

第十章 區域網路連結技術

首先介紹區域網路的連接因素與連接型態，再分別介紹：Repeater、Hub、Bridge、Layer 2/3 Switch、Router、Gateway、Backbone Switch 的原理及特性，其中並詳解橋接器的學習功能與擴張樹演算法，以及 EIA/TIA 568A 佈線規範。

10-1 區域網路連結簡介

『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，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，這就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 10-1 為網路連結的基本概念圖，區域網路一是由區域網路二和三連結而成。工作站 A、B 原屬於區域網路二的成員，但連結網路之後，它們也是屬於網路一的成員(如同工作站 E 和 G)。如果從網路資源來觀察，只要屬於網路一的成員都可使用該網路上的資源，但資源也許存放於網路二或三。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二或三，也不論工作站 E 原屬於網路二或網路三之成員，這才合乎網路連結的功能。

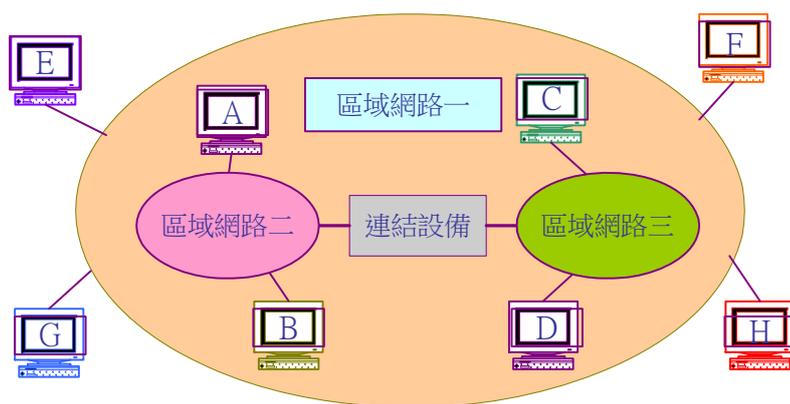


圖 10-1 網路連接之基本概念

10-1-1 區域網路之連結因素

首先，我們必須考慮為何需要連接網路，以下列出在一般區域網路上，需要連接網路的因素：

- (1) **延伸網路距離**：當網路範圍過大，單一網路不敷使用時，就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。

10-1-2 區域網路之連接型態

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 10-1 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，管理效率也比較高。但當組織內所屬單位越來越多時，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 10-2 是用一個傳輸速率較高的區域網路作為傳輸骨幹，來整合多個子網路，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，也比較容易管理，目前較大的機關學校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。

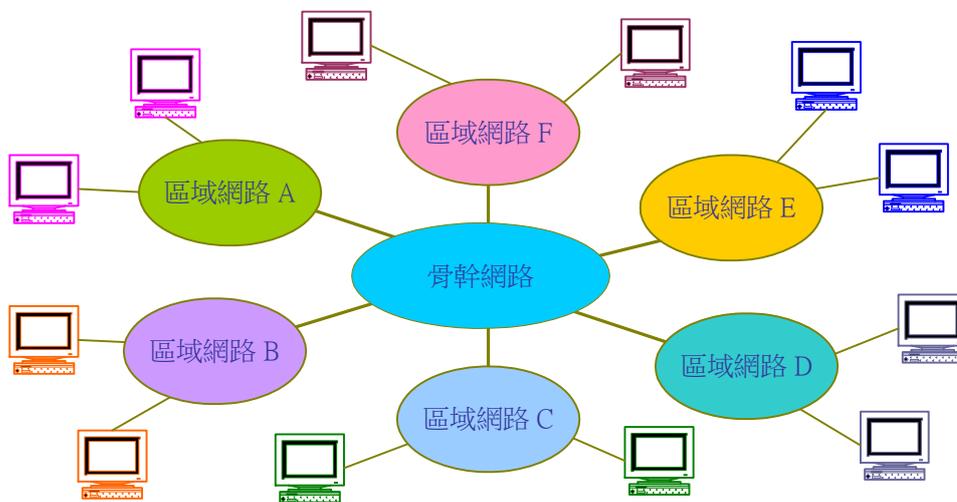


圖 10-2 骨幹網路與區域網路

(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 10-3 所示。

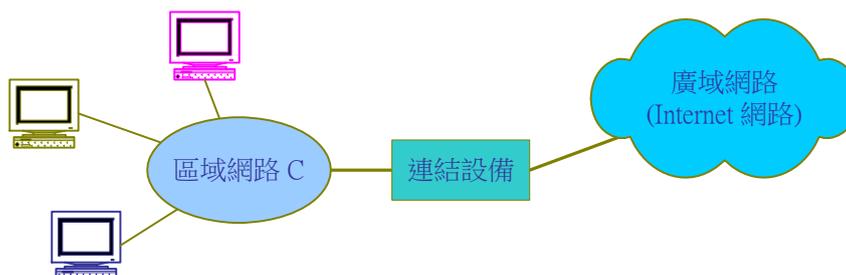


圖 10-3 區域網路與廣域網路連結

(D) 區域網路之間透過廣域網路的連接

遠端兩個以上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早年高，穩定度也較好，已有許多公司行號改用廣域網路連接。

如圖 10-4 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。

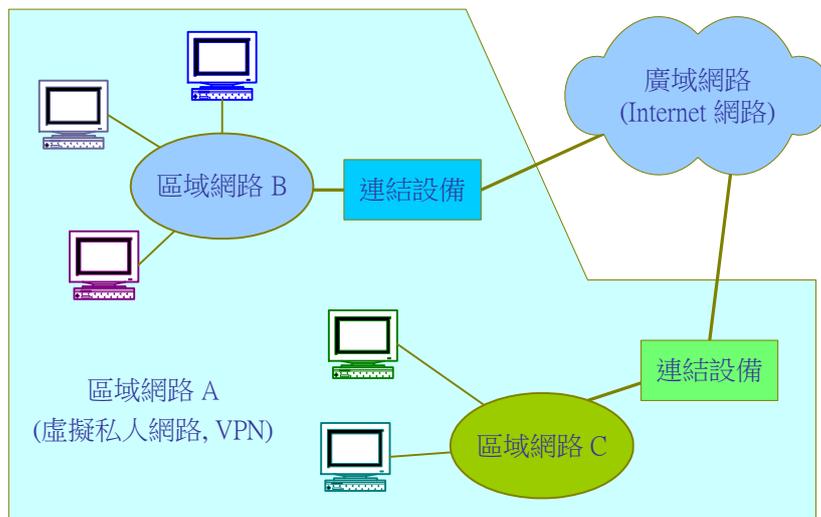


圖 10-4 區域網路透過廣域網路連結

10-1-3 區域網路之連結元件

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 10-1 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：

訊號重置器 (Repeater)：用來連結完全一樣的網路。一般使用在 10Base5 或 10Base2 網路的延伸網路範圍。

- (1) **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。

- (2) **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。
- (3) **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。
- (4) **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。
- (5) **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。
- (6) **網路閘門 (Gateway)**: 是用來連結完全不同型態的網路。

表 10-1 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	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	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

10-2 訊號重置器

『訊號重置器』(Repeater) 的主要功能是傳輸訊號之重置 (或重整、整形)。如圖 10-5 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，經過訊號重置器再將其整形，回復原來的波形。其特性如下：

- (1) **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)，訊號重置器再將其回復原來波形。
- (2) **雙向傳輸**：訊號重置器是雙向傳輸，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。
- (3) **基頻網路之延伸距離**：在基頻網路之中，兩個訊號重置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，就必須使用訊號重置器來延伸網路範圍。
- (4) **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) 可利用訊號重置器轉換。例如：AUI (10Base5)、BNC (10Base2)、UTP RJ45 (10BaseT) 或光纖接續子之間的轉接，如圖 10-6 所示。

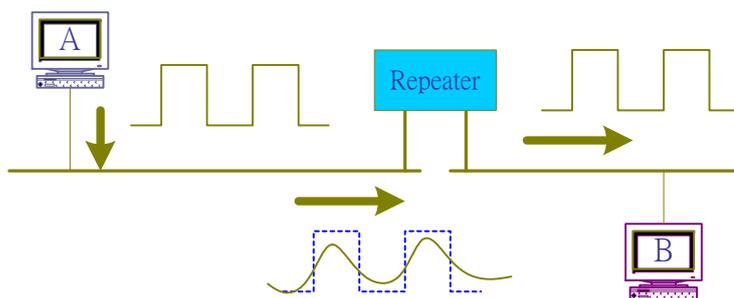


圖 10-5 訊號重置器之功能

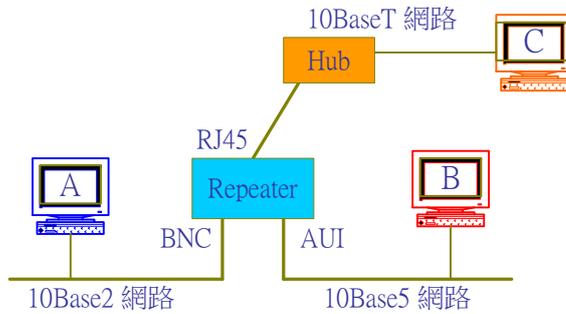


圖 10-6 訊號重置器之接續端子的轉換功能

10-3 集線器

『集線器』(Hub) 是『佈線系統』(Wiring System) 中最重要的裝置，將通訊協定 (如 CSMA/CD、Token-Ring、FDDI, ...) 的運作功能實現於集線器內，而改變原來佈線方式 (匯流排或環狀架構)，成為星狀拓樸圖。隨著各種協定所製作的集線器，可分類為 Ethernet Hub、Token-Ring Hub 等等。圖 10-7 為 Ethernet Hub 內部結構的概念圖，它的功能類似整合型的『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；不但保留原來匯流排的拓樸架構，但可以用星狀架構來佈線；它的運作原理是當任一個埠口有訊息進入，集線器便將該訊框廣播到其它埠口上。因此，有二個 (或以上) 埠口有訊框進入時，便判斷已發生碰撞，我們以 Ethernet 集線器為例說明其特性如下：

