是 802.1Q 訊框。其他欄位功能說明如下：

- (1) 『**標籤協議識別碼**』(Tag Protocol Identifier, TPID)：內容是 0x0810。
- (2) 『**優先權代碼點**』(Priority Code Point, PCP)：3 位元。承載訊框的優先參考值，由 0 ~ 7(最高)。
- (3) 『**虛擬區域網路識別碼**』(VLAN Identifier, VID)：16 位元。可任意授予 VLAN 一個識別碼，但 0x000 與 0xFF 保留。
- (4) 『**典型格式指示**』(Canonical Format Indicate, CFI)：1 位元。如 CFI=1 則 MAC 非標

準格式，如 CFI=0 為標準格式。在 Ethernet 網路中皆 CFI=0。

(5) **FCS 欄位**：拋棄原來 FCS 欄位內容，加入 802.1Q 標頭內容，重新計算新值填入。

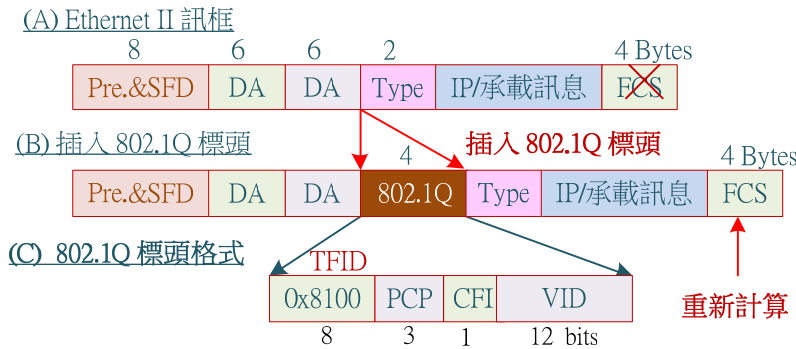


圖 3-26 802.1Q 封裝格式

對於比較複雜的網路系統，可能需要轉送 VLAN 封包到其他網路組態的 VLAN，即是 VLAN 網路內再分割 VLAN 網路，則需用『雙重標記』的封裝，此為 IEEE 802.1ad 標準規範，封裝格式如圖 3-27 所示。

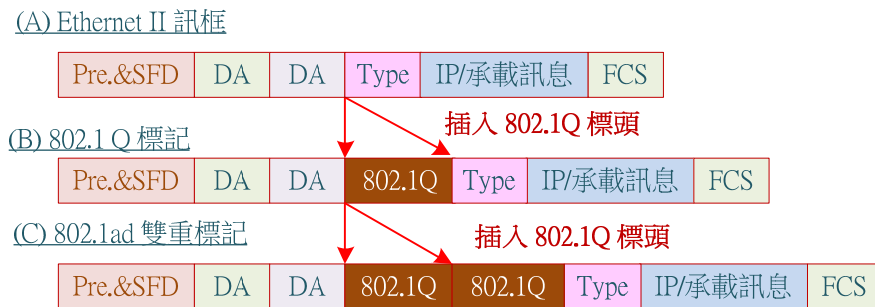


圖 3-27 802.1ad 封裝格式

(B) ISL 協定

『交換器之間鏈路』(Inter-Switch Link, ISL) 協定是 Cisco 公司所制定，是該公司設備專用。ISL 是運作於 OSI 協定中的第二層(鏈路連結層)，與任何協定無關，因此它可以承載任何網路協定，譬如 Ethernet、Token-Ring、等等。ISL 封裝如圖 3-28 所示，包含 **ISL Header**、**原承載訊框**與 **FCS** 兩大部分。其中 FCS 是 CRC 計算訊框內容的檢查值，包含 ISL Header 與原訊框內容，如承載是 Ethernet 訊框的話，長度介於 64 ~ 1518 位元組之間。

