

## 第九章 Gigabit Ethernet 網路

解說 Gigabit、10 Gigabit 的工作原理、通訊結構、以及網路應用架構。

### 9-1 Gigabit Ethernet 網路簡介

一般將為 Gigabit Ethernet 或 1000BaseX ( LX、SX、CX ) 及 1000BaseT 稱為『超高速 Ethernet』網路，它的標準規範是 IEEE 802.3z 和 IEEE 802.3ab。首先將 Gigabit Ethernet 網路的主要特性歸類如下：

- (1) 傳輸速率為 1000 Mbps。
- (2) 訊框為 IEEE 802.3 CSMA/CD 訊框。
- (3) 傳輸媒介為第五級無遮蔽式雙絞線 ( Unshielded Twist Pair, Cat-5 UTP ) 或遮蔽式雙絞線 ( Shielded Twist Pair, STP )、或光纖纜線。
- (4) 網路架構以集線器或交換器為佈線主要骨幹，網路最大範圍為 205 公尺。
- (5) 通訊協定為 CSMA/CD，不提供優先權傳送服務。採用載波延伸 ( Carrier Extension ) 技術和訊框爆發 ( Frame Bursting ) 技術支援 CSMA/CD，以提昇網路傳輸效率。
- (6) 不提供保證傳送延遲服務。
- (7) 頻寬使用不保證公平。
- (8) 高負載時頻寬使用率低。
- (9) 適合多媒體傳送。在頻寬使用容許範圍內，1000 Mbps 的傳輸速率足以應付即時性的多媒體傳送，如語音或視訊等等。
- (10) 網路容錯性高。網路主要架構以集線器連線為主，任何工作站和集線器之間連線發生故障，不會影響到其他工作站的運作情形。

### 9-2 Gigabit Ethernet 基本原理

我們回顧一下由 Ethernet 網路演變到 Fast Ethernet 所使用到的技術。為了提高 10 倍的連輸速率 ( 由 10 Mbps 到 100 Mbps )，不但縮短了網路距離 ( 由 500 公尺到 205 公尺 )，也改變了編碼技巧 ( 由曼徹斯特編碼到 8B/6T 編碼 ) 和訊號傳輸方式 ( 由二電位之數位編碼到多電位水準編碼 )，甚至提高了傳輸媒介的品質 ( 由 Cat-3 UTP 到 Cat-5 UTP )，好不容易才將速率提高 10 倍。

在這所有過程之中，最主要的目的是要 Fast Ethernet 能和原來的 Ethernet 網路規格相符。其間所遇到最困難的瓶頸是要符合 CSMA/CD 通訊協定裡所規定的最小訊框( 512 位元 )，這是為了要配合 CSMA/CD 協定運作中的碰撞偵測功能。

如果我們現在要將網路傳輸速率由 100 Mbps 提高到 1000 Mbps 的傳輸速率，依然使用延伸 Fast Ethernet 技術的做法幾乎是不可行的，比較可行的方法之一就是打破 Ethernet 的最小訊框限制。因此，Gigabit Ethernet 將最小訊框由原來的 512 位元 ( 64 位元組 ) 提高到 4096 位元 ( 512 位元組 )，增加 8 倍，延長訊框停留在傳輸媒介上的時間，以符合碰撞偵測的功能，當然也因為要與原來的 Ethernet 網路相容，需要一些補救的措施，以下幾節介紹一些相關的技術。

我們可以發現 Gigabit 網路可能主要做為網路骨幹傳輸之用，在這方面的應用還是以交換器的架構較為理想，因此，802.3z 標準中規劃兩種網路架構：(1) Gigabit Ethernet Switch 提供具有流量控制的『全雙工點對點鏈路』( Full-duplex point-to-point links )，其是利用連接埠之間的訊框轉送機制，因此不受限於 CSMA/CD 通訊協定，並且不會發生碰撞，所以在製作上反而較容易。(2) Gigabit Ethernet Hub 網路提供具『半雙工共享碰撞網域』( Half-duplex shared collision domain )的特性，且受限於 CSMA/CD 通訊協定，還得考慮碰撞機率的問題。

### 9-3 Gigabit Ethernet 協定堆疊

圖 9-1 為 Gigabit Ethernet 協定堆疊，其中 MAC 層次以下有四種型態：( 1 Mbps, 10 Mbps )、10 Mbps、100 Mbps、1000 Mbps 彼此之間並無關連。其中包含的主要內容如下：

- **聚合次層 ( Convergence Sublayer, CS )**。功能是 MAC 層和實體層編碼次層之間訊號的轉換。
- **媒體相關介面 ( Medium Dependent Interface, MDI )**。隨各種傳輸媒體的接續訊號而不同。
- **媒介無關介面 ( Medial Independent Interface, MII )**。主要配合 Fast Ethernet 傳輸介面訊號。
- **Gigabit 媒介無關介面 ( Gigabit Medial Independent Interface, GMII )**。Gigabit 網路傳輸介面訊號的轉換。
- **媒體銜接單元 ( Medium Attachment Unit, MAU )**。配合傳統 Ethernet 網路介面。
- **實體層訊號 ( Physical Layer Signaling, PLS )**。配合傳統 Ethernet 網路介面。

- **實體編碼次層 ( Physical Coding Sublayer, PCS )**。依照不同編碼技術 ( 4B/5B, 8B/6T, 8B/10B ) 架設。
- **實體媒體銜接 ( Physical Medium Attachment, PMA )**。依照不同傳輸媒介的界面銜接接續端子不同。
- **實體層元件 ( Physical Layer Device, PHY )**。
- **實體媒體相關介面 ( Physical Medium Dependent, PMD )**。針對不同傳輸媒介的介面裝置。

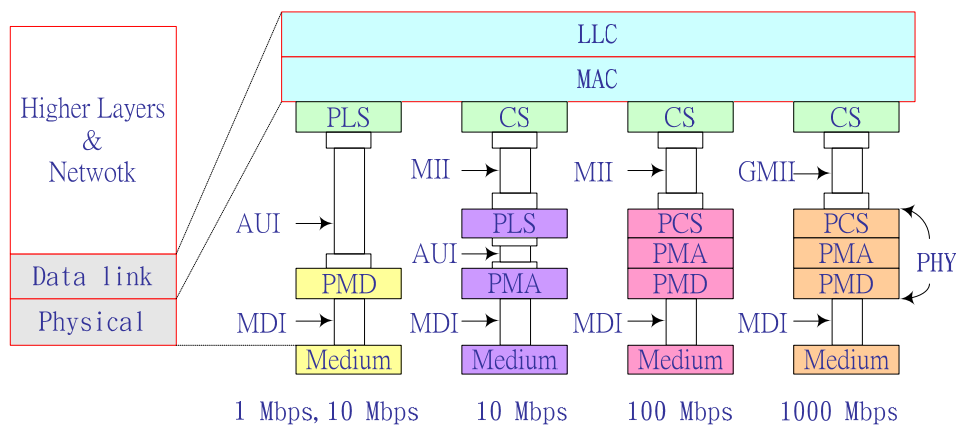


圖 9-1 Gigabit Ethernet 協定堆疊

Gigabit Ethernet 標準同時支援全雙工點對點鏈路 ( 交換器連接埠 ) 和半雙工共享傳輸鏈路 ( 集線器連接埠 )。在實體層上支援 Cat-5 UTP 和 150 歐姆 STP，在光纖方面同時支援單模和多模光纖。

## 9-4 Gigabit Ethernet 訊框傳輸週期

Gigabit Ethernet 網路有一個重要的目標就是必須和現有的 Ethernet 標準 ( 10 Mbps Ethernet, 100 Mbps Ethernet ) 相容，才能建構於同一網路上。也就是說，它們之間所傳送的訊框也必須符合 CSMA/CD 標準格式。因此，Gigabit Ethernet 沒有變更 Ethernet 協定中最短訊框 ( 64 位元組 ) 及最長訊框 ( 1518 位元組 ) 的限制，甚至連發生碰撞的延遲時間計算方式 ( 二元指數後退演算法 ) 也沒有改變。讓我們回顧一下，最小訊框計算方式：

$$\text{最小訊框} = \text{時槽時間 ( 51.2 us )} \times \text{傳輸速率 ( 10 Mbps, 100 Mbps, 1000Mbps )}$$

如果我們將傳輸速率提高到 1000 Mbps，同時還要保留最小訊框長度 ( 64 位元組 )，唯一的方法就是減低時槽時間 ( 小於 51.2 us )。一個時槽時間就是來回傳遞延遲時間 ( round-trip propagation delay )，亦是，訊號在最遠距離兩端來回的時間；如要減低訊號來回時間，只好縮短網路的距離。如依照 Fast Ethernet 的技術而將速率提高到 1000 Mbps，網路距離將由

205 公尺縮短到 25 公尺，如此 Gigabit Ethernet 網路將出不了機房。所以我們的思考範圍不能侷限於縮短網路範圍，更非僅思考提高傳輸媒介的品質 ( 100BaseTx ) 或數量 ( 100BaseT4 ) 便可達成；然而最小訊框的限制最主要目的是為了讓傳送端有足夠的時間來作碰撞偵測。另一種想法是在不改變最小訊框的前提之下，加長訊框停留在傳輸媒體上的時間，也就是說，在最小訊框的後面增加載波延伸 ( Carrier Extension )，以維持碰撞偵測的功能。如此便能保留 205 公尺的網路距離，還能將傳輸速率提高到 1000 Mbps。此時 IEEE 802.3z Gigabit Ethernet 標準將時槽時間由原來的 512 位元( 64 位元組 ) 時間增加 8 倍到 4096 位元( 512 位元組 ) 時間。

### 9-4-1 載波延伸週期

在『載波延伸』( Carrier Extension ) 的技術下，最短訊框的長度仍然為 64 位元組 ( 與 10/100 Mbps Ethernet 相同 )。但每次成功傳送所需的載波感測最短時間增加為 512 位元組時間，依照傳送訊框的長短，有兩種不同的傳輸方式：

- (1) 傳送訊框長度高於 512 位元組時：其工作並沒有變更，傳送端將訊框發送出去後，未感測到碰撞發生，即表示發送正常。
- (2) 傳送訊框長度低於 512 位元組時：表示傳送訊框時間低於一個時槽時間 ( 512 位元組時間 )。傳送端發送完訊框後，在訊框的 FCS 欄位之後增加載波延伸訊號。載波延伸訊號的長度以補滿一個時槽時間為準，如圖 9-2 所示。如果在傳送過程之中發現碰撞，不論是發生在傳送訊框本身或載波延伸部份，則立刻停止發送，並送出一個 32 位元長度的擾亂訊號 ( Jam Signal )。



圖 9-2 含延伸載波之訊框傳輸週期

在接收端部分也必須特別的處理，我們希望如果碰撞發生在載波延伸部分，接收端也會將該訊框丟棄。事實上，接收端很難區分擾亂訊號和一般數據訊號。如果碰撞發生在載波延伸部分，接收端可能已經完整的收到該筆資料，而且經過錯誤檢查並傳送給上一層 LLC。這時候它才收到擾亂訊號，又無法辨識擾亂訊號或一般數據訊號，接收端將不知道傳送端已發

生碰撞而應拋棄該訊框。在這種情況下，傳送端認為碰撞而重送，接收端卻認為接收成功，造成訊框重覆問題。

為了克服碰撞發生在載波延伸部分的問題，接收端必須作稍微的修改。傳送端在發送載波延伸訊號時偵測出發送碰撞，它必定停止發送載波延伸訊號，而改發送擾亂訊號。這樣的話，整個訊框時間將少於一個時槽時間（512 位元組時間），接收端就利用這個因素來判斷該訊框是否有發生碰撞。因此，在接收端部份，當它偵測出前置訊號（Preamble）和訊框起始符號（SFD）便開始計數（設定延伸旗標）。將包含資料訊框和載波延伸訊號累加器來，如果少於一個時槽時間就停止，便判斷傳送端因碰撞而停止發送。相反的，如果累加時間超過一個時槽時間，就判斷訊框傳送正常（其中可能沒有載波延伸訊號）。

### 9-4-2 訊框爆發週期

從另外一個角度來看，雖然我們只要稍微修改 CSMA/CD 通訊協定，就能增加時槽時間而不必變更最小訊框的限制。但如果我們連續傳送最小訊框（或較短訊框）時，會發現整個網路傳輸絕大部分都在傳送載波延伸訊號。雖然我們將傳輸速率提高十倍（100 Mbps → 1000 Mbps），但整個傳輸效率並沒有增加。因為每傳送一筆最小訊框竟然花費 8 倍的訊框時間。我們有一個簡單的構想，就是將一些較短的訊框（也許大於最小訊框）組合成一個較大的訊框再來傳送，這可提高網路的傳輸效率，但如此更改所影響的層面非常大。首先，影響網路傳送即時性的問題，當 MAC 層收到一個訊框後必須即時送給 LLC 層，如要傳送多筆訊框給 LLC 層，則 LLC 層的通訊協定也必須修改；再者，封裝後的訊框如要轉送到較低速率（10/100 Mbps）區段，可能需要重新拆裝組合，所有路由器或橋接器必須重新更改。由以上觀察，重整訊框來提高傳輸效率所發生的困難重重而不可行。