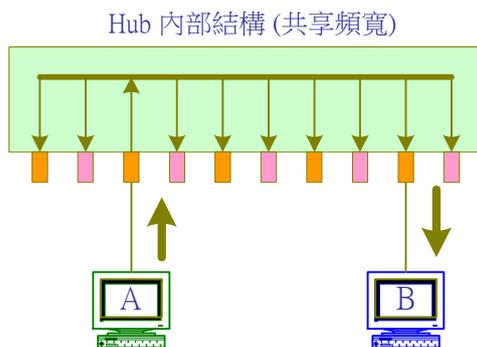


圖 10-7 Ethernet Hub 內部結構概念圖

- (1) 傳輸速率：10Mbps(10BaseT)、10/100Mbps(100BaseT)、100/1000Mbps(1000BaseT)。
- (2) 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。

- (3) **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。
- (4) **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。
- (5) **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。
- (6) **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。
(10-11 節說明)

10-3-1 Class I 與 Class II 集線器

既然集線器內部結構類似匯流排廣播方式，亦是，內部有一個處理器來模仿廣播運作方式，將各個埠口所進來之訊框，收集後再轉送出去(甚至各埠口都有自動調速的功能)。因此，處理器應何時將訊框轉送出去的時機問題，就有兩種模式：Class I 和 Class II，以下分別敘述之：

Class I 集線器：將所收到的類比訊號轉換為數位訊號再送出，又稱為**轉譯 (Translation)**集線器。其延遲時間較長，但具有過濾及檢測訊框的功能，如果發現訊框已故障 (也許碰撞或受雜訊干擾)，便不廣播出去。

Class II 集線器：收到的類比訊號後，直接轉送到其它埠口，不作轉譯工作，所以延遲的情形較優於 Class I，但沒有檢測訊框是否正常之功能。

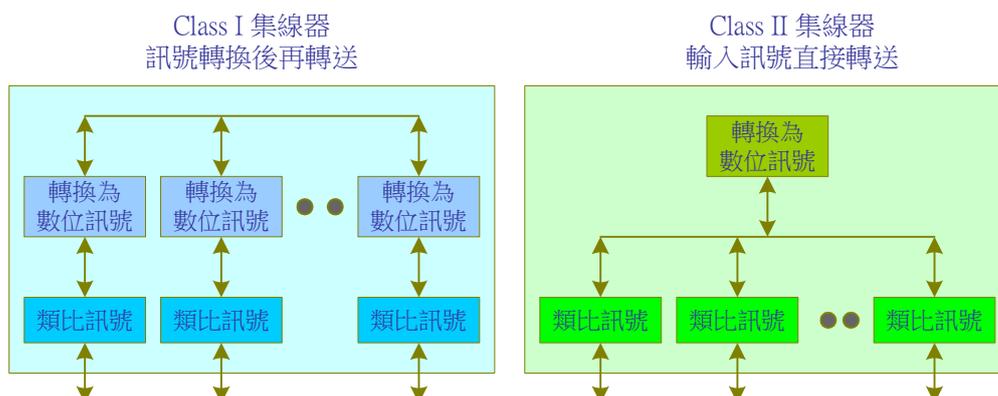


圖 10-8 Class I 和 Class II 集線器

一般較低速集線器 (10BaseT) 上沒有此類問題 (本身就以數位訊號傳送)，但在高速網路上 (100BaseT 或 1000BaseT)，訊號每經過一個集線器，如果延遲時間太長，將會縮短連線距離；因此，需要串接集線器時，只能使用 Class II 集線器。

10-3-2 堆疊式集線器

在連結集線器之間，也必須符合 CSMA/CD 協定中規定最小訊框及傳遞來回時間的限制，因此，集線器串接之間的延遲時間就必須儘量減少。如需要連接較多的工作站時，可透過堆疊式集線器的串接，可減少串接之間的延遲時間，一般都採用 STP 連線堆疊，經過堆疊式集線器串接後，不會增加網路連線距離。至於可串接幾部集線器，依照各家廠商背板設計各有所異。

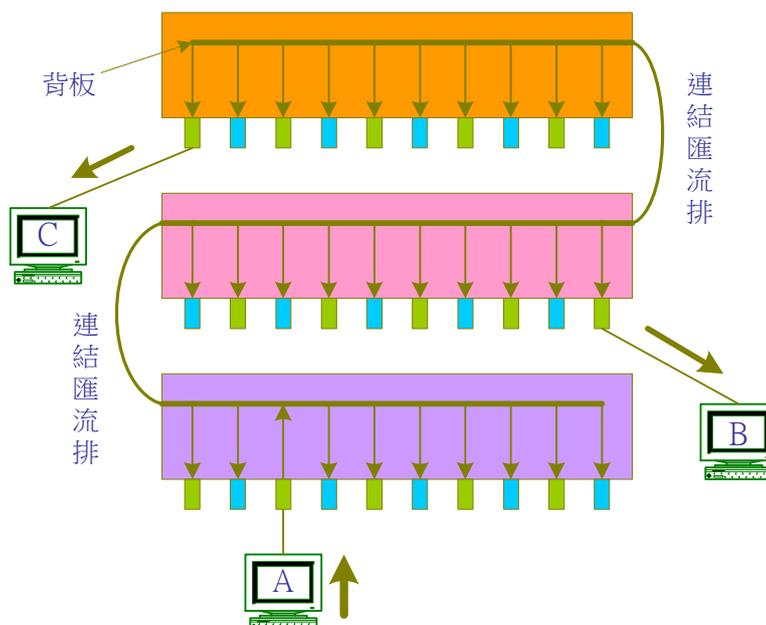


圖 10-9 堆疊式集線器之內部結構概念圖

10-4 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 10-10 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 10-10 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)。

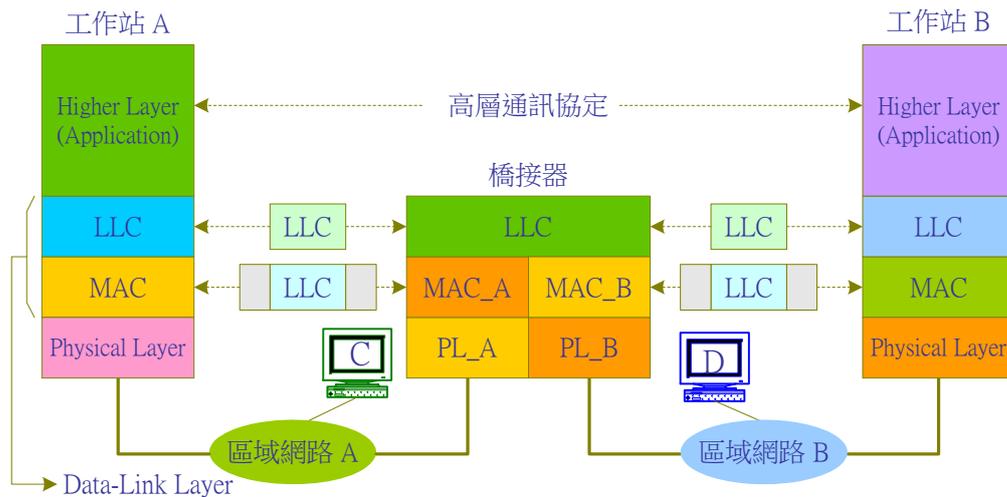


圖 10-10 橋接器之通訊協定堆疊

10-4-1 橋接器的運作程序

我們以圖 10-11 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 也會收到該訊框 (CSMA/CD 協定)，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。

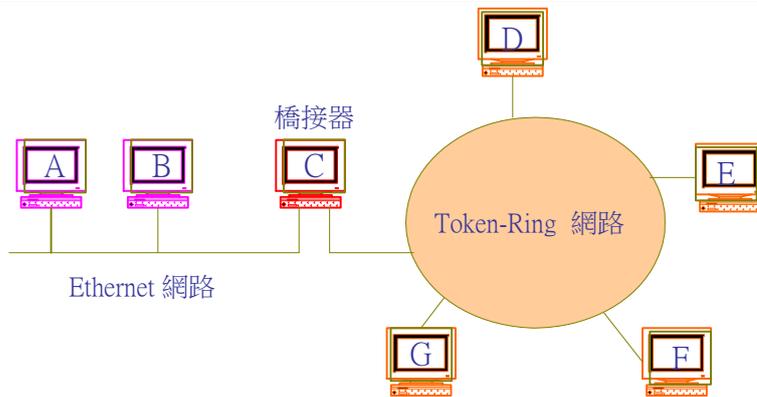


圖 10-11 Ethernet 與 Token-Ring 網路連結

10-4-2 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，透過橋接器連接的網路，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：

- (1) **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。
- (2) **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，在小網路之間使用橋接器連接 (具有 Filtering 及 Forwarding 功能)，整體來看還是一個網路。如 Ethernet 網路上，連接之工作站太多，將會提高工作站之間的碰撞機率，降低使網路傳輸效益，此時需用橋接器來分散網路的負荷 (Traffic)。
- (3) **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。

- (4) **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：

- (1) **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，整體上還是單一個網路，而不需要知道橋接器是否存在。
- (2) **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。
- (3) **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。

10-4-3 橋接器的運作原理

我們用圖 10-12 來說明橋接器的運作原理，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：

- (1) **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。
- (2) **『學習』 (Learning) 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。

- (3) 『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。
- (4) 『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。