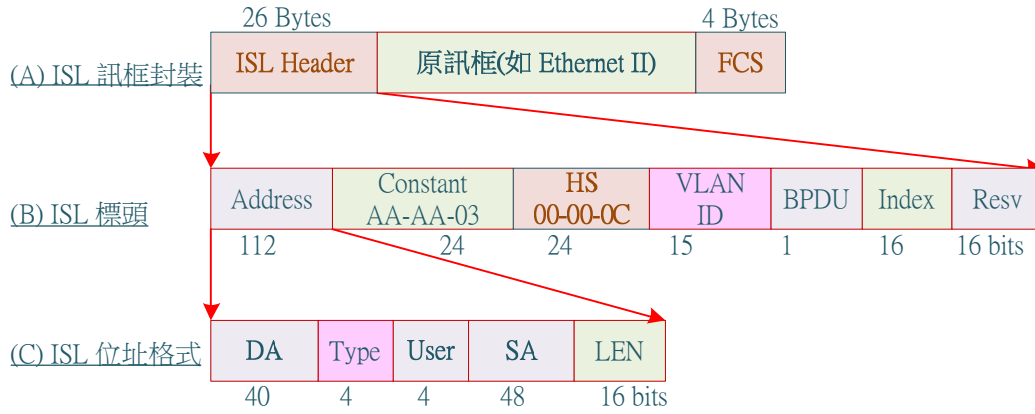


圖 3-28 ISL 封裝格式

『ISL Header』(ISL 標頭) 包含下列欄位：

- **Address 欄位**：112 bits。表示該訊框發送位址、接收位址與相關資料，如：
 - **Destination Address(DA)**：40 bits。表示該訊框傳送目的位址，它是群撥位址，該訊框是廣播給某一虛擬區域網路內的所有工作站。Cisco 將此位址設定為 0x01-00-0C-00-00 表示一個 ISL 訊框到達。
 - **Type**：4 bits。紀錄承載訊框的格式，如 Ethernet(0000)、Token-ring(0001)、FDDI(0010)、ATM(0011)。
 - **User**：4 bits。紀錄訊框的優先權(Priority)，如 (xx00)、(xx01)、(xx10)、(xx11)(最高優先權，x 為 0/1 任意值)。
 - **Source Address(SA)**：48 bits。訊框來源的 MAC 位址。
 - **Length：16 bits**。紀錄此 ISL 訊框的長度，包含 ISL Header、原訊框與 FCS 等欄位。
- **Constant Value 欄位**：24 bits。內容固定為 0xAA-AA-03 常數。
- **Hight-Bits Address(HB)欄位**：24 bits。紀錄 MAC 位址中廠商代碼，被設定為 0x00-00-0C。
- **Virtual LAN Identifier(VLAN ID) 欄位**：15 bits。紀錄 VLAN 的識別碼(ID)。
- **Bridge Protocol Data Unit(BPDU) 欄位**：1 bit。紀錄該訊框是否 BPDU 訊框，依此建立擴張樹。
- **Index 欄位**：16 bits。顯示由哪一連接埠口發送訊號，作為診斷故障使用，一般不予理

會。

- **Resv 欄位**：16 bits。預留欄位。

至於 VLAN 實際操作，請參考『網路規劃與管理 – CCNA 技術彙集』。

習題

1. 何謂『**透通性**』(**Transparency**)？和連結網路有何關聯？
2. 請敘述連結區域網路考慮之因素，並利用簡單例子說明。
3. 為配合環境因素，連結區域網路有哪些型態？並說明其優異點。
4. 如果採用直接連結方式，將兩個或兩個以上的網路連結成一個網路，請問下列連結元件適用於何種環境下使用？
 - (1) 訊號增益器
 - (2) 集線器
 - (3) 橋接器
 - (4) 第二層交換器
 - (5) 路由器
 - (6) 第三層交換器
 - (7) 網路閘門
5. 何謂訊號增益器 (Repeater)？其連結網路有何功能？
6. 何謂集線器 (Hub)？
7. 何謂橋接器 (Bridge)？並請說明連結之網路和橋接器之間通訊協定的關係？
8. 請說明利用橋接器所構成之橋接網路增加了哪些功能？
9. 何謂橋接器之『**過濾功能**』(**Filtering**) 和『**轉送功能**』(**Forwarding**)？
10. 請比較說明利用橋接器和訊號增益器連結網路有何異同？

11. 下圖中 (圖 3-20) 是利用橋接器將 Ethernet 網路 (網路 A) 和 Token-Bus 網路 (網路 B) 連結成一個網路，請說明下列工作站傳送資料時的運作程序。

- (1) 工作站 A 傳送資料給工作站 B。
- (2) 工作站 A 傳送資料給工作站 D。
- (3) 工作站 E 傳送資料給工作站 A。

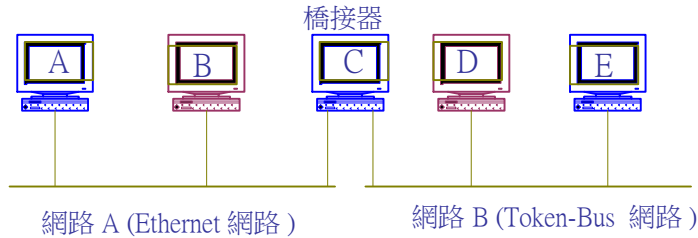


圖 3-20 橋接網路之範例

12. 下圖中 (圖 3-21)，由三個橋接器連結六個網路，請依照下列工作站傳送資料之順序，推演橋接器學習之過程 (如圖 3-11)，並將記錄於過濾資料庫上。

- (1) 工作站 A 傳送資料給工作站 C。
- (2) 工作站 F 傳送資料給工作站 A。
- (3) 工作站 B 傳送資料給工作站 D。
- (4) 工作站 E 傳送資料給工作站 C。
- (5) 工作站 C 傳送資料給工作站 E。
- (6) 在以上的橋接器學習過程之中，哪一個工作站未被學習到？為什麼？

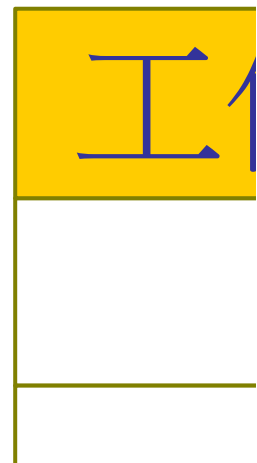


圖 3-21 橋接器學習範例

13. 為何橋接網路 (BLAN) 不可以有迴路現象？請說明其原因。

14. 何謂第二層交換器？其和橋接器有何異同？
15. 何謂碰撞網域？應如何建構一個碰撞網域？
16. 何謂專屬頻寬和共享頻寬？在架設網路上有何區別？
17. 何謂路由器？並請說明路由器的功能。
18. 請敘述路由器和連結之網路之間通訊協定的關係。
19. 請說明利用橋接器所構成之網路與路由器所連結之網路，兩者之間有何異同？
20. 何謂第三層交換器？和路由器之間有何異同？
21. 請說明利用路由器所構成之網路和第三層交換器連結之網路，兩者之間有何異同？
22. 請敘述第三層交換器的運作原理。
23. 如何利用 Gigabit 網路規劃一傳輸骨幹？並請說明其運作原理。
24. 請利用一實例說明，如何利用網路閘門來連結完全不同型態的網路？
25. 請說明網路閘門應具有之功能。