IEEE 802.3z 也期望訊框傳輸中能具有水管式（pipelining）傳輸技術，能在一個時槽時間內傳送若干個較短訊框，同時又能保持 MAC 層的一次『傳送/接收』一筆訊框的功能。因此，提出一種稱為『訊框爆發』（Frame Bursting）的技術。訊框爆發技術也和訊框打包一樣，允許在一個訊爆（burst）週期中傳送多筆訊框，訊框之間則以延轉載波來區分。

但是訊爆的最大長度還是以訊框最大長度（1518 位元組）為基準，而不是以時槽時間（512 位元組）為基準。所以訊爆的概念是採用最長訊框，希望訊框傳送都採用最長訊框來提高網路的傳輸效率。而且最長訊框也是標準 Ethernet 協定所規範，對整個通訊協定來講變更可降到最小。

圖 9-3 為一個訊爆週期的範例。每一個訊爆中的第一筆訊框的傳送時間至少必須等於一個時槽時間 ( 512 Bytes )，如果訊框過短，則以延轉載波加長之。此特性保證碰撞只會影響到訊爆的第一個訊框，因此傳送端和接收端都能保持一次『傳送/接收』一個訊框的特性。訊框爆發技術傳送訊框技術如下：( 傳送端部分 )

(1) **傳送訊框之前**，傳送端首先檢查訊爆計時器是否已啟動。

- 如果未啟動，則表示該訊框為訊爆週期內第一個訊框，則依照 CSMA/CD 通訊協定取得網路傳輸權。取得網路傳輸權後，才將訊爆計時器啟動並傳送訊框，若該訊框低於 512 位元組則以延轉載波補滿 512 位元組。
- 如果訊爆計時器已啟動，表示該訊框在訊爆週期時間內，則立刻進行傳送工作。

(2) **在訊框傳送當中**，傳送端繼續偵測是否發生碰撞，如發生碰撞時，便將訊爆計時器關閉並歸零，並停止傳送 ( 送出擾亂訊號 ) 回到 1。否則緊接著 3。

(3) **傳送完第一個訊框後**，並且繼續擁有線路使用權。此時檢查訊爆計時器是否溢時。

- 如尚未溢時，則發送 96 位元長度的延轉載波 ( 訊爆中訊框區隔 )，然後進入。
- 如計時器已溢時，則清除及關閉計時器，停止傳送回到 。

(4) **此時表示已送完 96 位元訊框間隔的延轉載波**，如還有訊框要傳送就繼續傳送；否則就清除及關閉計時器，等待下一個傳送。

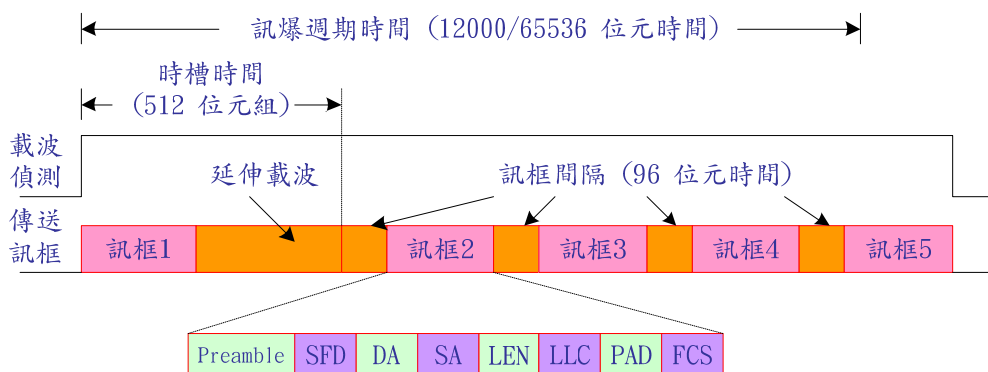


圖 9-3 訊爆週期範例

由上述可以看出一個訊框要傳送之前，必須先偵測是否在訊爆週期內，但傳送之後，該訊框結束時，可能已超出訊爆週期時間，而且這種情況是被允許的。早期在 IEEE 802.3z 的草案中，將一個訊爆週期最大長度設為 12000 位元時間。此值剛好比因公平考量而制定的最

大訊框長度 1518 位元組 ( 12144 位元 ) 稍小。因此，對於一個訊爆週期中所包含的訊框來說，無論其長度如何組合，工作站每次傳送訊爆的長度至少可以等於一個最大訊框長度，最多也不會超過兩個最大訊框。不過，進一步的研究卻發現增加訊框上限能明顯改善效能。因此 IEEE 802.3z 在 1997 年將訊爆週期上限提升到 65536 位元時間。

將訊框爆發技術加到 CSMA/CD 通訊協定時，接收端也必須作部份修改：

- (1) 當接收端依照 CSMA/CD 通訊協定的程序接收到第一筆訊框時 ( 還未知是否是訊爆訊框 )，也就是說，它偵測到前置訊號 ( Preamble ) 和訊框起始符號後，便啟動延伸旗標 ( Extending Flag ) 並接收訊號直到載波結束。在這段期間內計數訊框長度加延伸載波長度是否大於或等於一個時槽時間 ( 512 位元組 )。如果是，則清除延伸旗標再進入(2).；否則，直接進入(2)。
- (2) 此時接收端已收到一個訊框，再觀察延伸旗標是否被清除。如未清除，表示傳送端在發送訊框時發生碰撞而停止，此時接收端將該訊框丟棄，並清除延伸旗標回到載波偵測，預備再重新接收訊框；否則，表示傳送端在發送訊框時沒有發生碰撞，並且將該訊框傳送給上一層，直接進入(3)。
- (3) 接收端繼續偵測載波，其情況有三種：(1) 載波停止傳送，表示傳送端不再傳送訊框 ( 不是訊爆傳送 )，則回到預備接收訊號狀態。(2) 偵測到訊框間隔( 96 位元 )之後，也沒有載波繼續傳送，表示傳送端欲結束該訊爆，不再傳送訊框，則回到預備接收訊號狀態。(3) 訊框間隔之後，偵測到另一個訊框 ( 由前置訊號和訊框起始符號 )，便依照正常接收訊框程序接收訊號，如發生碰撞則停止，否則回到(2).繼續下一個訊框接收。

## 9-5 Gigabit Ethernet 通訊結構

圖 9-4 為 Gigabit Ethernet 網路通訊架構圖。其中主要分為兩大類：IEEE 802.3z ( 1000Base-X ) 和 802.3ab ( 1000BaseT )。1000BaseT 為 1999 年 IEEE 所制定的標準。以下分別敘述其特性。

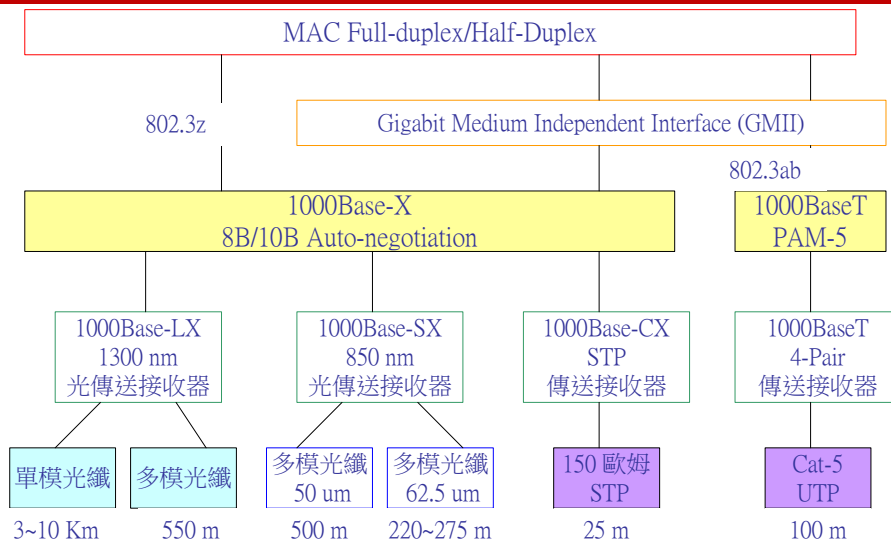


圖 9-4 Gigabit Ethernet 通訊架構

### 9-5-1 8B/10B 編碼

1000Base-X (IEEE 802.3z) 實體層採用 ANSI X3T11 Fiber Channel 的傳輸規格，如圖 9-5 所示。802.3z 捨棄 100BaseX (802.3x) 所採用 4B/5B 之編碼技巧，因為 4B/5B 編碼技巧在高速傳輸上，不容易保持直流平衡；並採用 8B/10B 編碼，8B/10B 編碼法保證傳送之位元有足夠的訊號轉換頻率，以便接收端能從中『復原時序』(Clock Recovery)，來保持直流平衡。8B/10B 編碼亦增加可偵測出一個或多個位元傳送錯誤的能力。並且，編碼中有『特殊群碼』(Special Code-Group) 以區分『資料群碼』(Data Code-Group)，這些特殊群碼可作為控制使用而不會和資料群碼混淆。8B/10B 編碼法可歸類下列優點：

- **提高傳輸效率的編碼限制。** 例如，限制傳輸資料中 1 和 0 的數量的比例值，以減少傳輸錯誤發生的比率。
- **位元水準時序復原 (Bit-level Recovery)。** 控制資料串列中 1 和 0 的比重，使不致產生直流迷失 (DC Wander) 現象，使位元時序容易復原。
- **增加接收端偵測位元發生錯誤能力的編碼技巧。**
- **區分資料和控制位元的編碼技巧，** 處理控制時序較為容易，不易發生混淆。



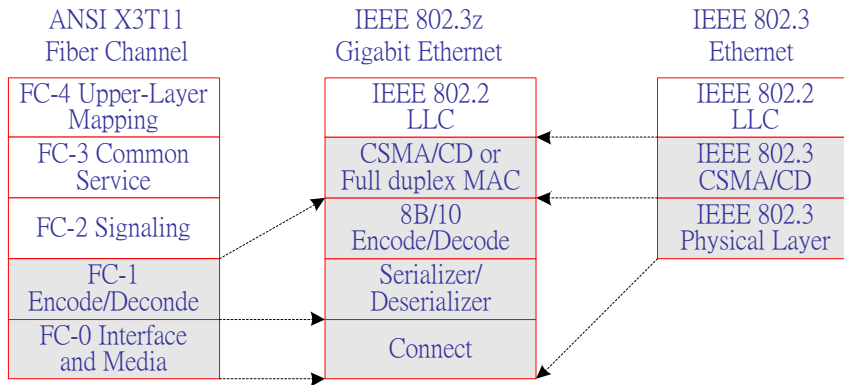


圖 9-5 1000BaseX 實體層規格

簡單的說，8B/10B 編碼法就是 8 位元的資料 ( 28 ) 用 10 位元的符號表示 ( 210 )。亦即，在 1024 個符號組合中找出 256 種較適合的資料，和一些控制符號表示，如表 9-5 及 9-6 所示 ( 在本章最後 )。假設要編碼的資料為：A, B, C, D, E, F, G, H 之位元序列，為方便起見，我們用 Dx.y 來代表『資料群碼』( Data Code-group )，以 Kx.y 表示『特殊群碼』( Special Code-group )，其中 x 是 EDCBA 的十進位值；而 y 為 HGF 的十進位值。表 9-5 和 9-6 為正確的編碼，如果接收端所收到的位元字串不在這兩個表內，表示位元已發生錯誤。表中第一個欄位為『群組名稱』( Code-group Name )，第二個欄位是位元組值 ( 00 ~ FF )，第三個欄位為 8 個位元值。第四 ( RD+ ) 和第五欄位 ( RD- ) 為編碼後的 10 位元值，但到底是編碼 RD+ 或 RD- 必須視前一資料編碼的結果來決定。前一資料編碼也就是目前傳送中的資料，依據目前傳送中數據的『執行中偏差值』( Running Disparity, RD )。RD 值如果為正，則本次編碼採用 RD+ 欄位的值；如果 RD 值為負，則本次編碼採用 RD- 欄位的內容。以 D0.0 ( 00 ) 為例，如果目前傳送的數據的 RD 值為負 ( RD- ) 則傳送 1001110100；否則 ( RD+ ) 傳送 0110001000。

一個群碼的『執行中偏差值』( Running Disparity, RD ) 應如何計算？我們將 10 位元的編碼數據區分為二個『子區塊』( Sub-block )。前 6 個位元( abcdei )為前區塊( Front Sub-block, FSB )；而後 4 個位元 ( fghi ) 為後區塊 ( Rear Sub-Block, RSB )。FSB ( 6 位元 ) 的 RD 值和目前傳送中的數據( RD 值 ) 有關聯；而 RSB( 4 位元 ) 的 RD 值和本數據的 FSB 的 RD 值相關聯。首先，子區塊的 RD 值計算如下：