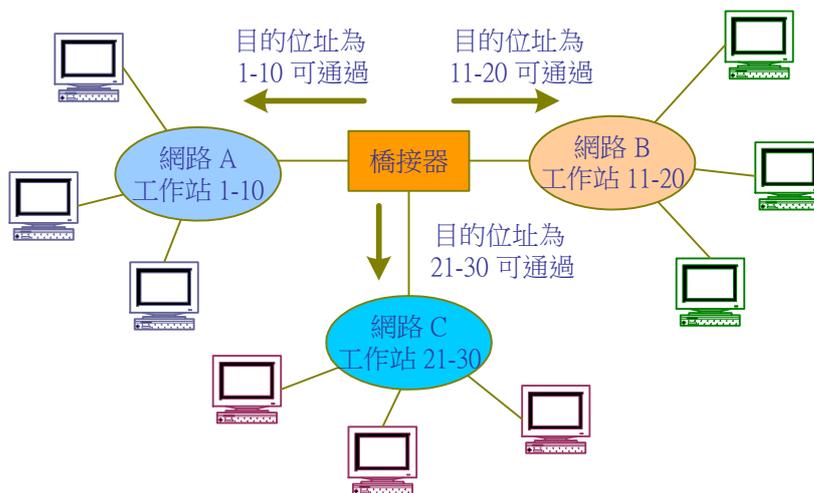


圖 10-12 橋接器之過濾與轉送功能

10-4-4 橋接器的學習功能

橋接器的學習功能最主要目的，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，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 10-13 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。

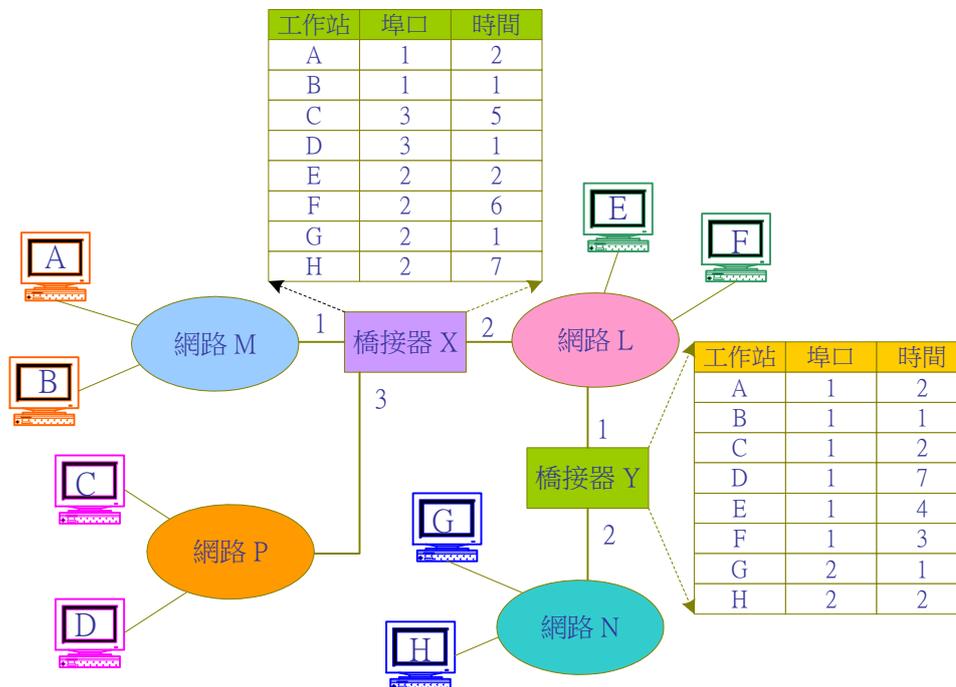


圖 10-13 橋接器連結網路範例

橋接器的學習演譯法 (Learning Algorithm) 如圖 10-14 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：

- (1) **前送程式 (Forwarding Process)**：此程式利用進入訊框的『目的位址』，將該訊框轉送到其它埠口上；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。
- (2) **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』。並且根據此原始位址來更改過濾資料庫內容。
- (3) **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。

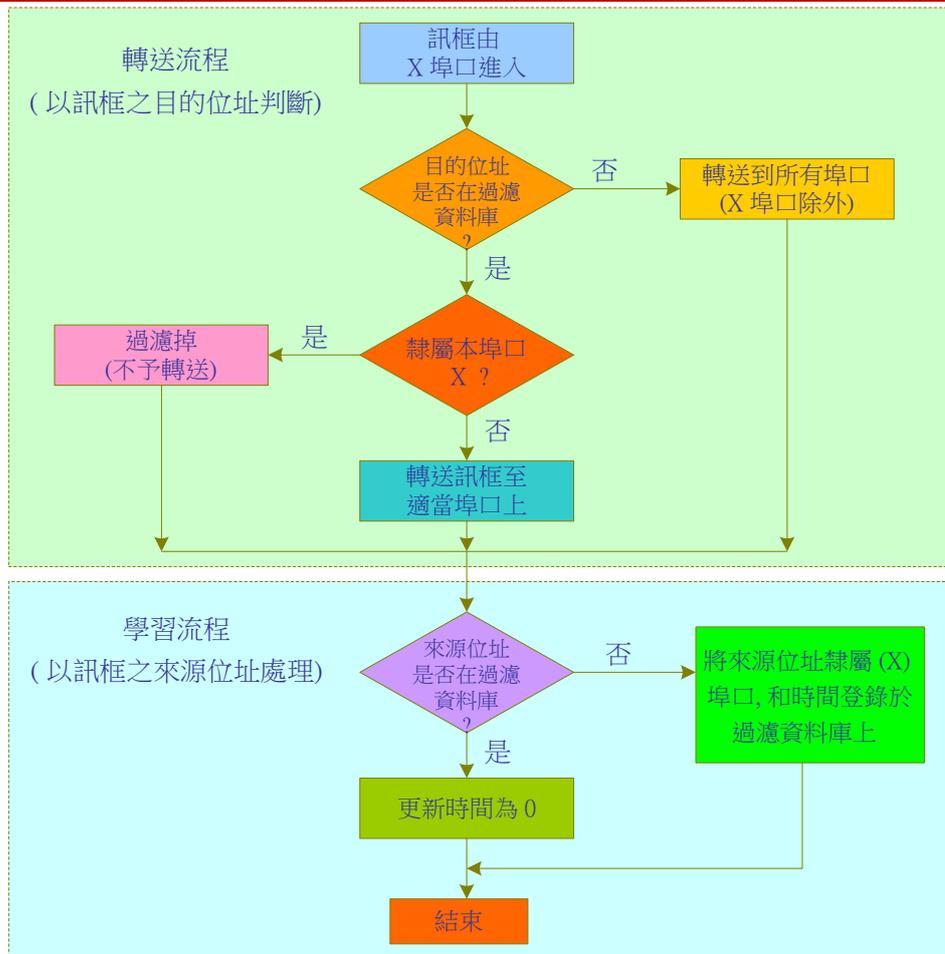


圖 10-14 橋接器之學習與轉送的演譯法

圖 10-14 為橋接器的學習和轉送演譯法，簡單說明如下：(橋接器學習範例請參考習題 10-13)

- (1) 當訊框由某一埠口進入後，橋接器比對該訊框的『目的位址』是否存在於『過濾資料庫』上，如果沒有，便將該訊框轉送到其它『所有』埠口上，否則下一步驟；
- (2) 檢查該訊框『目的位址』所屬的埠口，是否和它所進入的埠口相同，如果是，便將此訊框拋棄而不予轉送(過濾掉)，否則接下一步驟；
- (3) 便依照『過濾資料庫』所登錄的埠口，將此訊框轉送到該埠口上。決定此訊框轉送方式後，緊接著，執行學習步驟。接下一步驟；
- (4) 搜尋該訊框的『來源位址』，是否存在於『過濾資料庫』上，如果是，便更新該筆資料的時間(更新為 0)，否則接下一步驟；

- (5) 將該訊框的『來源位址』、所進入的埠口號碼、以及時間 (設定為 0) 登錄於『過濾資料庫上』。

10-4-5 橋接器的擴張樹演算法

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 10-15 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。

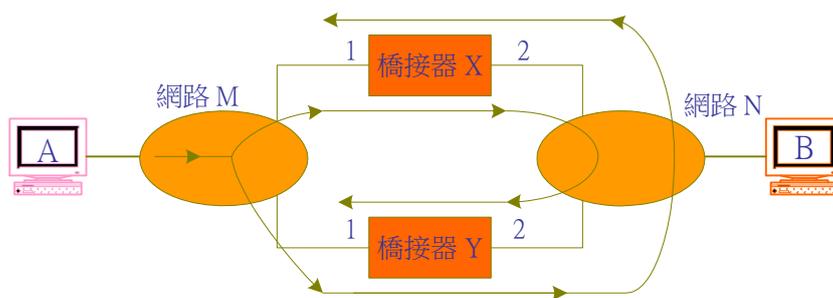


圖 10-15 橋接網路之迴路問題

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。例如，圖 10-16 (a) 為有迴路的橋接網路，經過擴張樹演算法處理後，使橋接器 3 的第 2 埠口和橋接器 5 的第 1 埠口暫時被隔離開(成為預備路徑)，使網路成為沒有迴路的樹狀網路 (擴張樹)，其結果如圖 10-16 (b) 所示。