- **子區塊的 RD 值為正**：如果該區塊包含 1 的數量多於 0 的數量時，則該區塊的 RD 值為正。有一個例外，如果是在一個值為 000111 的 FSB 區塊後，則該 RD 值仍然為正。相同的，在一個值為 0011 的 RSB 區塊後，則 RD 值 仍然為正。

- **子區塊的 RD 值為負**：如果該區塊的 1 的數量少於 0 的數量時，則該區塊的 RD 值為負。另一個例外，如果是在一個值為 111000 的 FSB 區塊後，則該 RD 值仍然為負；另一個值為 1100 的 RSB 子區塊，RD 值仍然為負。
- **子區塊的 RD 值和上個數據 RD 值相同**：如果子區塊包含 1 的數量等於 0 的數量，則該區塊的 RD 值保持不變。

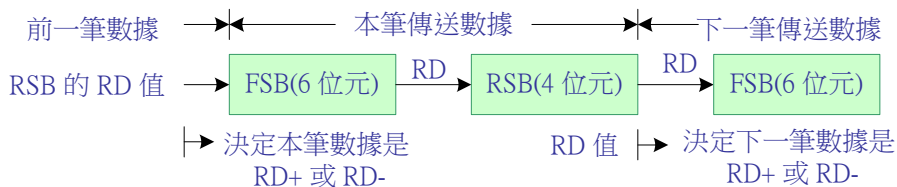


圖 9-6 執行中偏差值 (RD) 計算關係

我們用圖 9-6 來說明 RD 值的計算情形，本次欲傳送之 RD+ 或 RD- 由上一筆 (目前傳送中) 的 RSB 的 RD 是正或負來決定；而本筆數據之 FSB (6 位元) 的 1 數量多於 0 的數量，則 RD 值為正；否則為負。如果 1 的數量等於 0 的數量，則 RD 值不變，亦是等於上一筆 RSB (4 位元) 的 RD 值。本筆數據的 RSB 計算方式也是相同，如果 1 的數量等於 0 的數量，則它的 RD 值等於 FSB 的值。這個偏差值隨著傳送中的數據變化，因此稱之為『執行中偏差值』(Running Disparity, RD)。如果接收端所收到的數據沒有依照這個規則變化，或所收到的數據並不在表 9-5 內，則判斷資料在傳輸中已發生錯誤。

另一個重點，如果 1 的數量等於 0 的數量的子區塊都屬於沒有偏差，但為了限制子區塊間 1 的數量和 0 的數量的偏差值，8B/10B 編碼法中規定，000111 與 0011 只能在該子區塊之前的偏差值為正時才能發生。相同的，111000 和 1100 只能在該區塊之前的偏差值為負時才能產生。

我們用傳送資料為 00 → 01 → 02 → 03 → 05 → 06 → 07 為例子來觀察 8B/10B 的編碼情形，其結果如表 9-1 所示。其中 D0.0、D1.0、D2.0、D3.0 和 D6.0 都選用 RD-；而 D4.0、D5.0 和 D7.0 則選用 RD+。

表 9-1 RD 值計算範例

上筆 RD	D0.0 (00) RD-				D1.0 (01) RD-				D2.0 (02) RD-				D3.0 (03) RD-			
RSB	FSB	RD	RSB	RD	FSB	RD	RSB	RD	FSB	RD	RSB	RD	FSB	RD	RSB	RD
-	100111	-	0100	-	011101	+	0100	-	101101	+	0100	-	110001	-	1011	+
上筆 RD	D4.0 (04) RD+				D5.0 (05) RD+				D6.0 (06) RD-				D7.0 (07) RD+			

RD																
RSB	FSB	RD	RSB	RD	FSB	RD	RSB	RD	FSB	RD	RSB	RD	FSB	RD	RSB	RD
+	001010	-	1011	+	101001	+	0100	-	011001	-	1011	+	000111	+	0100	-

為了傳送端和接收端可以達到位元與群碼的同步，8B/10B 編碼法也規範了 8 種『順序集合』( Order-set )。順序集合可以是只有一個特殊群碼，或特殊群碼和資料群碼的組合，如表 9-2 所示。它可以包含一個、二個或四個群碼，但第一個群碼必須是特殊群碼。對於多群組的順序集合，第二個一定是資料群碼，此資料群碼用來區別其它的順序集合。如表 9-2 中，在傳送端和接收端通訊之前，先用組態( Configuration )來設定雙方的通訊模式( /C1/ 或 /C2/ )。傳送一個訊框時則用 /S/ 與 /T/ 來表示訊框的開始和結束。/R/ 表示延伸載波，而 GMII 介面沒有資料傳送時，則傳送 /I/ 的順序集合碼。

**表 9-2 順序集合**

代碼	順序集合	群碼數	編碼
/C/	Configuration		/C1/與/C2/交替
/C1/	Configuration 1	4	/K28.5/D21.5/Config-Rega
/C2/	Configuration 2	4	/K28.5/D2.2/Config-Rega
/I/	IDLE		Correcting /I1/, Preserving /I2/
/I1/	IDLE 1	2	/K28.5/D5.6/
/I2/	IDLE 2	2	/K28.5/D16.2/
	Encapsulation		
/R/	Carrier_Extend	1	/K23.7/
/S/	Start_of_Packet	1	/K27.7/
/T/	End_of_Packet	1	/K29.7/
/V/	Error-Propagation	1	/K30.7/

a: 代表 Config-Req 值的兩個資料群碼

在圖 9-7 中，資料 ( 8B ) 經過編碼後 ( 10 B )，再經過『序列化』( Serializer ) 處理成序列位元串列，再送往 FC-0 ( Fiber Channel ) 轉換成訊號發送出去。接收端也必須經由『解序列化器』( Deserializer ) 組合回原 10 位元碼。

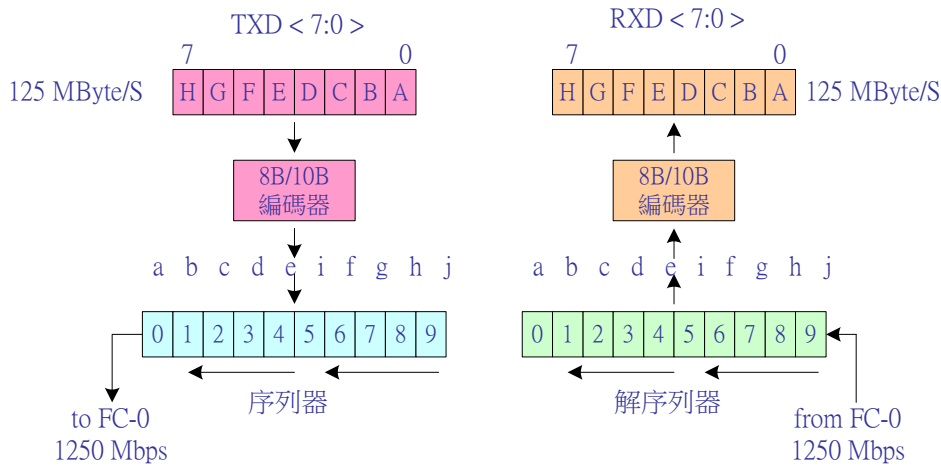


圖 9-7 序列化與解序列化

### 9-5-2 1000Base-X

1000Base-X 的實體層主要採用 ANSI-X3T11 光纖通道 (Fiber Channel) 的標準，其資料編碼方式採用 8B/10B 編碼技巧。主要有下列三種標準：

- **1000Base-SX (Short-Wavelength Fiber)**：在傳輸媒介方面使用 50 μm 和 62.5 μm (micro-diameter) 的多模光纖纜線 (multi-mode fiber)。50 μm 光纖傳輸距離可達 550 公尺 (頻寬 500 MHz) 和 500 公尺 (頻寬 400 MHz)；62.5 μm 可達 220 公尺 (160 MHz 頻寬) 和 275 公尺 (200 MHz 頻寬)。
- **1000Base-LX (Long-Wavelength Fiber)**：可使用單模光纖和多模光纖。多模光纖纜線也可以採用 50 μm 和 62.5 μm 兩種，傳輸距離可達 550 公尺 (500 MHz)。單模光纖是採用 9 芯的光纖纜線，傳輸距離可達 3~10 公里，主要使用於較遠距離的傳輸骨幹使用。有關光纖媒介之距離規格如表 9-3 所示。
- **1000Base-CX**：使用 150 歐姆平衡式遮蔽式銅絞線電纜 (150 Ω balanced shielded copper cable)，傳輸距離只有 25 公尺，最主要使用於電信機房內主機系統的連線，接續端子採用 DB-9。

表 9-3 光纖媒介之距離規格

標準	光纖型態	直徑 (microns)	型式頻寬 (MHz × Km)	最小範圍 (Meters)
1000Base-SX	Multi-mode	62.5	160	2 to 220*
	Multi-mode	62.5	200	2 to 275**
	Multi-mode	50	400	2 to 500
	Multi-mode	50	500	2 to 550***
1000Base-LX	Multi-mode	62.5	500	2 to 550
	Multi-mode	50	400	2 to 550

	Multi-mode	50	500	2 to 550
	Single-mode	9 芯	N/A	2 to 5000
Notes:				
* TIA 568 佈線標準 160/500 MHz * Km				
** ISO/IEC 11801 佈線標準 200/500 MHz * Km				
*** ANSI 光纖通道規格 500/500 MHz * Km				

### 9-5-3 1000BaseT

一般佈線環境還是使用 Cat-5 UTP 雙絞線最為方便，而且可以延續 100BaseT 的使用環境，不必任何變更。UTP 的價格比光纖便宜許多，倘若一般環境都要使用光纖纜線，實務上的確有困難，也會限制 Gigabit Ethernet 網路的應用範圍。IEEE 802.3 工作小組有鑑於此，於 1999 年制定 1000BaseT (IEEE 802.3ab) 標準，其連線規格也盡量相容於 100Base-T。

1000BaseT 提供半雙工 (CSMA/CD) 及全雙工 1000Mbps 的網路型態，同樣也採用 ANSI/TIA/EIA 568-A 的佈線標準，以 Cat-5 UTP 作為傳輸線，RJ45 則為接續端子，而傳輸距離保持 100 公尺，但在同一碰撞網域下只允許連接一個訊號增益器 (或集線器)。目前許多廠商也提供 Cat-5e (頻寬 100 MHz)、Cat-6 (頻寬 250 MHz)、或 Cat-7 (頻寬 600 MHz) 的 UTP 纜線。1000BaseT 也使用如同 100BaseTx 的自動協商系統，為了簡化操作及快速進入現有的 Ethernet 系統上使用。一般廠商都有建立符合 100 和 1000 Mbps 實體層 (PHY)，可讓 1000 Mbps 的傳輸速率退回 (fall back) 到 100 Mbps，這提供較彈性的方法來提昇系統。

在訊號傳輸方面，1000Base-T 採用四對雙絞線作傳送和接收，如圖 9-8 所示。每一對雙絞線的傳輸速率為 250 Mbps ( $= 1000 \text{ Mbps} \div 4$ )，四對線同時作傳送或接收功能。在每對雙絞線上採用 5-水平基準的脈衝調幅調變 (5-Level Pulse Amplitude Modulation, 5-level PAM)。5-level PAM 每個傳送符號可代表二個位元，因此，每對線傳送頻率為 125 MHz ( $= 250 \div 2$ )。

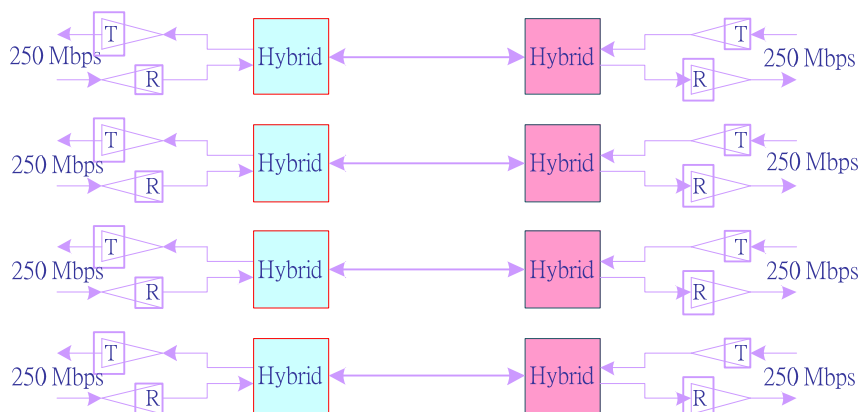
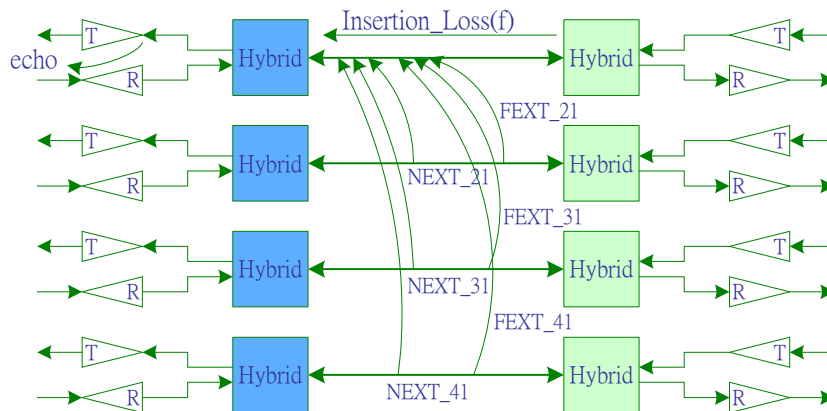


圖 9-8 1000Base-T 四對雙絞線工作模式

在四對 Cat-5 雙絞線上傳輸 1000 Mbps 所面臨的問題遠較 100 Mbps 的問題更為困難，尤其是纜線的電磁發射及電磁感應，更加挑戰設計者的功力，其分述如下：

- **衰減 ( Attenuation )**：訊號衰減率隨著傳送頻率增加而增加。對設計者的挑戰是如何儘量使用最低的頻率以減少衰減。
- **回聲 ( Echo )**：如果使用在全雙工傳輸時，傳送和接收頻率同時出現在雙絞線上。殘餘傳送訊號將會使混合器 ( Hybrid ) 和纜線產生迴授損失，尤其在纜線組抗不匹配時更為嚴重。如圖 9-9 所示。
- **串音 ( Crosstalk )**：雙絞線容易發生訊號之間的交互感應而產生交連偶合 ( Couple )。尤其 1000BaseT 使用四對雙絞線傳輸，任何一對雙絞線的訊號都非常容易受其他三對雙絞線的訊號交連偶合，而產生串音現象。在輸出發送訊號端所產生之串音稱之為『近端串音』( Near-End Crosstalk, NEXT )；如果串音現象來自遠端的發送端，稱之為『遠端串音』( Far-End Crosstalk, FEXT )；遠端相等電位之間的纜線所產生之串音稱之為『等電位遠端串音』( Equal Level Far-End Crosstalk, ELFEXT )，如圖 9-9 所示。



**圖 9-9 NEXT 和 FEXT 串音干擾現象**

為了克服上述的挑戰，我們針對 1000BaseT 的設計提出下列策略：

- 使用現有的四對 Cat-5 雙絞線( 阻抗 100 歐姆 )，並合乎 ANSI/TIA/EIA-568-A 的佈線標準。( 請參考第十章 )
- 傳送訊號的四對雙絞線，每對雙絞線傳送的符號變化率 ( Symbol Rate ) 必須低於 125 Mbaud。

- 使用 PAM-5 編碼系統，以提高每一個符號 ( Symbol ) 所能攜帶的位元數 ( 2 bits/symbol )。
- 使用 8 狀態的『格子化前向錯誤修正編碼』( Trellis Forward Error Correction Coding ) 以消除雜訊和串音干擾。
- 使用『脈衝整形技術』( Pulse Shaping Technique ) 來適應傳輸頻譜。
- 使用『訊號等量化技術』( Signal Equalization Technique ) 的數位訊號處理 ( Digital Signal Process, DSP ) 來克服雜訊、串音、回聲的問題。

以下分別敘述 1000BaseT 的製作方法：

### (A) 全雙工傳輸

傳送和接收資料以相反方向在每一對雙絞線上傳送，如圖 9-8 所示。利用混合器 ( Hybrid ) 來分離傳送和接收訊號，接收器將會過濾掉傳送訊號使不至於發生『回聲』現象，但也有可能傳輸訊號和接收訊號已發生交連偶合 ( Couple ) 而產生其它訊號。所產生的訊號，接收器無法將它過濾，而殘留在傳輸媒介上，混合器必須負責將這些訊號清除掉。

### (B) 階層脈衝振幅調變

『5 階層脈衝振幅調變』( 5-level Pulse Amplitude Modulation, 5-level PAM ) 可提升頻寬使用率。每一傳送符號有 5 種電位水準 ( -2, -1, 0, +1, +2 )。因此，每一傳送符號可表示二個位元資料 ( 4 個階層代表 2 個位元，另一階層代表 FEC 位元 )，如圖 9-10 所示。訊號變化率 ( symbols per second ) 是傳送頻寬 ( bits per second ) 的一半，也提高了頻寬的使用率。但是多層次的訊號方式必須有較高的訊號雜訊比 ( signal-to-noise ratio ) 才可以避免雜訊的干擾，也必須使用效率較高的多位元 ( Multi-bit ) 之 A/D 和 D/A 轉換器，及品質較高的接收器。

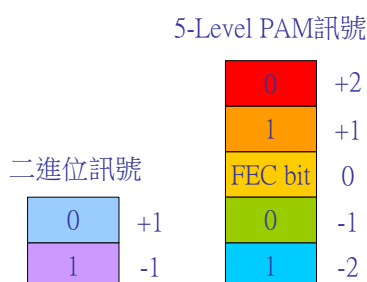


圖 9-10 二進位和 5-Level PAM 編碼

### (C) 順向錯誤修正

『**順向錯誤修正**』( **Forward Error Correction, FEC** ) 提供第二層次的編碼，其功能是保護傳送中的符號受到雜訊或串音干擾的復原。它是採用 4-Dimension 8-State Trellis Forward Error Correction 的技術，該技術可以提高訊號雜訊比，而被製作在 A/D 和 D/A 轉換器的元件內。

## (D) 脈衝整形

傳送資料經過 5-Level PAM 編碼後，產生 5 種電位水平的脈衝訊號，在經過『**脈衝整形**』( Pulse Shaping ) 成為某一頻譜上的連續訊號( 類比訊號 )，再發送到傳輸媒介上，如圖 9-11 所示。經過脈衝整形後可以提高訊號雜訊比率，在發送端和接收端都必須裝設數位訊號和類比訊號的組合器與濾波器。脈衝整形被使用在最小訊號損失能量的頻率上，並減少低頻和高頻訊號的成分，且具有拒絕高頻雜訊訊號的能力。其實，1000BaseT 所使用的頻譜和 100BaseTx 的頻譜相同。

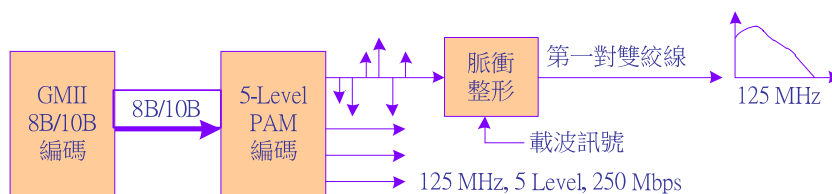


圖 9-11 1000BaseT 訊號編碼與脈衝整形

## 9-6 Gigabit Ethernet 網路架構

由於 Gigabit Ethernet 網路主要是應用於網路傳輸骨幹的連線，或者是主機電腦( 伺服器端 ) 的連線，但它也提供一般用戶端的共享網域的連線。圖 9-12 為一般 Gigabit Ethernet 網路應用架構圖，其中包含三種網路連線的基本架構。

### 9-6-1 交換式全雙工架構

Gigabit Ethernet 的主要應用是傳輸骨幹網路的『**交換式全雙工**』( Switched Full-Duplex ) 架構。在 Gigabit Ethernet Switch 上每個連接埠都具有流量控制功能。如同一般 Fast Ethernet 交換器一樣，訊框在交換器內各個連接埠之間轉送，已不再受限於 CSMA/CD 通訊協定。也就是說，沒有碰撞偵測及二元指數後退延遲時間的問題，連接埠和工作站之間也可以使用全雙工傳輸模式。因此，在全雙工交換器之下，無論各個連接埠之間，或連接埠和工作站之間訊框的傳輸都不用再任何的更改。也就是說，不必經過載波延伸和訊框爆發的處理。一般



交換器還提供多重傳輸速率 ( 10/100/1000 Mbps )，因此 Gigabit Ethernet Switch 適合拿來架設傳輸骨幹。

### 9-6-2 全雙工集線架構

雖然全雙工交換架構傳輸效率最高，但高速率交換器的製作也非常複雜，因此價格相對較為昂貴。但如果採用共享網域的集線器來架設網路的話，CSMA/CD 通訊協定必須稍作修改 ( 如載波延伸和訊爆 )，而且半雙工網路傳輸效率也較低。全雙工集線器 ( Full-duplex Hub ) 就是採用兩者的折衷方案，在全雙工集線架構裡，每一個連接埠都有 MAC 控制器及緩衝記憶體，而工作站之間是以具有流量控制的全雙工的點對點傳輸模式。和一般交換器不同的是，每一個連接埠所收到的訊框都是直接廣播到所有的連接埠上。如此，就沒有所謂學習流程和過濾訊框功能，因而減少背板傳輸的速率，在製造方面也較容易。但對所有連接埠而言，還是處在同一個共享網域內。

### 9-6-3 半雙工集線架構

半雙工集線架構是利用 Gigabit 集線器所構成的星狀網路，同在一個共享碰撞網域內。其架構比較簡單，但還屬於 CSMA/CD 的工作環境裡，對於訊框的傳送必須增加延遲載波和訊框爆發的處理。

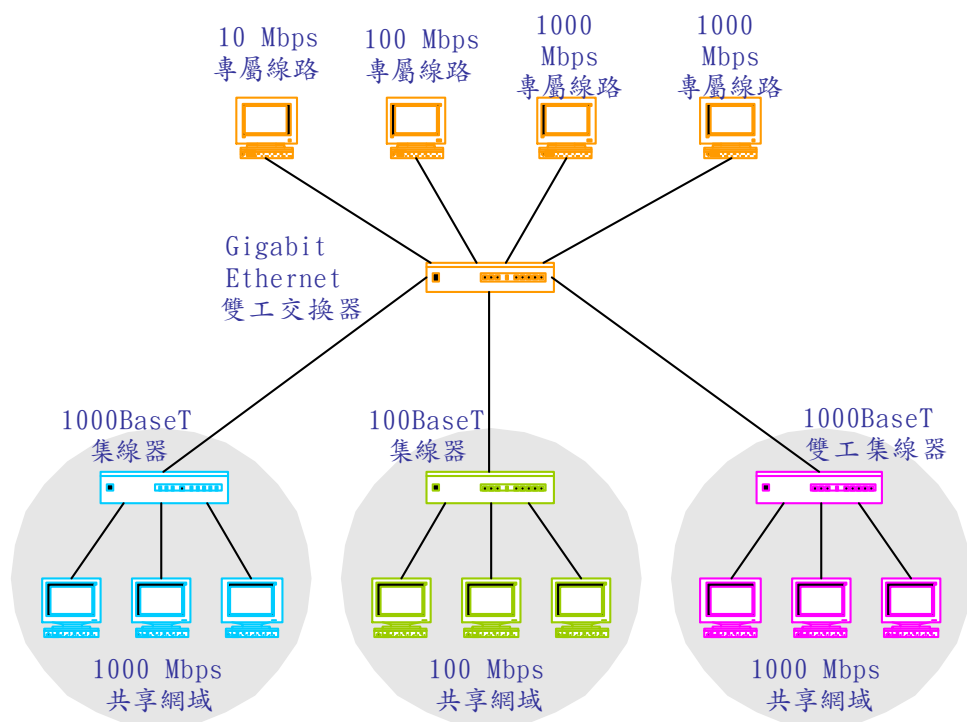


圖 9-12 Gigabit 全雙工交換器為主的的多重頻寬共享網域架構圖

## 9-7 Gigabit Ethernet 提昇現有網路

以下我們用幾個實例來說明如何在現有的 Fast Ethernet 網路提昇到 Gigabit 網路的應用。

### 9-7-1 提昇交換器對交換器鏈路

利用 Gigabit Ethernet 提昇交換器之間鏈路的速率較為簡單，並且也會提昇許多傳輸效率。以圖 9-13 為範例，原來交換器之間使用 100 Mbps 連線 (100BaseTx 或 100BaseFx)，只要更新交換器的介面模組為 1000 Mbps 介面 (1000BaseT、1000BaseTx 或 1000BaseFx) 即可。兩個交換器之間的傳輸速就可達 1000 Mbps。