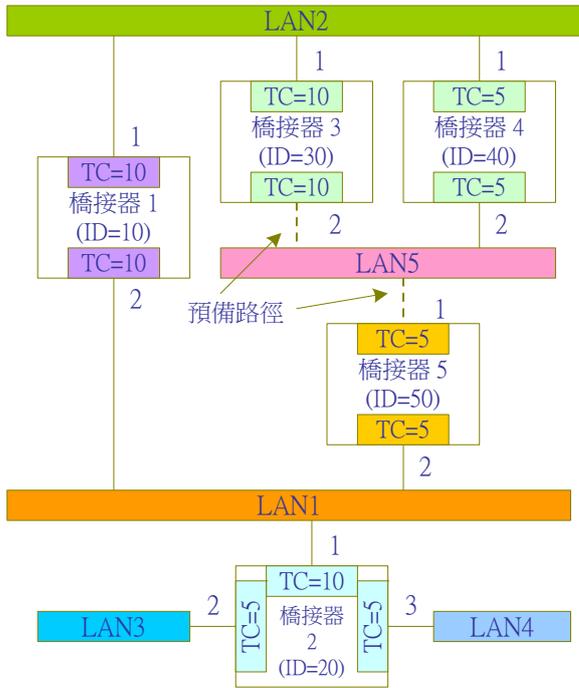


圖 10-16 (a) 橋接網路之擴張樹範例

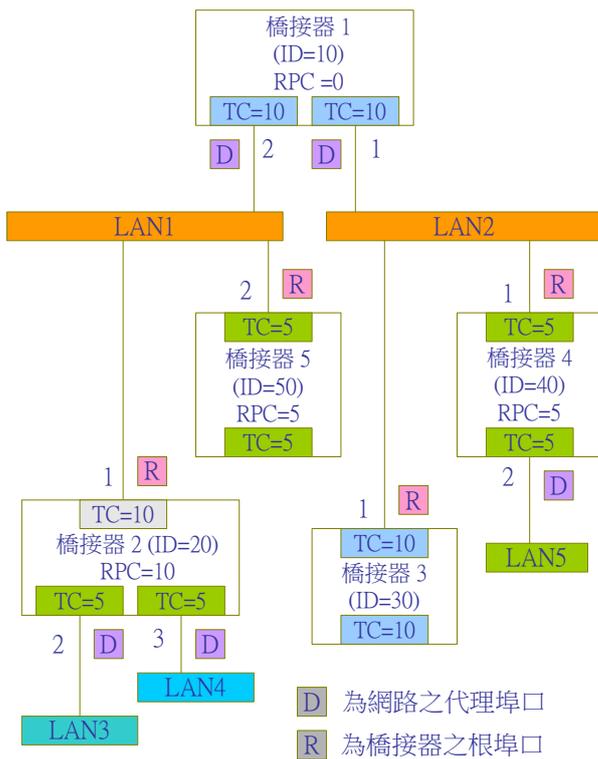


圖 10-16 (b) 橋接網路之擴張樹的演算結果

下面讓我們來看看橋接器之擴張樹演算法的運作原理。IEEE 802.1D 標準中，制定一個『分散式擴張樹演算法』(**Distributed Spanning Tree Algorithm**)，希望製造商能夠依此標準來製造橋接器。該標準採用分散式演算法，表示『擴張樹』是由網路上所有橋接器共同建構而成，並非有某一個集中控制器處理。首先，我們來描述擴張樹的特性如下：(請參考圖 10-16)

- (1) **根點橋接器 (Root Bridge)** : 表示在擴張樹中的根點位置的橋接器。一般都取所有橋接器之中，橋接器識別碼最小者當之。如圖 10-16 (b) 中，橋接器 1 的識別碼最小(ID = 10) 成為根點橋接器。
- (2) **傳輸費用 (Transmission Cost, TC)** : 橋接器上每一個埠都有一個傳輸費用，一般都以傳輸速率來評估，傳輸速率愈高，則費用愈低。有些情況會將其他因素也加入評估，例如延遲時間、承租線路費用、以及線路品質等等。
- (3) **路徑費用 (Path Cost)** : 路徑費用是由橋接器的埠口到達根點橋接器，所經過路徑之傳輸費用的總和。在有迴路的網路之下，每一個橋接器也許會有多條路徑到達根點橋接器，因此必須紀錄每一埠口的路徑費用，以作為選擇最短路徑之依據。如橋接器 5 的第一埠口的路徑費用為 25 (= 5 + 10 + 10) 和 15 (= 5 + 5 + 5); 而第二埠口為 5。
- (4) **根埠口 (Root Port)** : 除了根點橋接器以外，每一個橋接器都有一個根埠口。在有迴路的網路之下，橋接器也許可經由多個埠口到達根點橋接器，我們選擇其中最短路徑的埠口作為根埠口。亦即，在擴張樹之下，每一橋接器只有一個根埠口。例如橋接器 5 的根埠口為第二埠口。
- (5) **根路徑費用 (Root Path Cost, RPC)** : 表示每一橋接器由它的根埠口到達根點橋接器之費用。此費用必須告知相鄰的橋接器，經由本橋接器到達根點橋接器的費用。每部橋接器由所收到的其它橋接器之路徑費用，才可評估出經由哪一個路徑，費用會最低。
- (6) **代理埠口 (Designated Port)** : 每一網路也可能經由許多橋接器的埠口到達根點橋接器，我們亦選擇其中最短路徑者，作為該網路的『代理埠口』。亦即，在擴張樹之下，每一網路只有一個代理埠口。如網路 5 的代理埠口為橋接器 4 的第二個埠口。
- (7) **代理橋接器(Designated Bridge)** : 擁有代理埠口之橋接器為代理橋接器。如網路 5 的代理橋接器為橋接器 4。

由以上針對擴張樹演算法的描述，我們大略可以了解，擴張樹必須經由所有橋接器，互相交換訊息才可建構而成，因此，IEEE 802.1D 制定『橋接器通訊協定』(**Bridge Protocol**)

標準，讓橋接器之間依此協定互相交換訊息，在協定中規範所交換的『橋接器協定資料單元』

(**Bridge Protocol Data Unit** · **BPDU**) 必須包含下訊息：(只列出部分訊息)

- a. **根點橋接器識別碼**：表示本橋接器已確定哪一部橋接器為根點橋接器。
- b. **根點路徑費用 (RPC)**：經由本橋接器到達根點橋接器之費用。
- c. **橋接器識別碼**：本橋接器之唯一識別碼。
- d. **埠口識別碼**：本訊框 (BPDU) 是由橋接器的哪一埠口送出。

擴張樹演算法最主要的原理是：『找出所有橋接器或區域網路到達根點橋接器的最短路徑』。每一橋接器到根點橋接器之埠口，稱之為『根埠口』；而每一區域網路到達根點橋接器之埠口，稱之為『代理埠口』(兩者都是唯一埠口)。如果某一埠口 (任一橋接器上) 都不屬於這兩類埠口 (根埠口或代理埠口)，則表示它已被隔離了。IEEE 802.1D 標準所制定的分散式擴張樹演算法，主要包含三個步驟：

- a. 找出根端點橋接器 (Root Bridge)。
- b. 找出每一橋接器的根埠口 (Root Port) (根點橋接器除外)。
- c. 找出每一區域網路的代理埠口 (Designated Port)。

各步驟以下分述之：

(A) 找出根點橋接器 (Root Bridge)

找出根點橋接器是要找出所有橋接器之中識別碼最小者。每一橋接器啟動時，並不知道其它橋接器的識別碼，便將自己設定為根點橋接器，並廣播 BPDU 給其它橋接器。BPDU 訊框包含有：『根點橋接器識別碼』為本身識別碼，『根點路徑費用』(**RPC**) 為 0，『橋接器識別碼』為本身識別碼，『埠口識別碼』為送出訊息之埠口。當然，橋接器也會收到其它橋接器廣播 BPDU，便比較本身的識別碼是否大於訊框內之根點橋接器識別碼，如果大於它 (表示自己優先權較低)，則將自己的 RPC 和訊框內 RPC 相加，再填入訊框內，並往其它埠口傳送；如果識別碼小於訊框的 (表示自己優先權較高)，則將該訊框丟棄，自己再造一個 BPDU 廣播出去 (原先如有傳送過，就不必再傳送)。

如此，經過兩個傳遞延遲時間後，某一橋接器都沒有收到比自己識別碼更小的 BPDU，則表示自己是根點橋接器，並再發送一次 BPDU 給其它橋接器，而 RPC 設定為 0。其它橋接器在競爭當中，最後收到的 BPDU 中，其識別碼為最小，也找出根點橋接器識別碼之位置。

(B) 找出每一橋接器的根埠口 (Root Port)

在尋找根點橋接器時，每一橋接器會收到由各埠口傳送進來的 BPDU (因為有迴路現象)。此時，橋接器比較哪一埠口的 RPC 最小，就設定為『根埠口』，並以該埠口的 RPC 作為本橋接器的 RPC。運作程序以圖 10-17 來說明，首先已確定橋接器 1 為根點橋接器，它將 RB-ID 設定成自己，並將 RPC 設定為 0，再廣播 BPDU 給其它橋接器。橋接器 2 由第一埠口收到最小 RPC 的 BPDU，便設定埠口 1 為『根埠口』，再將 BPDU 上的 RPC 加上根埠口的路徑費用後 ($0 + 20 = 20$) 往其它埠口傳送。依此類推，每一橋接器都會找到根埠口與其根路徑費用。

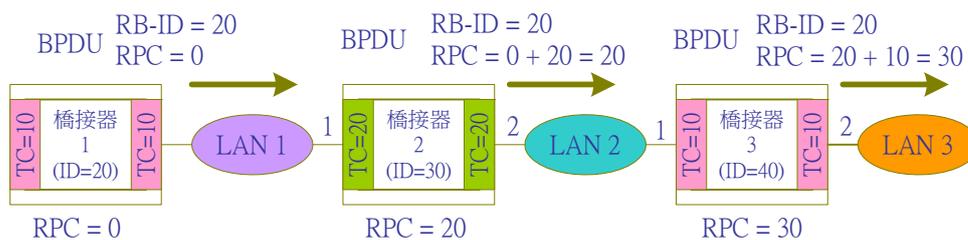


圖 10-17 橋接器之根埠口與根路徑費用

(C) 找出每一區域網路的代理埠口 (Designated Port)

在有迴路的環境之下，每一區域網路都可能會有許多路徑到達根點橋接器，這些路徑也許經由不同的橋接器或埠口。想在若干路徑之中找出最短路徑 (RPC 值最小)，必須在橋接器之間，互相比較誰的 RPC 最小者取得代理權。但因為橋接器之間，皆不知道對方的 RPC 值，必須經過競爭原則來決定優勝者。其方法如下：首先任一橋接器沒收到其它的 RPC 值，便發佈自己為代理埠口，再將 BPDU 發送到網路上。其它橋接器如認為自己的 RPC 較小，可另發佈 BPDU 來表示自己才是代理者。但每一橋接器收到 RPC 的時間不一定相同，因此在比較過程之中，會有隨時變動的可能。