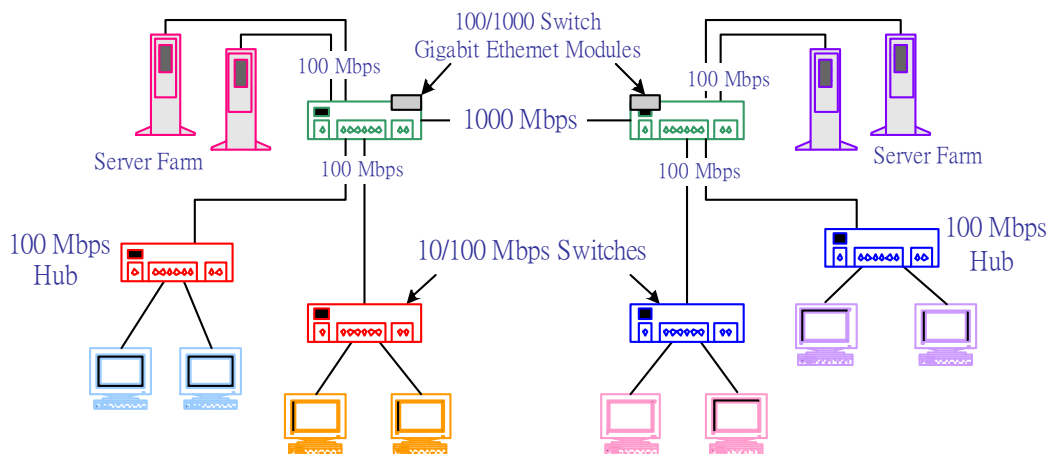


圖 9-13 提昇交換器之間鏈路至 Gigabit 網路

### 9-7-2 提昇交換器對伺服器鏈路

如欲提昇現有的高效能伺服器 and 交換器之間的傳輸速率，簡單的方法是提昇 Fast Ethernet 交換器為 Gigabit 交換器或集線器，並且將伺服器的網路介面卡更新為 Gigabit Ethernet 網路介面卡即可。至於其他網路的連線都不須變更，如圖 9-14 所示。

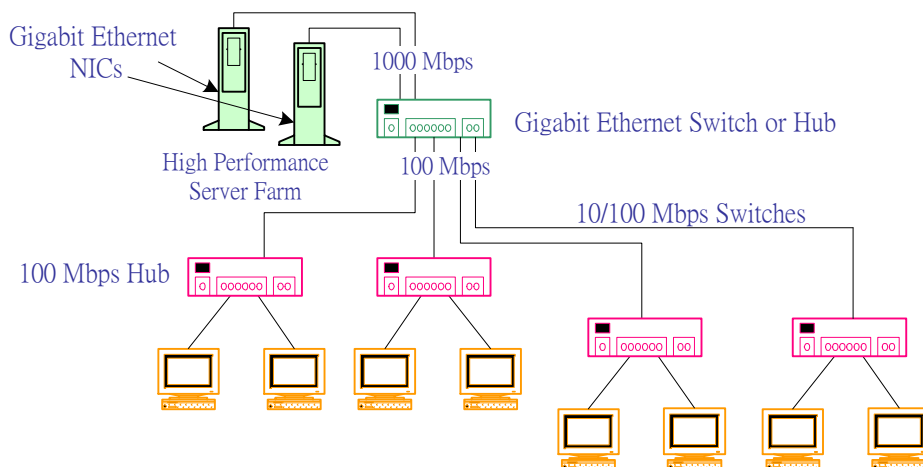


圖 9-14 提昇交換器與高效能伺服器之間鏈路至 Gigabit 網路

### 9-7-3 提昇交換式 Fast Ethernet 骨幹

提昇 Fast Ethernet 交換式骨幹到 Gigabit，首先必須將原來之 Fast Ethernet 交換器提昇至 Gigabit Ethernet 的交換器或集線器，且連接到骨幹的交換器或集線器都必須更新為 Gigabit Ethernet 的網路介面卡。因此，對整個傳輸骨幹就可以提昇到 1000 Mbps 的速率，如圖 9-15 所示。

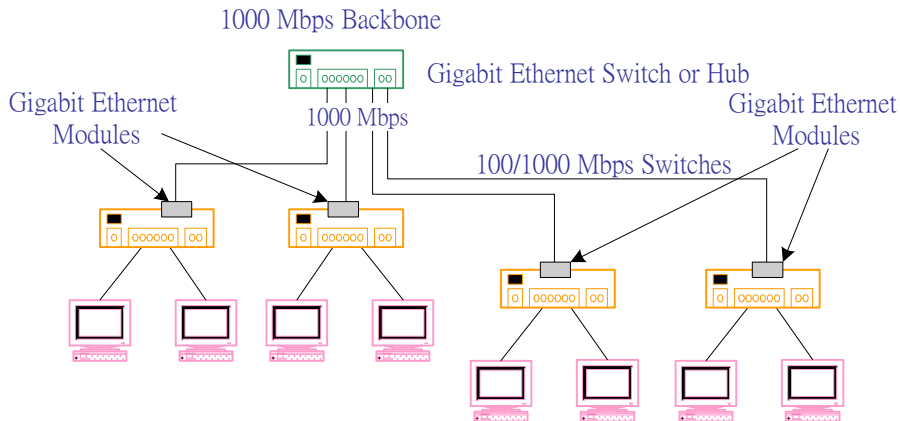


圖 9-15 提昇交換式骨幹至 1000 Mbps

#### 9-7-4 提昇共享式 FDDI 網路

圖 9-16 (a) 為一般校園網路或建築物的 100 Mbps FDDI 區域網路架構，各地區的小網路透過 FDDI BRouter( Bridge/Router )和 FDDI 骨幹相連接。圖 9-16 (b) 是以 Gigabit Switch 提昇 FDDI 網路，以全雙工之 Gigabit 交換器或集線器取代原有之 FDDI BRouter，它們之間連線可以使用 1000BaseTx 或 1000BaseFx 以延伸傳輸距離。

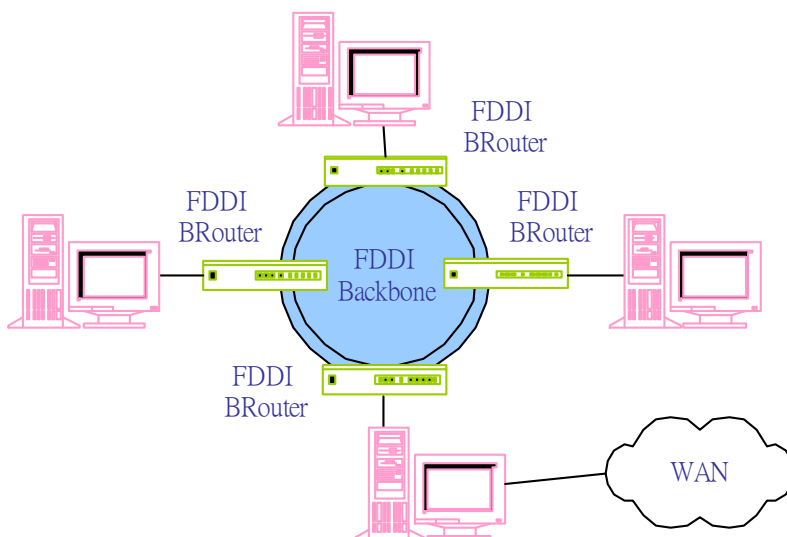


圖 9-16 (a) 原有之 FDDI 共享網路

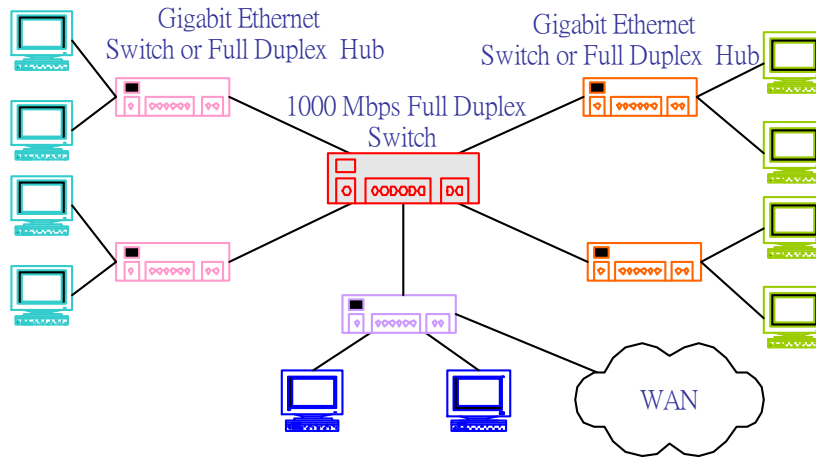


圖 9-16 (b) 提昇後 Gigabit Ethernet 網路

## 9-810 Gigabit Ethernet 網路簡介

隨著 Ethernet 網路應用的廣泛，我們期望 Gigabit Ethernet 網路更進一步的發展。IEEE 802.3ae 於 2002 年正式公佈 10 Gigabit Ethernet 的標準規範，也讓 10 Gigabit Ethernet 正式導入市場應用。目前正由 10GEA 聯盟（10 Gigabit Ethernet Alliance）積極推動之中。首先，我們來看 10 Gigabit Ethernet 的標準規範：

- 傳輸速率為 10000 Mbps。
- 訊框格式為 IEEE 802.3 CSMA/CD 訊框，並合乎 CSMA/CD 最小訊框( 64 Bytes ) 和最大訊框 ( 1518 Bytes ) 長度限制。
- 不提供半雙工之 CSMA/CD 運作模式，因此沒有碰撞偵測時槽的限制。
- 一律採用全雙工交換器作訊框交換傳輸中心。
- 一律採用光纖纜線為傳輸媒介，不提供雙絞線或同軸電纜之傳輸媒介。
- 分別提供區域網路和廣域網路連結介面，使 10Gigabit Ethernet 具有廣域網路傳輸能力。
- 能相容於現有 10 Mbps、100 Mbps 及 1000 Mbps 網路中運作，不需額外裝置轉換連接。完全合乎 CSMA/CD 協定標準。
- 目前規範不提供端點線，只提供傳輸骨幹連線使用。

## 9-9 10 Gigabit Ethernet 網路基本原理

在 IEEE 802.3z 的規範上，為了將傳輸速率提高至 1000 Mbps，並能合乎『載波感出多重存取附碰撞偵測』（CSMA/CD）之半雙工傳輸模式；同時也為了能符合最小訊框限制及

EIA-568-A 的佈線標準，使用訊爆方式以增加訊框停留在傳輸媒介上的時間，才能維持 205 公尺的傳輸距離。如果在 10 Gigabit Ethernet 網路上利用這種方式來提高傳輸距離，幾乎不可行。還好目前交換設備技術層次提高，因此，10 Gigabit Ethernet 網路捨棄原來半雙工的 CSMA/CD 運作模式，而一律採用交換式的傳輸模式。當訊框進入交換器後，交換器依照它的目的位址轉送到適當的埠口上，其中運作模式並不涉及 CSMA/CD 通訊協定。以全雙工的運作模式，在製作方面反而比半雙工的運作模式較為容易，而且連結現有的 10 Mbps、100 Mbps 或 1000 Mbps 也不必額外的轉換，因為它完全合乎 CSMA/CD 協定標準。

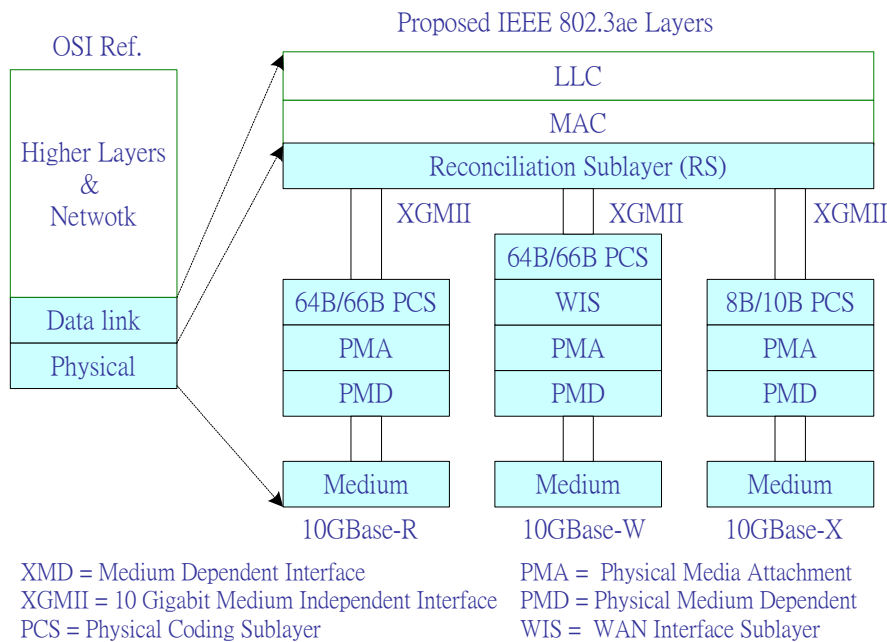
當傳輸速率提高到 10 Gigabit 時，它應用層次已不再侷限於端點使用，而大多使用於傳輸骨幹上。因此，10 Gigabit Ethernet 提出兩種應用環境：區域網路傳輸骨幹 (10Gbase-R) 和廣域網路傳輸骨幹 (10Gbase-W)。另外為了能讓現有的 Gigabit Ethernet 網路直接提昇至 10 Gigabit，IEEE 803.3ae 也提出 10Gbase-X 架構；對於傳輸媒介上的考慮，10 Gigabit 捨棄雙絞線和同軸電纜，而一律採用光纖纜線。至於區域網路可使用較便宜的多模光纖；廣域網路則採用傳輸距離較遠的單模光纖纜線。為了能即時進入廣域網路環境的應用，在實體層方面則採用目前使用最廣泛的 SONET/SDH 傳輸模式。

## 9-10 10 Gigabit Ethernet 通訊協定堆疊

圖 9-17 為 10 Gigabit Ethernet 通訊協定堆疊，其連線主要有三種型態：10GBase-R 為區域網路通訊架構；10GBase-W 為廣域網路架構；10Gbase-X 是直接由 Gigabit Ethernet (1000Base-X) 提昇的通訊結構。其內容包含如下：

- **調節次層 ( Reconciliation Sublayer, RS )**：提供 MAC 層和 10 Gigabit 實體層之間的訊號轉換。
- **10 Gigabit 媒介獨立介面 ( 10 Gigabit Medium Independent Interface, XGMII )**：10 Gigabit 網路傳輸訊號的轉換介面。
- **實體編碼次層 ( Physical Coding Sublayer, PCS )**：10 Gigabit 提供兩種編碼方式，64B/66B 為區域網路和廣域網路的編碼技巧；而 8B/10B( 10Gbase-X )為 Gigabit 網路 ( 1000Base-X ) 延伸擴充使用。
- **廣域網路介面次層 ( WAN Interface Sublayer, WIS )**：此層為選項增加 ( Option )，如應用在廣域網路上( 10Gbase-W )就必須加入 WIS 次層，主要功能是将訊框整形，而使其合乎 SONET/SDH 傳輸型態。

- **實體媒體銜接 ( Physical Medium Attachment, PMA )**：依照不同的傳輸媒介的介面銜接不同接續端子。實體媒體相關介面 ( Physical Medium Dependent, PMD )：針對不同傳輸媒介的介面裝置。



**圖 9-17 10Gigabit Ethernet 協定堆疊**

10 Gigabit Ethernet 工作小組為了提高各種傳輸模式 ( 10Gbase-R、10GbBase-W 與 10Gbase-X ) 之間的互通性，而提出『XAUI』的介面模式。XAUI 中的“X”為羅馬數字的 10，代表 10 Gigabit 的意思；AUI 是借用標準 Ethernet 的『銜接單元介面』( Attachment Unit Interface )。XAUI 主要是提出一個介面標準，讓製造晶片廠商可以設計出晶片和晶片之間 ( Chip-to-Chip ) 的介面，如圖 9-18 所示。透過 XAUI 的连接介面，我們可以選用 10GBase-R、10GBase-W 或 10GBase-X 的元件連接，對於網路的變通性 ( flexible ) 也較高。

由 XGMII 輸出 72 條 ( 雙向的 32 位元資料線和其他控制訊號 ) 的訊號，經過 XGXS ( XAUI Extender Sublayer ) 轉換成四條串列輸出的 XAUI 介面。因此，XAUI 是屬於低介面數的自調時序串列匯流排 ( self-clocked serial bus )。XAUI 如果被用在 Gigabit 網路的發展延伸，每一條序列線道 ( serial lane )，必須提供原來 2.5 倍的傳輸速率，並且選用 8B/10B 編碼系統，才能將整個傳輸速率提高十倍。XAUI 如果被用於廣域網路連接模組，必須增加 WIS 次層模組，其透過 16 位元之並行傳輸介面 ( XSBI ) 連接到 PMA 次層。

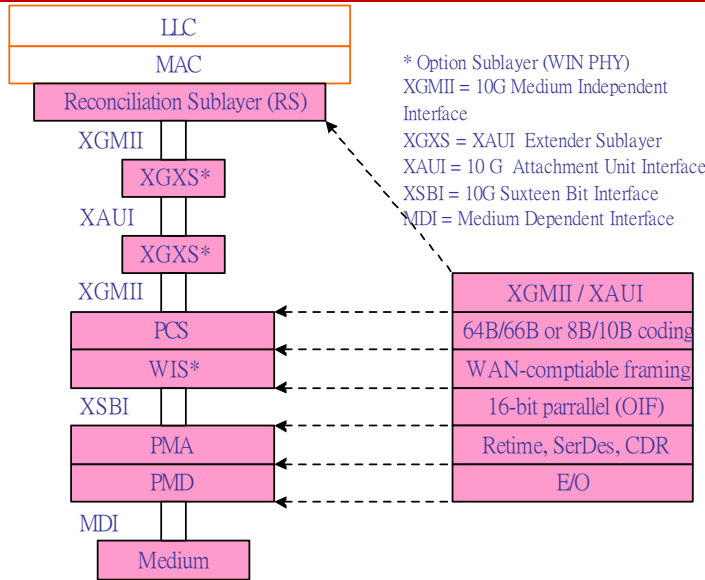


圖 9-18 XAUI 擴充介面於 MAC 和 PCS 之間

## 9-11 10 Gigabit Ethernet 實體層

IEEE 802.3ae 在規格建議書上選擇五種傳輸媒介，如表 9-4 所示。在廣域網路上，工作小組選擇 1310 nm ( nanometer ) 序列式光纖的傳輸距離可達 2 公里到 10 公里 ( 單模傳輸，SMF )；另外選用 1550 nm 之單模傳輸可達 40 公里，這兩種實體模式基本上都符合大都會網路應用。另外多模光纖使用 850 nm 和 1310 nm 的傳輸距離為 65 公尺與 300 公尺，也能符合區域網路的傳輸骨幹使用。

在光纖傳輸方面，工作小組選擇兩種版本，一為『寬波分割多工模式』( Wide Wave Division Multiplexing, WDM )，其主要應用於 1310 nm 光纖纜線的單模或多模傳輸，傳輸最遠可達 10 公里。另一為『序列式』( Serial ) 傳輸模式，可應於 1310 nm 與 1550 nm 的光纖纜線上的單模傳輸。

表 9-4 10Gigabit Ethernet 的光纖傳輸規格

PMD (Optical Transceiver)	Type of Fiber Supported	Target Distance (Meters)
850 nm serial	Multi Mode	65
1310 nm WDM	Multi Mode	300
1310 nm WDM	Single Mode	10,000
1310 nm serial	Single Mode	10,000
1550 nm serial	Single Mode	40,000

LAN PHY 和 WAN PHY ( PHYSical Layer ) 都建構在共通的 PMD 層次上 ( 如圖 9-8 所示 )，基本上兩者都提供相同傳輸速率。但是 10 Gigabit LAN PHY 為能在 Gigabit 網路上擴充，得配合現有的 8B/10B 編碼，所以必須採用光纖交換方式才能達到該傳輸速率。在 WAN

PHY 方面是採用目前使用最廣泛的 SONET/SDH 傳輸網路，為了配合 SONET 的傳輸模式，WAN PHY 傳輸速率只能達到 9.29 Gbps。又 10 Gigabit Ethernet 的實體層保留原有之非同步傳輸模式，當訊框資料填入同步傳輸的 SONET 訊框時，必須每個字元的位元串列之中加入時脈同步訊號。因此，網路上的集線器、路由器、或交換器都必須具有重新定時 (re-time)、重新同步 (re-synchronize) 之功能 (如圖 9-18 所示)，以避免接收端和傳送端之間時序的不同步。LAN PHY 和 WAN PHY 的協定堆疊的製作方式如圖 9-19 所示。

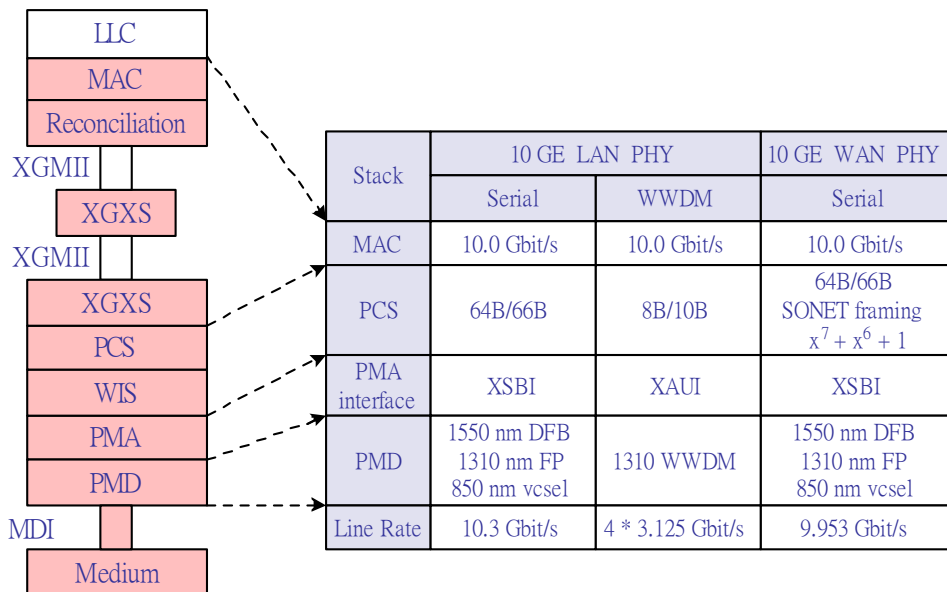


圖 9-19 10Gigabit Ethernet 之實體層

## 9-12 10 Gigabit Ethernet 網路應用模式

我們發現能在現有的 10 Mbps、100 Mbps 和 1000 Mbps 的 Ethernet 網路提高到 10 Gigabit 的傳輸速率，將是最便宜也最能即時合乎環境使用。而且 Ethernet 網路已應用多年，一般工作人員對此系統也非常熟悉，維護及建設方面也較容易。此外，10 Gigabit Ethernet 網路都以交換器為傳輸中心，我們也很容易於交換器的轉送過程之間加入優先權的選擇，也能使該網路具有『服務品質』(Quality of Service, QoS) 和『類別服務』(Class of Service, CoS) 的保證能力。更進一步，許多廠商及專業人士積極研究欲使 Ethernet 交換器具有封包虛擬電路交換之功能，也能使 10 Gigabit Ethernet 具有穩定度及可靠性較高的連線使用。以下我們針對 10 Gigabit Ethernet 可應用的環境作簡單的說明。

### 9-12-1 10 Gigabit Ethernet 與區域網路應用

目前 Ethernet 網路技術已建構成高效能區域網路，如果再將 10 Gigabit Ethernet 加入 Ethernet 網路系列中，將使區域網路進入更廣的頻寬應用。如同 Gigabit Ethernet 一樣，10



Gigabit Ethernet 也提供單模光纖和多模光纖的傳輸，而且 10 Gigabit Ethernet 將傳輸距離由 5 公里提高到 40 公里。在這 40 公里的傳輸距離內，各公司（或學校）可結合並管理自己的區域網路，並可整合公司內的資料中心（Data Center）。在資料中心之間、交換器和交換器之間、或交換器和高效能伺服器之間的連線，可使用價格較便宜的多模光纖，如圖 9-20 所示。

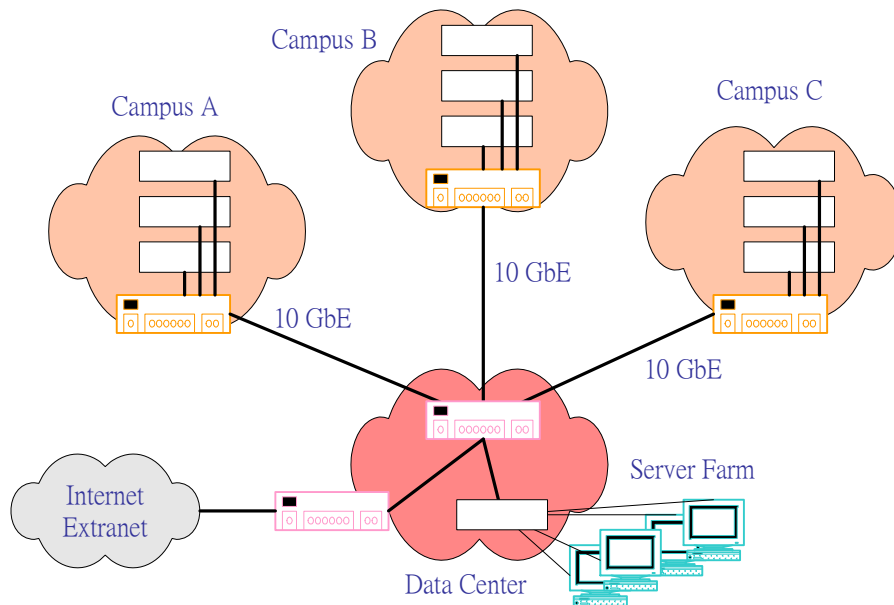


圖 9-20 10 Gigabit Ethernet 與區域網路

如建構完成 10 Gigabit 網路骨幹，公司內就有能力提供各工作站 Gigabit Ethernet 傳輸服務。可應用於串流視訊（Streaming Video）、醫學影像及高效能的繪圖系統等等。提高區域網路效能也配合網際網路不斷成長發展的需求。