我們用圖 10-18 來說明，如何找出代理埠口的運作程序，依照圖中步驟編號說明如下：

- (1) 橋接器 Z 由埠口 1 收到 $RPC = 40$ 的 BPDUs。
- (2) 計算本身之 $RPC = 50$ ，並設定埠口 1 為根埠口 ($RP = 1$)，並自認埠口 2 為 LAN W 之代理埠口 ($D(W) = 2$)。
- (3) 橋接器 Z 將 $RPC = 50$ 廣播到 LAN W 上。
- (4) 橋接器 X 收到 $RPC = 50$ 之訊息，計算本身之 $RPC = 60$ ，並設定 $RP = 1$ 。橋接器 Y 亦同， $RPC = 55$ 、 $RP = 1$ 。
- (5) 橋接器 X 由埠口 2 收到另一個 $RPC = 20$ 的 BPDUs。
- (6) 計算本身的 $RPC = 35$ ，比原先的 RPC 小，因此更改根埠口為 2 ($RP = 2$)，及設定 $D(W) = 1$ (RPC 的值比橋接器 Z 的小)。
- (7) 橋接器 X 將 $RPC = 35$ 之訊息發送到網路上。
- (8) 橋接器 Y 收到訊息，計算 $RPC = 40$ ， RP 還保留 1。橋接器 Z 也收到訊息，計算 $RPC = 35$ ，發現比埠口 1 進來的小，便更改 RP 為 2，且放棄 $D(W)$ 之代理權。
- (9) 橋接器 Y 由埠口 2 收到 $RPC = 25$ 的 BPDUs。
- (10) 橋接器 Y 計算 $RPC = 27$ ，發現比原先的值小，便更改 RP 為 2，並設定埠口 1 為網路代理埠口。
- (11) 橋接器 Y 將 $RPC = 27$ 之訊息發送到網路上。
- (12) 橋接器 X 收到訊息，發現 RPC 的值比自己的小，便放棄 $D(W)$ ，再計算 $RPC = 37$ ， RP 還是保留 2。同樣的，橋接器 Z 計算 $RPC = 37$ ， RP 保留埠口 2。

經過上述運作程序後，其結果如圖 10-18 (b) 所示。我們發現橋接器 X 的第一埠口皆不屬於根埠口及代理埠口中的任何一種，因此，該埠口就被隔離了。但對於橋接器 Z 上的第一埠口是否被隔離，這必須視下一個網路的連結情況而定。雖然，網路上的迴路問題可以解決，但網路情況隨時改變，所以橋接器必須隨時發送『問候訊框』，查詢網路是否有發生異常障礙。至於網路中某一路徑發生故障時，如何重新建構擴張樹的問題，留給讀者自己去探討，作者不再贅言。

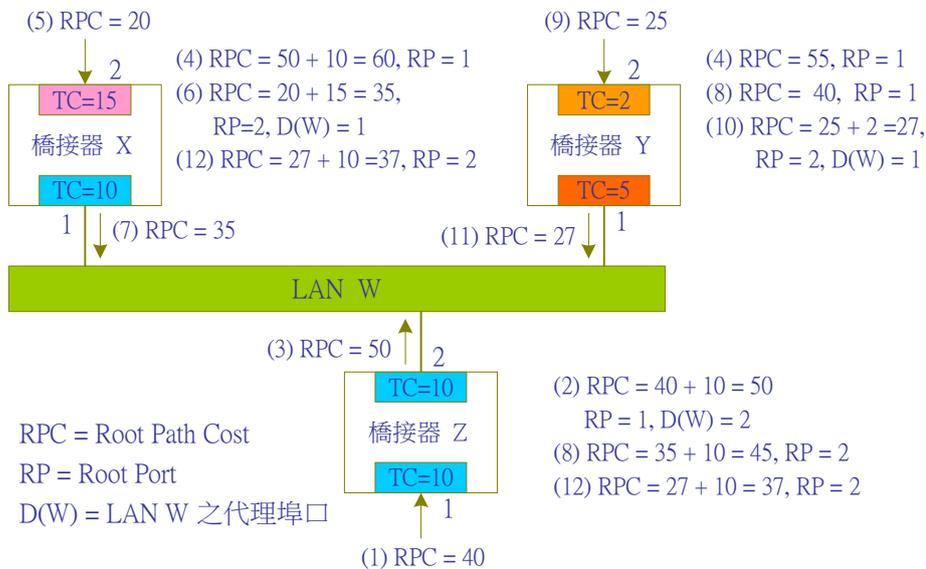


圖 10-18 (a) 找出區域網路代理埠口之範例

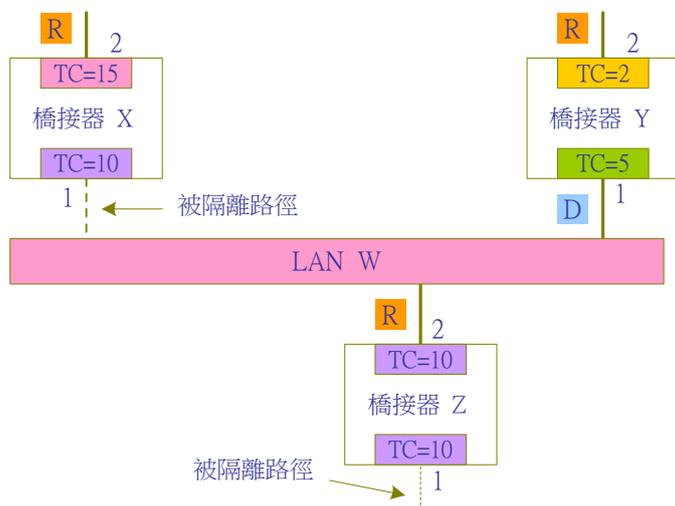


圖 10-18 (b) 擴張樹演算法運作後結果

10-5 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 Bridge) 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。最常見的第二層交換器，就如本書第八章介紹的 Ethernet Switch；也如同一般橋接器一樣，具有學習的功能，每一埠口可經學習後紀錄 1024 個 Ethernet 位址。

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 ÷ 2 × 100)。一般在網路非常忙碌時可能造成傳輸上的延遲，因此交換器在選擇哪一埠處理時有二種方式：

- a. **依次服務 (Round-robin)**: 交換器輪流為每個埠口服務，若該埠沒有運作就會被跳過。
- b. **優先權服務 (Priority)**: 有運作的埠口優先取得服務，比較適合於 10/100 Mbps 混合，且有突增流量的交換器使用。

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 Ethernet 位址，亦即，每一碰撞網域允許連接 1024 個工作站。

我們用圖 10-19 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**』。

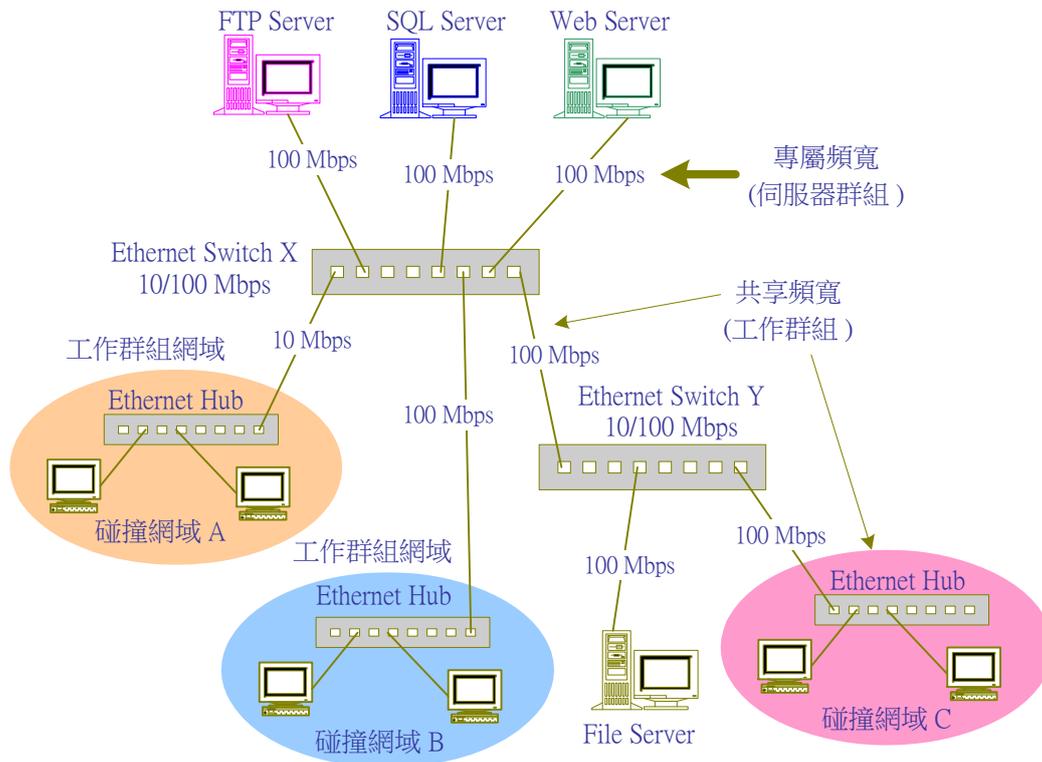


圖 10-19 第二層交換器之分割碰撞網域範例

10-6 路由器

『**路由器**』(**Router**) 是用於連結兩個或兩個以上的網路。被路由器連結的網路之間，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 10-20 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**)。

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 10-20 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。