### 9-12-2 10 Gigabit Ethernet 與大都會網路應用

利用 10 Gigabit 架設『大都會網路』（Metropolitan Network），將是目前最重要的趨勢發展。在大都會網路的連線方面，有兩種主要連結型態：一者可以透過『短程光學 Gigabit Ethernet』（Short-haul Optical Gigabit Ethernet）連接到各地區的區域網路；另一者透過『長程光學』（Long-haul Optical）10 Gigabit Ethernet（40 公里）來構成大都會網路之間的連線，連線之間利用 10 Gigabit Ethernet 介面、光學轉換器和單模光纖將各地區的網路串接起來，如圖 9-21 所示。

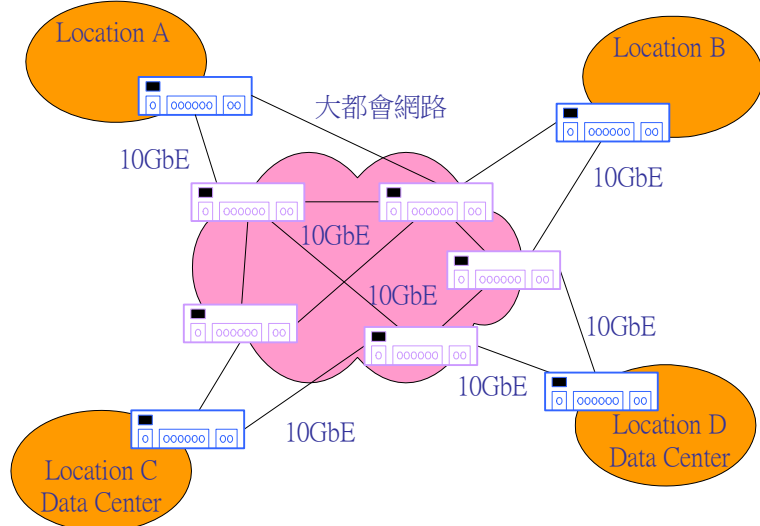


圖 9-21 10 Gigabit Ethernet 與大都會網路

我們甚至可以連接『網路銜接儲存』( Network Attached Storage, NAS )和『儲存區域網路』( Storage Area Network, SAN )兩大裝置，來構成 10 Gigabit Ethernet 的網路基礎建設 ( infrastructure )，並將各地區的資料整合儲存。各地區資料庫之間可透過 2 Gigabit Fiber Channel、ATM OC-3、OC-12 或 OC-192 等等連線，使各地區之資料能易於透過網路相互整合，對使用者而言，存取任何資料將不被地區和時間所侷限。

### 9-12-3 10 Gigabit Ethernet 與廣域網路應用

10 Gigabit Ethernet 將能讓『網際網路服務提供者』( Internet Service Providers, ISP )或『網路服務提供者』( Network Service Providers, NSP )開發高速率且價格便宜的網路環境。10 Gigabit Ethernet 提供 WAN PHY，能讓各地的 ISP 之間可以利用目前現有的 SONET/SDH/TDM 傳輸骨幹連接。並且可利用『密集式波幅分割多工器』( Dense Wave Division Multiplexing, DWDM )連結成一光學核心網路 ( Core DWDM Optical Network )，將各地區之 ISP 網路、『承載中心單位』( Carrier Central Office )連結成一廣域網路，如圖 9-22 所示。

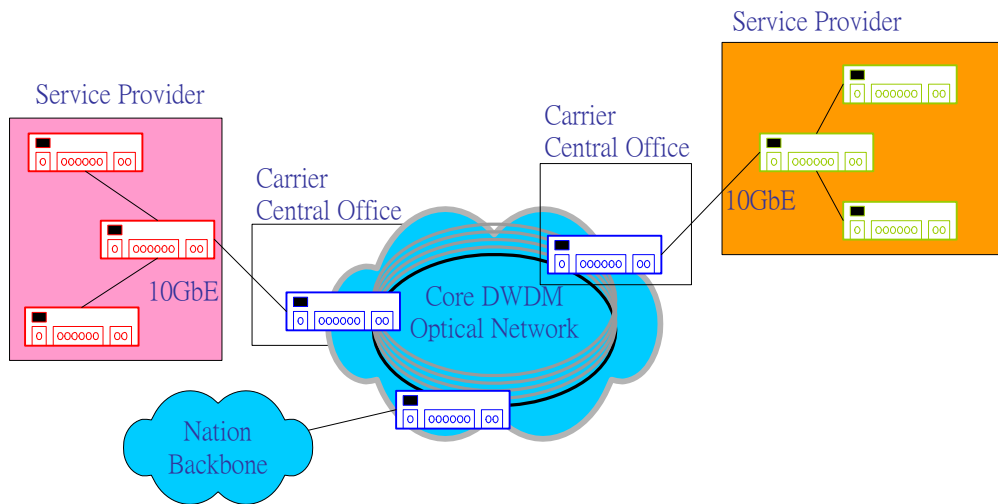


圖 9-22 10 Gigabit Ethernet 與廣域網路

表 9-5 8B/10B 資料群碼

群碼名稱	位元組值	八位元 HGF EDCBA	目前 RD - abcdei fghj	目前 RD + abcdei fghj
D0.0	00	000 00000	100111 0100	011000 1011
D1.0	01	000 00001	011101 0100	100010 1011
D2.0	02	000 00010	101101 0100	010010 1011
D3.0	03	000 00011	110001 1011	110001 0100
D4.0	04	000 00100	110101 0100	001010 1011
D5.0	05	000 00101	101001 1011	101001 0100
D6.0	06	000 00110	011001 1011	011001 0100
D7.0	07	000 00111	111000 1011	000111 0100
D8.0	08	000 01000	111001 0100	000110 1011
D9.0	09	000 01001	100101 1011	100101 0100
D10.0	0A	000 01010	010101 1011	010101 0100
D11.0	0B	000 01011	110100 1011	110100 0100
D12.0	0C	000 01100	001101 1011	001101 0100
D13.0	0D	000 01101	101100 1011	101100 0100
D14.0	0E	000 01110	011100 1011	011100 0100
D15.0	0F	000 01111	010111 0100	101000 1011
D16.0	10	000 10000	011011 0100	100100 1011
D17.0	11	000 10001	100011 1011	100011 0100
D18.0	12	000 10010	010011 1011	010011 0100
D19.0	13	000 10011	110010 1011	110010 0100
D20.0	14	000 10100	001011 1011	001011 0100
D21.0	15	000 10101	101010 1011	101010 0100

D22.0	16	000 10110	011010 1011	011010 0100
D23.0	17	000 10111	111010 0100	000101 1011
D24.0	18	000 11000	110011 0100	001100 1011
D25.0	19	000 11001	100110 1011	100110 0100
D26.0	1A	000 11010	010110 1011	010110 0100

表 9-5 8B/10B 資料群碼(續)

群碼名稱	位元組值	八位元 HGF EDCBA	目前 RD - abcdei fghj	目前 RD + abcdei fghj
D27.0	1B	000 11011	110110 0100	001001 1011
D28.0	1C	000 11100	001110 1011	001110 0100
D29.0	1D	000 11101	101110 0100	010001 1011
D30.0	1E	000 11110	011110 0100	100001 1011
D31.0	1F	000 11111	101011 0100	010100 1011
D0.1	20	001 00000	100111 1011	011000 1001
D1.1	21	001 00001	011101 1011	100010 1001
D2.1	22	001 00010	101101 1011	010010 1001
D3.1	23	001 00011	110001 1011	110001 1001
D4.1	24	001 00100	110101 1011	001010 1001
D5.1	25	001 00101	101001 1011	101001 1001
D6.1	26	001 00110	011001 1011	011001 1001
D7.1	27	001 00111	111000 1011	000111 1001
D8.1	28	001 01000	111001 1011	000110 1001
D9.1	29	001 01001	100101 1011	100101 1001
D10.1	2A	001 01010	010101 1001	010101 1001
D11.1	2B	001 01011	110100 1001	110100 1001
D12.1	2C	001 01100	001101 1001	001101 1001
D13.1	2D	001 01101	101101 1001	101100 1001
D14.1	2E	001 01110	011100 1001	011100 1001
D15.1	2F	001 01111	010111 1001	101000 1001
D16.1	30	001 10000	011011 1001	011011 1001
D17.1	31	001 10001	100011 1001	100011 1001
D18.1	32	001 10010	010011 1001	010011 1001
D19.1	33	001 10011	110010 1001	110010 1001
D20.1	34	001 10100	001011 1001	001011 1001
D21.1	35	001 10101	101010 1001	101010 1001

表 9-5 8B/10B 資料群碼 (續)

群碼名稱	位元組值	八位元 HGF EDCBA	目前 RD - abcdei fghj	目前 RD + abcdei fghj
D22.1	36	001 10110	011010 1001	011010 1001
D23.1	37	001 10111	111010 1001	000101 1001
D24.1	38	001 11000	110011 1001	001100 1001
D25.1	39	001 11001	100110 1001	100110 1001
D26.1	3A	001 11010	010110 1001	010110 1001
D27.1	3B	001 11011	110110 1001	001001 1001
D28.1	3C	001 11100	001110 1001	001110 1001
D29.1	3D	001 11101	101110 1001	010001 1001
D30.1	3E	001 11110	011110 1001	100001 1001
D31.1	3F	001 11111	101011 1001	010100 1001
D0.2	40	010 00000	100111 0101	011000 0101
D1.2	41	010 00001	011101 0101	100010 0101
D2.2	42	010 00010	101101 0101	010010 0101
D3.2	43	010 00011	110001 0101	110001 0101
D4.2	44	010 00100	110101 0101	001010 0101
D5.2	45	010 00101	101001 0101	101001 0101
D6.2	46	010 00110	011001 0101	011001 0101
D7.2	47	010 00111	111000 0101	000111 0101
D8.2	48	010 01000	111001 0101	000110 0101
D9.2	49	010 01001	100101 0101	100101 0101
D10.2	4A	010 01010	010101 0101	010101 0101
D11.2	4B	010 01011	110100 0101	110100 0101
D12.2	4C	010 01100	001101 0101	001101 0101
D13.2	4D	010 01101	101100 0101	101100 0101
D14.2	4E	010 01110	011100 0101	011100 0101
D15.2	4F	010 01111	010111 0101	101000 0101
D16.2	50	010 10000	011011 0101	100100 0101

表 9-5 8B/10B 資料群碼(續)

群碼名稱	位元組值	八位元 HGF EDCBA	目前 RD - abcdei fghj	目前 RD + abcdei fghj
D17.2	51	010 10001	100011 0101	100011 0101
D18.2	52	010 10010	010011 0101	010011 0101
D19.2	53	010 10011	110010 0101	110010 0101

D20.2	54	010 10100	001011 0101	001011 0101
D21.2	55	010 10101	101010 0101	101010 0101
D22.2	56	010 10110	011010 0101	011010 0101
D23.2	57	010 10111	111010 0101	000101 0101
D24.2	58	010 11000	110011 0101	001100 0101
D25.2	59	010 11001	100110 0101	100110 0101
D26.2	5A	010 11010	010110 0101	010110 0101
D27.2	5B	010 11011	110110 0101	001001 0101
D28.2	5C	010 11100	001110 0101	001110 0101
D29.2	5D	010 11101	101110 0101	010001 0101
D30.2	5E	010 11110	011110 0101	100001 0101
D31.2	5F	010 11111	101011 0101	010100 0101
D0.3	60	011 00000	100111 0011	011000 1100
D1.3	61	011 00001	011101 0011	100010 1100
D2.3	62	011 00010	101101 0011	010010 1100
D3.3	63	011 00011	110001 1100	110001 0011
D4.3	64	011 00100	110101 0011	001010 1100
D5.3	65	011 00101	101001 1100	101001 0011
D6.3	66	011 00110	011001 1100	011001 0011
D7.3	67	011 00111	111000 1100	000111 0011
D8.3	68	011 01000	111001 0011	000110 1100
D9.3	69	011 01001	100101 1100	100101 0011
D10.3	6A	011 01010	010101 1100	010101 0011
D11.3	6B	011 01011	110100 1100	110100 0011

表 9-5 8B/10B 資料群碼(續)

群碼名稱	位元組值	八位元 HGF EDCBA	目前 RD - abcdei fghj	目前 RD + abcdei fghj
D12.3	6C	011 01100	001101 1100	001101 0011
D13.3	6D	011 01101	101100 1100	101100 0011
D14.3	6E	011 01110	011100 1100	011100 0011
D15.3	6F	011 01111	010111 0011	101000 1100
D16.3	70	011 10000	011011 0011	100100 1100
D17.3	71	011 10001	100011 1100	100011 0011
D18.3	72	011 10010	010011 1100	010011 0011
D19.3	73	011 10011	110010 1100	110010 0011
D20.3	74	011 10100	001011 1100	001011 0011

D21.3	75	011 10101	101010 1100	101010 0011
D22.3	76	011 10110	011010 1100	011010 0011
D23.3	77	011 10111	111010 0011	000101 1100
D24.3	78	011 11000	110011 0011	001100 1100
D25.3	79	011 11001	100110 1100	100110 0011
D26.3	7A	011 11010	010110 1100	010110 0011
D27.3	7B	011 11011	110110 0011	001001 1100
D28.3	7C	011 11100	001110 1100	001110 0011
D29.3	7D	011 11101	101110 0011	010001 1100
D30.3	7E	011 11110	011110 0011	100001 1100
D31.3	7F	011 11111	101011 0011	010100 1100
D0.4	80	100 00000	100111 0010	011000 1101
D1.4	81	100 00001	011101 0010	100010 1101
D2.4	82	100 00010	101101 0010	010010 1101
D3.4	83	100 00011	110001 1101	110001 0010
D4.4	84	100 00100	110101 0010	001010 1101
D5.4	85	100 00101	101001 1101	101001 0010
D6.4	86	100 00110	011001 1101	011001 0010

表 9-5 8B/10B 資料群碼(續)

群碼名稱	位元組值	八位元 HGF EDCBA	目前 RD - abcdei fghj	目前 RD + abcdei fghj
D7.4	87	100 00111	111000 1101	000111 0010
D8.4	88	100 01000	111001 0010	000110 1101
D9.4	89	100 01001	100101 1101	100101 0010
D10.4	8A	100 01010	010101 1101	010101 0010
D11.4	8B	100 01011	110100 1101	110100 0010
D12.4	8C	100 01100	001101 1101	001101 0010
D13.4	8D	100 01101	101100 1101	101100 0010
D14.4	8E	100 01110	011100 1101	011100 0010
D15.4	8F	100 01111	010111 0010	101000 1101
D16.4	90	100 10000	011011 0010	100100 1101
D17.4	91	100 10001	100011 1101	100011 0010
D18.4	92	100 10010	010011 1101	010011 0010
D19.4	93	100 10011	110010 1101	110010 0010
D20.4	94	100 10100	001011 1101	001011 0010
D21.4	95	100 10101	101010 1101	101010 0010

D22.4	96	100 10110	011010 1101	011010 0010
D23.4	97	100 10111	111010 0010	000101 1101
D24.4	98	100 11000	110011 0010	001100 1101
D25.4	99	100 11001	100110 1101	100110 0010
D26.4	9A	100 11010	010110 1101	010110 0010
D27.4	9B	100 11011	110110 0010	001001 1101
D28.4	9C	100 11100	001110 1101	001110 0010
D29.4	9D	100 11101	101110 0010	010001 1101
D30.4	9E	100 11110	011110 0010	100001 1101
D31.4	9F	100 11111	101011 0010	010100 1101
D0.5	A0	101 00000	100111 1010	011000 1010
D1.5	A1	101 00001	011101 1010	100010 1010

表 9-5 8B/10B 資料群碼(續)

群碼名稱	位元組值	八位元 HGF EDCBA	目前 RD - abcdei fghj	目前 RD + abcdei fghj
D2.5	A2	101 00010	101101 1010	010010 1010
D3.5	A3	101 00011	110001 1010	110001 1010
D4.5	A4	101 00100	110101 1010	001010 1010
D5.5	A5	101 00101	101001 1010	101001 1010
D6.5	A6	101 00110	011001 1010	011001 1010
D7.5	A7	101 00111	111000 1010	000111 1010
D8.5	A8	101 01000	111001 1010	000110 1010
D9.5	A9	101 01001	100101 1010	100101 1010
D10.5	AA	101 01010	010101 1010	010101 1010
D11.5	AB	101 01011	110100 1010	110100 1010
D12.5	AC	101 01100	001101 1010	001101 1010
D13.5	AD	101 01101	101100 1010	101100 1010
D14.5	AE	101 01110	011100 1010	011100 1010
D15.5	AF	101 01111	010111 1010	101000 1010
D16.5	B0	101 10000	011011 1010	100100 1010
D17.5	B1	101 10001	100011 1010	100011 1010
D18.5	B2	101 10010	010011 1010	010011 1010
D19.5	B3	101 10011	110010 1010	110010 1010
D20.5	B4	101 10100	001011 1010	001011 1010
D21.5	B5	101 10101	101010 1010	101010 1010
D22.5	B6	101 10110	011010 1010	011010 1010



D23.5	B7	101 10111	111010 1010	000101 1010
D24.5	B8	101 11000	110011 1010	001100 1010
D25.5	B9	101 11001	100110 1010	100110 1010
D26.5	BA	101 11010	010110 1010	010110 1010
D27.5	BB	101 11011	110110 1010	001001 1010
D28.5	BC	101 11100	001110 1010	001110 1010

表 9-5 8B/10B 資料群碼(續)

群碼名稱	位元組值	八位元 HGF EDCBA	目前 RD - abcdei fghj	目前 RD + abcdei fghj
D29.5	BD	101 11101	101110 1010	010001 1010
D30.5	BE	101 11110	011110 1010	100001 1010
D31.5	BF	101 11111	101011 1010	010100 1010
D0.6	C0	110 00000	100111 0110	011000 0110
D1.6	C1	110 00001	011101 0110	100010 0110
D2.6	C2	110 00010	101101 0110	010010 0110
D3.6	C3	110 00011	110001 0110	110001 0110
D4.6	C4	110 00100	110101 0110	001010 0110
D5.6	C5	110 00101	101001 0110	101001 0110
D6.6	C6	110 00110	011001 0110	011001 0110
D7.6	C7	110 00111	111000 0110	000111 0110
D8.6	C8	110 01000	111001 0110	000110 0110
D9.6	C9	110 01001	100101 0110	100101 0110
D10.6	CA	110 01010	010101 0110	010101 0110
D11.6	CB	110 01011	110100 0110	110100 0110
D12.6	CC	110 01100	001101 0110	001101 0110
D13.6	CD	110 01101	101100 0110	101100 0110
D14.6	CE	110 01110	011100 0110	011100 0110
D15.6	CF	110 01111	010111 0110	101000 0110
D16.6	D0	110 10000	011011 0110	100100 0110
D17.6	D1	110 10001	100011 0110	100011 0110
D18.6	D2	110 10010	010011 0110	010011 0110
D19.6	D3	110 10011	110010 0110	110010 0110
D20.6	D4	110 10100	001011 0110	001011 0110
D21.6	D5	110 10101	101010 0110	101010 0110
D22.6	D6	110 10110	011010 0110	011010 0110

D23.6	D7	110 10111	111010 0110	000101 0110
-------	----	-----------	-------------	-------------

表 9-5 8B/10B 資料群碼(續)

群碼名稱	位元組值	八位元 HGF EDCBA	目前 RD - abcdei fghj	目前 RD + abcdei fghj
D24.6	D8	110 11000	110011 0110	001100 0110
D25.6	D9	110 11001	100110 0110	100110 0110
D26.6	DA	110 11010	010110 0110	010110 0110
D27.6	DB	110 11011	110110 0110	001001 0110
D28.6	DC	110 11100	001110 0110	001110 0110
D29.6	DD	110 11101	101110 0110	010001 0110
D30.6	DE	110 11110	011110 0110	100001 0110
D31.6	DF	110 11111	101011 0110	010100 0110
D0.7	E0	111 00000	100111 0001	011000 1110
D1.7	E1	111 00001	011101 0001	100010 1110
D2.7	E2	111 00010	101101 0001	010010 1110
D3.7	E3	111 00011	110001 1110	110001 0001
D4.7	E4	111 00100	110101 0001	001010 1110
D9.7	E9	111 01001	100101 1110	100101 0001
D10.7	EA	111 01010	010101 1110	010101 0001
D11.7	EB	111 01011	110100 1110	110100 1000
D12.7	EC	111 01100	001101 1110	001101 0001
D13.7	ED	111 01101	101100 1110	101100 1000
D14.7	EE	111 01110	011100 1110	011100 1000
D15.7	EF	111 01111	010111 0001	101000 1110
D16.7	F0	111 10000	011011 0001	100100 1110
D17.7	F1	111 10001	100011 0111	100011 0001
D18.7	F2	111 10010	010011 0111	010011 0001
D19.7	F3	111 10011	110010 1110	110010 0001
D20.7	F4	111 10100	001011 0111	001011 0001
D21.7	F5	111 10101	101010 1110	101010 0001
D22.7	F6	111 10110	011010 1110	011010 0001
D23.7	F7	111 10111	111010 0001	000101 1110

表 9-5 8B/10B 資料群碼(續)

群碼名稱	位元組值	八位元 HGF EDCBA	目前 RD - abcdei fghj	目前 RD + abcdei fghj
D24.7	F8	111 11000	110011 0001	001100 1110
D25.7	F9	111 11001	100110 1110	100110 0001
D26.7	FA	111 11010	010110 1110	010110 0001
D27.7	FB	111 11011	110110 0001	001001 1110
D28.7	FC	111 11100	001110 1110	001110 0001
D29.7	FD	111 11101	101110 0001	010001 1110
D30.7	FE	111 11110	011110 0001	100001 1110
D31.7	FF	111 11111	101011 0001	010100 1110

表 9-6 8B/10B 特殊群碼

群碼名稱	位元組值	八位元 HGF EDCBA	目前 RD - abcdei fghj	目前 RD + abcdei fghj	Notes
K28.0	1C	000 11100	001111 0100	110000 1011	1
K28.1	3C	001 11100	001111 1001	110000 0110	1,2
K28.2	5C	010 11100	001111 0101	110000 1010	1
K28.3	7C	011 11100	001111 0011	110000 1100	1
K28.4	9C	100 11100	001111 0010	110000 1101	1
K28.5	BC	101 11100	001111 1010	110000 0101	1
K28.6	DC	110 11100	001111 0110	110000 1001	1
K28.7	FC	111 11100	001111 1000	110000 0111	1
K23.7	F7	111 10111	111010 1000	000101 0111	1,2
K27.7	FB	111 11011	110110 1000	001001 0111	
K29.7	FD	111 11101	101110 1000	010001 0111	
K30.7	FE	111 11110	011110 1000	100001 0111	
Notes 1 – Reserved 2 – Contains comma					

## 習題

1. 請簡述 Gigabit Ethernet 網路的基本原理。
2. 何謂『載波延伸』？Gigabit Ethernet 如何利用它來延伸傳輸距離？
3. 何謂『訊框爆發』( Frame Bursting )？Gigabit Ethernet 如何利用它來增加傳輸量？
4. 請簡略說明 Gigabit Ethernet 採用之 8B/10B 編碼的工作原理。
5. 請簡略說明 8B/10B 編碼法中『執行中偏差值』( Running Disparity, RD )的目的和計算規則。
6. 請依照表 9-1 方式，列出 35 ( D21.1 ) → 4A ( D10.2 ) → B7 ( D23.5 ) → 50 ( D16.2 ) → 5E ( D30.2 ) 的資料輸出序列的 8B/10B 的編碼，起始值 RD 為負。
7. 同上題中，發送之第一個位元串列 1010101001 ( 35 RD- ) 在傳送中發生錯誤成為 1010101000，接收端如何判斷已發生錯誤？
8. 請敘述 8B/10B 編碼系統中序列器 ( Serializer ) 和解序列器 ( Deserializer ) 之功能。
9. 請比較說明 1000Base-X 和 1000BaseT 在製作上有何不同？及其應用範圍有何不同？
10. 請比較 1000BaseX 和 100BaseFx 在製作技術上有何異同？
11. 請說明 1000BaseT 如何利用四對雙絞線傳輸 1000 Mbps，它所使用的編碼技術為何？與 100BaseTx 有何異同？
12. 何謂『5 階層脈衝振幅調變』( 5-level PAM )？請說明其製作技術。
13. 何謂『脈衝整形技術』( Pulse Shaping Technique )？請說明其功能及製作原理。
14. 何謂『回聲』( Echo )、『近端串音』( NEXT )、『遠端串音』( TEXT ) 和『等電位遠端串音』( ELFEXT )？請說明 1000BaseT 如何消除這些干擾？
15. 何謂全雙工集線器？為何 Gigabit Ethernet 以它作為終端工作站的主要佈線？
16. 請舉例說明，如何利用 Gigabit Ethernet 提昇交換器之間連線的速率？
17. 請舉例說明，如何利用 Gigabit Ethernet 提昇交換器和高效能伺服器之間連線的速率？
18. 請舉例說明，如何利用 Gigabit Ethernet 來架設傳輸骨幹？並與 FDDI 傳輸骨幹比較優異點？
19. 請簡述 10 Gigabit Ethernet 網路的基本原理。
20. 請分別說明 10GBase-R、10GBase-W 與 10GBase-X 的特性。
21. 請說明 10 Gigabit Ethernet 中『XAUI』的功能。

22. 請分別說明『分割寬波多工』( Wide Wave Division Multiplexing, WWDM )和序列式( Serial ) 傳輸模式的特性。
23. 請舉例說明，如何利用 10 Gigabit Ethernet 架設區域網路？
24. 請舉例說明，如何利用 10 Gigabit Ethernet 架設大都會網路？
25. 請舉例說明，如何利用 10 Gigabit Ethernet 架設廣域網路？