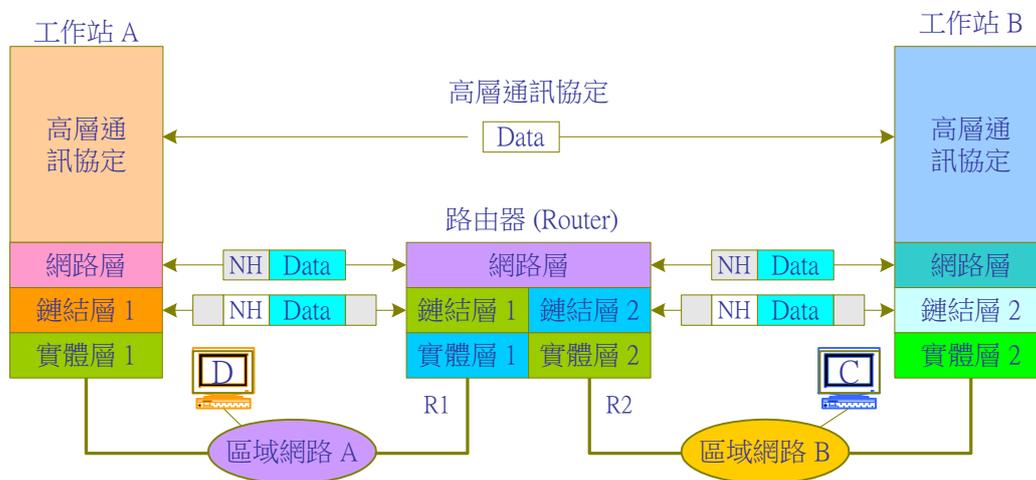


圖 10-20 路由器之通訊協定堆疊

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，橋接器是利用學習的過程來得悉連接埠上所屬的工作站；而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：

- (a) **固定路由表 (Fixed Routing Table)**：路由表都是經過網路分析後，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。但一般區域網路上，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四章)
- (b) **動態路由表 (Dynamic Routing Table)**：是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。(相關技術請參考本書第四章及第十三章)

路由器在區域網路上的主要用途，還是拿來分割網路，以建立各單位所屬的子網路較為普遍（也包含分散 Traffic 的功能）。我們用圖 10-21 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），這麼做可能會延遲轉送時間，但路由表會隨著網路變動而更新。（一般都只採用固定路由表）

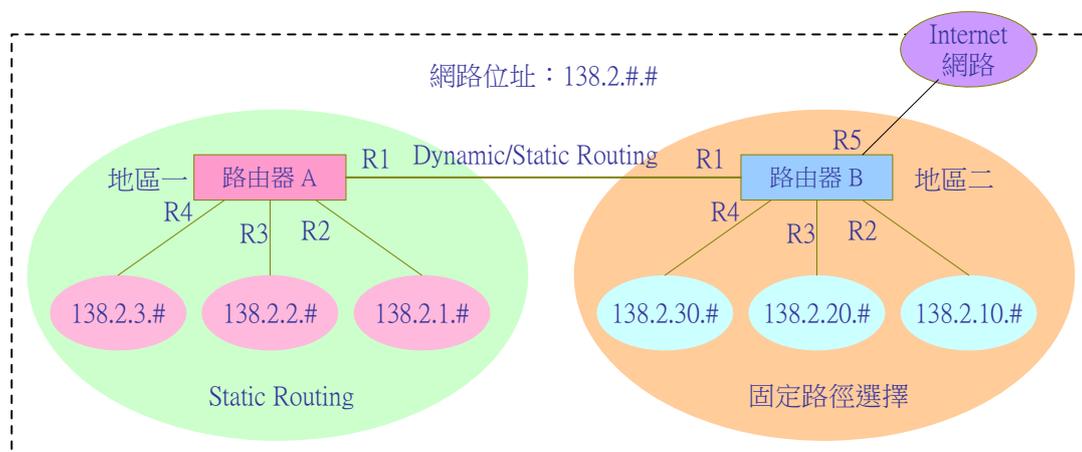


圖 10-21 區域網路之路由器分割網路範例

10-7 第三層交換器

我們可以發現路由器在區域網路上應用，以分割子網路為主要用途。由於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，而且又同一區域網路也大多屬於同一種網路型態（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

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，除了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 10-20 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，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，大多採用固定路由方式。因此，欲連結到外部網路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 10-22 所示。

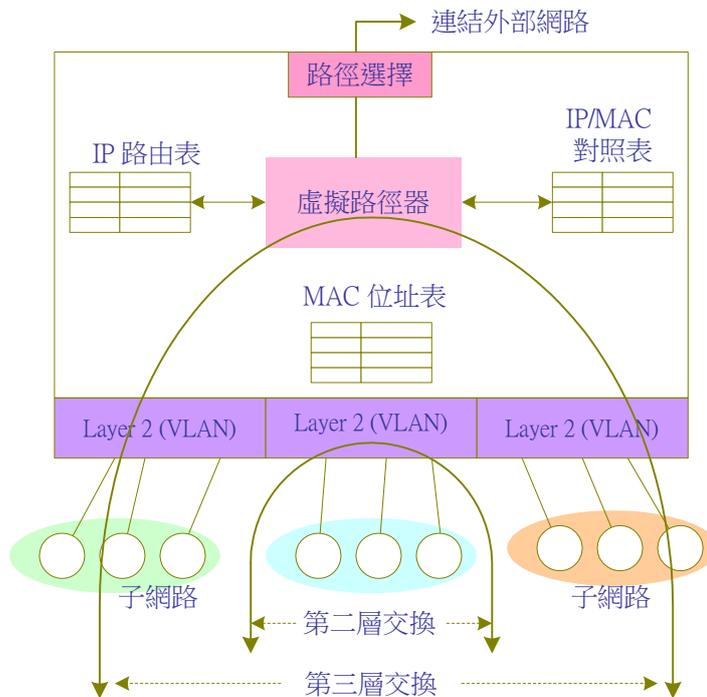


圖 10-22 第三層交換器結構圖

10-8 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 10-23 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：

- (1) **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。
- (2) **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。
- (3) **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。

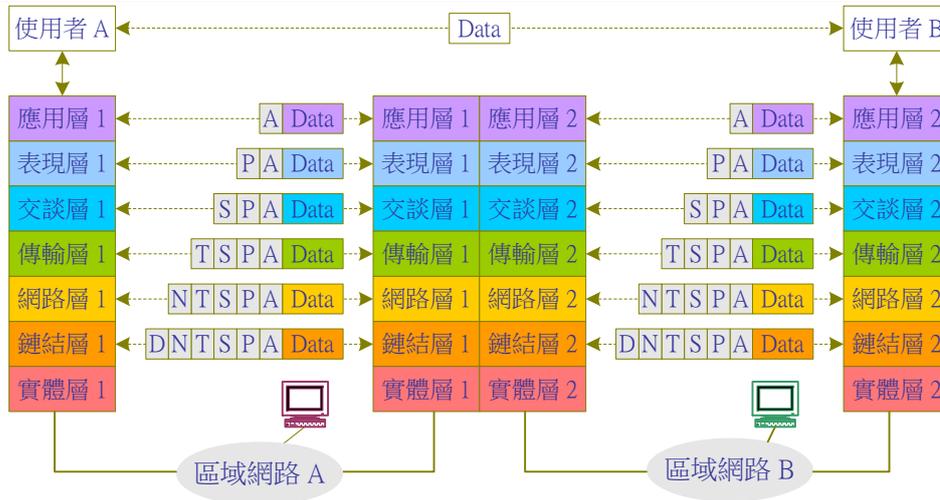


圖 10-23 網路閘門之通訊協定堆疊

10-9 傳輸骨幹交換器

為了提高區域網路的傳輸速度，可採用各種高速網路來架設，譬如，ATM 網路、FDDI 網路或超高速 Ethernet 網路；同時為了合乎不同環境的需求，亦可選擇不同類型的傳輸媒介，如 100BaseTx、100BaseFx 等等。但這些設備都有可能同時存在於某一區域網路上，如何來整合這些設備，就必須利用『傳輸骨幹交換器』(Backbone Switch) 較為方便。

一般傳輸骨幹交換器上，都會提供不同網路的介面卡以供連接，例如 FDDI、ATM、Gigabit Ethernet，因此，也具有多重協定轉換的功能，如圖 10-24 所示。為合乎各種高速網路的整合，傳輸骨幹交換器的背板處理速度必須非常快速，價格也比較昂貴。

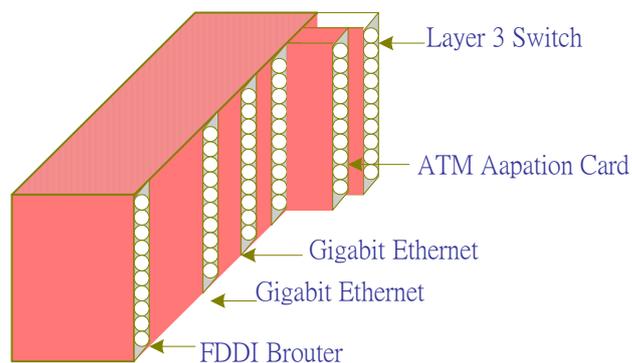


圖 10-24 傳輸骨幹交換器示樣圖

10-10 傳輸骨幹之架設

當區域網路範圍愈大，或連接的工作站愈多時，就必須考慮架設『**骨幹網路**』(**Backbone**) 來整合各地區之子網路 (如圖 10-2 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成為重要的課題，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 10-25 和 10-26 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 10-25 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、1000BaseT 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，而且若某一區段斷線，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。

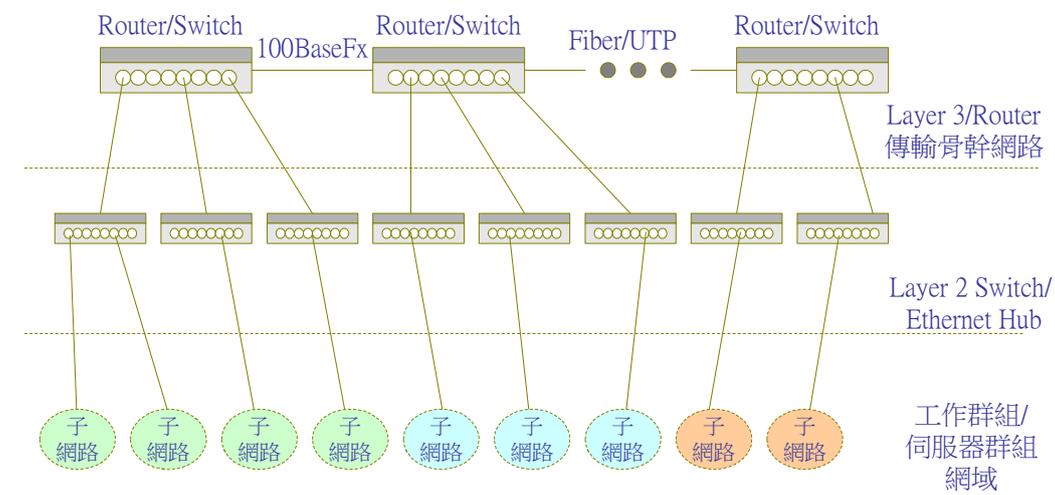


圖 10-25 分散式傳輸骨幹架構圖

圖 10-26 為集中式傳輸骨幹，骨幹網路可以使用 ATM 網路 (第十一章介紹)、FDDI 網路 (第十八章介紹)，或是只有一部傳輸骨幹交換器亦可。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、1000BaseT 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 Router (Bridge/Router) 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 (有關 SONET 請參考第十四章說明) 即可，這樣可以解決地區範圍的問題。當然，價錢較為昂貴是最重要的缺點。

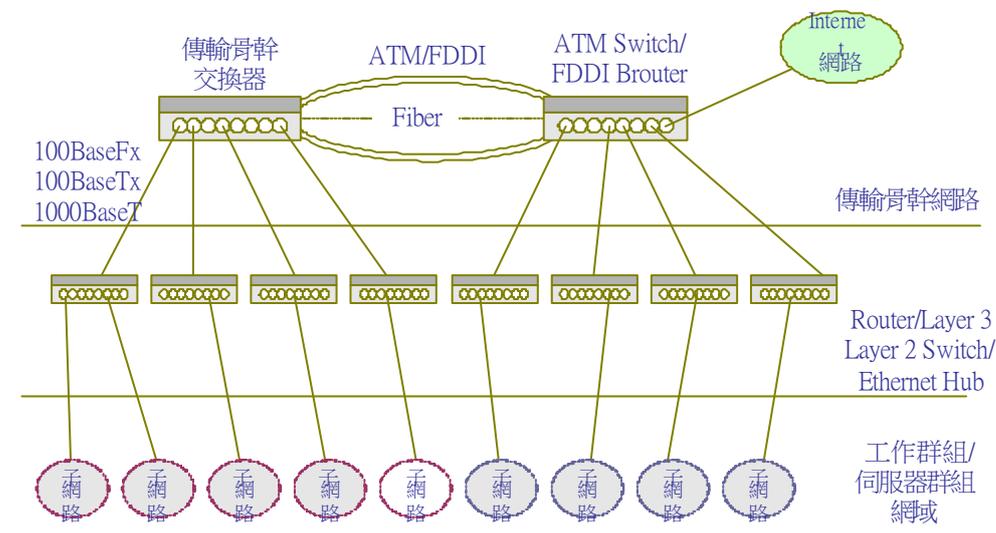


圖 10-26 集中式傳輸骨幹架構圖

10-11 區域網路的佈線規則

當網路傳輸速度愈來愈快速時，對於網路佈線的規範，就要必須特別慎重，否則將無法達到預期的效果。尤其在 Ethernet 網路上，佈線不良也許不會使網路即時癱瘓，但是會時常出現『碰撞』現象，誤認為傳輸量 (Traffic) 過高，使整個網路傳輸效率降低。製造廠商在生產各種網路 (如 Fast Ethernet、Gigabit Ethernet、FDDI) 的各種設備時 (如交換器、路由器、集線器)，一定按照標準規範設計。因此，如果沒有依照標準規範來佈放網路，將會失去原來設計網路的意義。因此，佈線規格是系統管理必須特別注意的事項之一，本節就針對一般佈線規則做介紹，有意從事網路管理者必須詳讀。

10-11-1 EIA/TIA 568 佈線規範

網路佈線準則有許多種，包括 AT&T、IBM、Northren Telecom 和 Hewlett-Packard 等公司都有自己的佈線規格，稱之為『場地佈線系統』 (Premises Distributed System, PDS)。自 1991 年電子工業協會 (Electric Industry Association, EIA) 和電信工業協會 (Telecommunication

Industry Association, TIA) 聯合推出一系列有關佈線的標準，漸漸地，各家廠商也都採用其所公佈的 EIA/TIA 568A 標準。

圖 5-27 為 EIA/TIA 568A 標準所制定的佈線規範圖，其中包含主機機房 (Equipment Room, ER)、通信室 (Telecommunication Closet, TC)、主配線架 (Main Cross-connect, MC)、中繼配線架 (Intermediate Cross-connect, IC)、水平配線架 (Horizontal Cross-connect, HC) 和一般工作站連接地區 (Work Area)。佈線規範分為骨幹佈線 (Backbone Distribution, BD) 和水平佈線 (Horizontal Distribution, HD) 兩大類。以下分別介紹其規範。

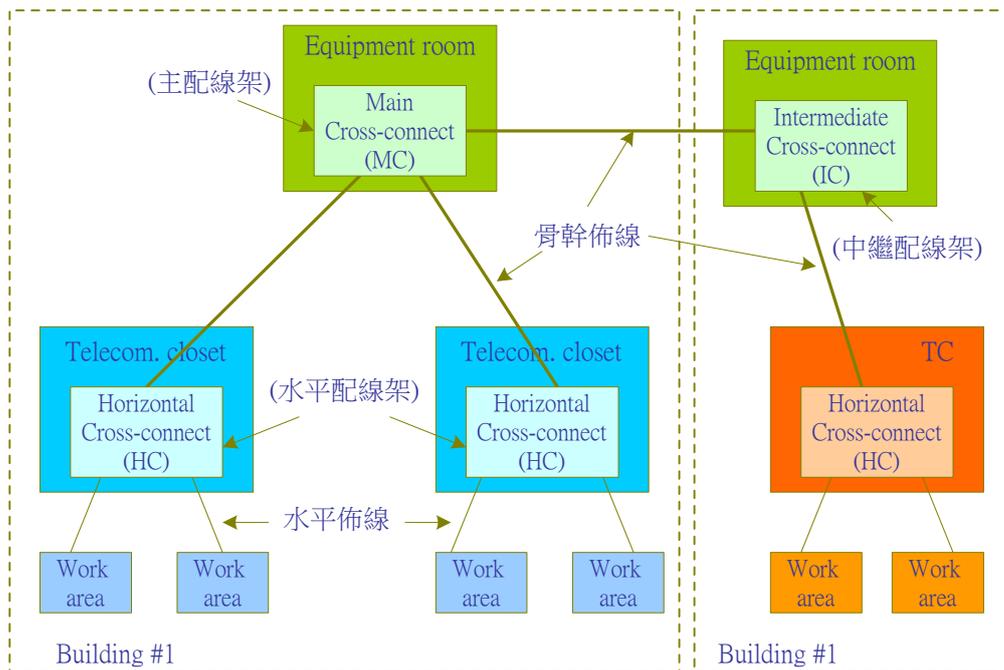


圖 10-27 EIA/TIA 568A 佈線規範圖

(A) 纜線規格

EIA/TIA 568A 規範中，纜線規格有下列：

- (1) 100 歐姆組抗之無遮蔽式雙絞線 (UTP)。
- (2) 150 歐姆組抗之遮蔽式雙絞線 (STP)。
- (3) 62.5/125 μm 多模光纖纜線 (Multi-Mode Optical Fiber)。
- (4) 單模光纖纜線 (Single-Mode Optical Fiber)。

62.5/125 μm 多模光纖表示光纖的內部直徑為 62.5 微米，而連外層保護的直徑為 125 微米。STP 纜線在新的 EIA/TIA 568B 規範中已甚少使用。在標準中，UTP 纜線是以 Category 來分類，其分類如下：

- (1) **Category 1**：一般是用 22 或 24 AWG 的實心線，而阻抗只需在一定範圍以內即可，沒有嚴格限制，一般使用在電話連接使用。
- (2) **Category 2**：如同 Category 1 一樣，也是 22 和 24 AWG 實心線，阻抗也沒有嚴格限制，線路頻寬可達 1MHz。一般使用在 ISDN 和 T1/E1 連線上。
- (3) **Category 3**：使用 22 或 24 AWG 實心線及 100 歐姆組抗，頻寬可達 16 MHz。
- (4) **Category 4**：與 Category 3 相同，頻寬可達 20 MHz。
- (5) **Category 5**：也是使用 22 或 24 AWG 實心線及 100 歐姆組抗，頻寬可達 100 MHz。
- (6) **Category 5e**：Category 5 的加強型 (enhanced)，規格和 Category 5 相同，但對近端串音 (NEXT) 的抗拒能力較強。
- (7) **Category 6**：頻寬可達 250 MHz (未列入規範標準中)。
- (8) **Category 7**：頻寬可達 600 MHz (未列入規範標準中)。

(B) 骨幹佈放 (Backbone Distribution)

骨幹佈線方式使用階層式的星狀拓樸圖，主要連接水平配線架(HC)和主配線架(MC)、主配線架(MC)和中繼配線架(IC)，或中繼配線架(IC)和水平配線架(HC)之間的連線，如圖 10-27 所示。HC 和 HC 之間如使用骨幹連線，不可以超過兩條連線。骨幹佈線可採用雙絞線或光纖，佈線最大距離如表 10-2 所示(建築物內或建築物之間皆同)。在雙絞線方面，可採用 Cat-3、Cat-5 UTP 或 STP，但在較高的傳輸速率之下，限制 100 公尺以內。在許多網路上，單模光纖可達 60 公里，但這並不在標準規範裡面。

表 10-2 骨幹佈線最大距離

媒介型態	HC 至 MC	HC 至 IC	MC 至 IC

UTP	800/100 公尺	500/100 公尺	300/100 公尺
62.5/125 多模光纖	2000 公尺	500 公尺	1500 公尺
單模光纖	3000 公尺	500 公尺	2500 公尺

(C) 水平佈線 (Horizontal Distribution)

水平佈線以骨幹佈線方式佈放到電信室 (Telecommunication Closet, TC) 後，由 TC 佈放到終端電腦上之間採用 UTP 的連線，如圖 10-28 所示。整個佈線的 UTP 長度為 100 公尺，其中水平佈線最長 90 公尺，而配線板之間最長為 5 公尺，總計配線板的長度 (A + B + C) 為 10 公尺。

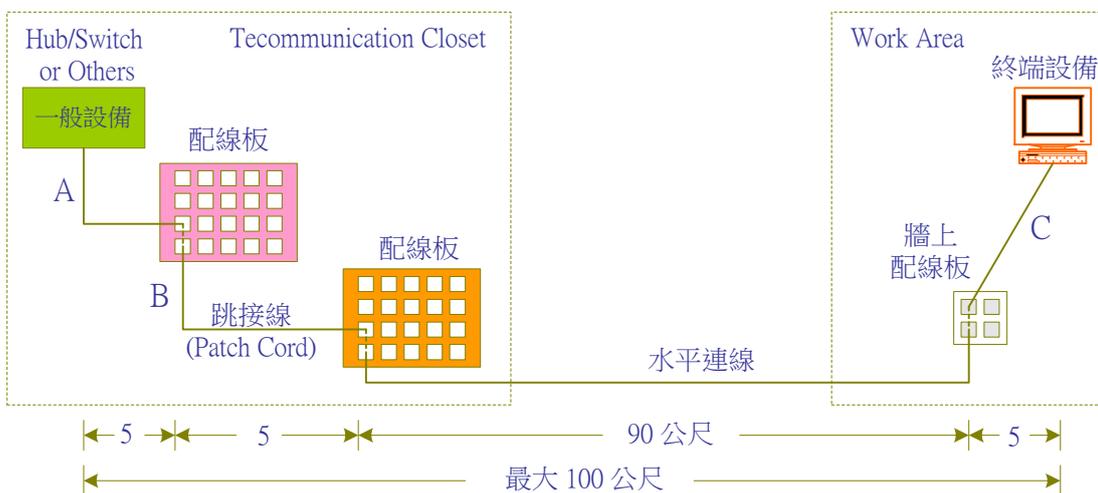


圖 10-28 EIA/TIA 568A 水平佈線標準 (UTP)

水平佈線也可採用光纖纜線，表示光纖佈線由主配線架 (MC) 到工作地區 (Work Area)，佈線規範如圖 10-29 所示。其中，(a) 光纖纜線在電信室直接通過，沒有經過接續 (Splice)，最長為 90 公尺；而 (b) 佈線方式是在電信室有經過光纖接續 (Splice)，最長可達 300 公尺。



圖 10-29 光纖之水平佈線規範

(D) EIA/TIA 568B RJ 45 接頭

原來 EIA/TIA 568A 接頭標準已極少使用，目前大都是使用新的 568B 標準 (RJ 45)。一般接續端子皆有 DCE (Data Circuit Equipment) 和 DTE (Data Terminate Equipment) 兩個標準，DTE 是終端設備接續端子 (工作站)，而 DCE 是通訊設備接續端子 (Hub、Switch、或其他設備)，接續端子之規範，如圖 10-30 所示。

EIA/TIA 568B DTE		EIA/TIA 568B DCE	
接腳	訊號	訊號	接腳
1	T2 白/橘	R2 白/橘	1
2	R2 橘/白	T2 橘/白	2
3	T3 白/綠	R3 白/綠	3
4	R1 藍/白	T1 藍/白	4
5	T1 白/藍	R1 白/藍	5
6	R3 綠/白	T3 綠/白	6
7	T4 白/棕	R4 白/棕	7
8	R4 棕/白	T4 棕/白	8

工作站接頭
集線器接頭

圖 10-30 EIA/TIA 568B 接續端子規範

10-11-2 Ethernet 網路佈線規範

目前 Ethernet 網路大多是以集線器 (Hub) 或交換器 (Switch) 為網路佈線骨幹，針對各種網路型態之佈線規範歸類如下：

(A) 10BaseT Hub 佈線規則

使用 10BaseT 集線器所構成之網路，基本上，還是在同一個『碰撞網域』以內，也依照 CSMA/CD 協定互相通訊。10BaseT 的佈線黃金規則是『5 - 4 - 3 - 2 - 1』，整個網路最大範圍 500 公尺，如採光纖纜線 (10BaseFx) 為中繼連線，最遠可達 2500 公尺。其架構圖如 10-31 所示，規則如下：

- (1) 總共只能串接『五』段傳輸線。
- (2) 所以最多只能串接『四』台集線器。

- (3) 在五段傳輸線段當中，只允許其中『三』段連接工作站。
- (4) 在五段傳輸線段當中，其中『二』段只能作中繼連線 (Inter Repeater Link, IRL)，不可以連接工作站。
- (5) 所形成之『一』個網路中，最多可連接 1024 個工作站。

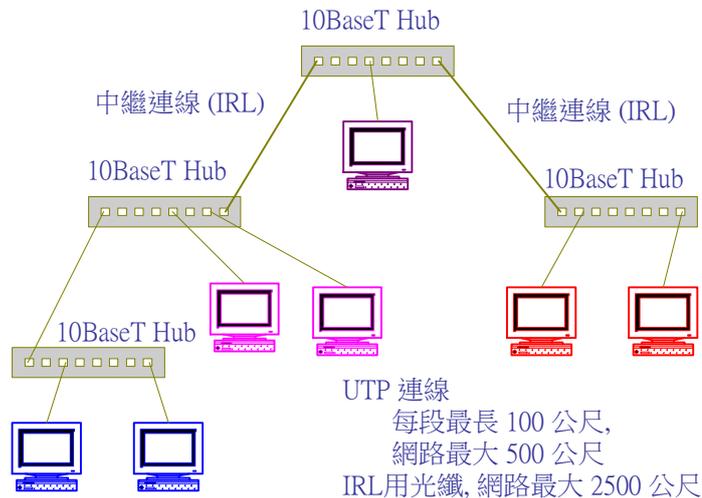


圖 10-31 10BaseT Hub 佈線規範

(B) 10BaseT Switch 佈線規則

- (1) 交換器與工作站之間 100 公尺沒有嚴格限制如何分配。
- (2) 每一埠都是獨立的碰撞網域，因此各個埠之間的距離限制是獨立的 (因為距離限制是為了碰撞偵測)。
- (3) 如果 10BaseT Switch 連接 10BaseT Hub 每一個埠連接之網路一樣可達 500 公尺。

(C) 100BaseT Hub 佈線規則

- (1) 100BaseT Hub 所能接受的碰撞網域只有 205 公尺。
- (2) 最多只能串接兩個 100BaseT Hub，而且 Hub 與 Hub 之間連線只能 5 公尺 (堆疊使用)。
- (3) 如要堆疊 Hub 只能用 Class II Hub 串接，亦即，如使用 Class I Hub 只能使用一個 Hub。

(D) 100BaseT Switch 佈線規則

- (1) Switch 與工作站之間 100 公尺。
- (2) Switch 每個埠都是獨立碰撞網域，因此各個埠之間連線距離並沒有關聯。

- (3) 100BaseT Switch 串接 100BaseT Hub 構成網路範圍亦是 205 公尺。
- (4) 100BaseT Switch 串接 10BaseT Hub 範圍 500 公尺。(100BaseT Switch 有自動調速功能)。
- (5) 因此利用 Switch 來佈放網路以擴充網路範圍是一種良好選擇。

(E) 100BaseFx 架線規則

100BaseFx 是使用多模光纖，依據 IEEE 802.3z 標準，連接設備不同連線距離也不相同：

- (1) **100BaseT Hub 連接 100BaseT Hub**：100BaseFx 最長距離 160 公尺。
- (2) **100BaseT Switch 連接 100BaseT Hub**：最長 210 公尺。
- (3) **100BaseT Switch 連接 100BaseT Switch**：最長 412 公尺。
- (4) **100BaseT Switch 之間全雙工連接**：最長 2000 公尺。

另外，在高速 Ethernet 網路上佈線，應注意下列事項：

- (1) 從 Hub 到工作站之間傳輸連線最長 100 公尺。
- (2) 儘量讓 100BaseT Hub 堆疊並接起來，不要使用串接方式。
- (3) 100BaseT Hub 和 100BaseT Switch 之間的 UTP 雙絞線最長距離為 100 公尺。
- (4) 100BaseT Switch 和 100BaseT Switch 之間的 UTP 雙絞線最長距離為 160 公尺。
- (5) 100BaseT Switch 之間以全雙工，而且用 100BaseFx 連線最長距離 2000 公尺。

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. 何謂訊號增器器？其連結網路有何功能？
6. 何謂集線器 (Hub) ? 並請說明 Class I 和 Class II 集線器之間有何不同？
7. 何謂可堆疊式集線器？功能為何？
8. 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？
9. 請說明利用橋接器所構成之橋接網路增加了哪些功能？
10. 何謂橋接器之『過濾功能』(Filtering) 和『前送功能』(Forwarding) ?
11. 請比較說明利用橋接器和訊號增益器連結網路有何異同？
12. 下圖中 (圖 10-32) 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。