

第一章 電腦網路導論

以 OSI 參考模式為基準，介紹相關電腦網路之基本理論，讓讀者奠定良好的基礎，這些基本理論將會出現在各種型態的網路之中。

1-1 電腦網路的緣由

自從西元 1951 年 Reming TonRand 公司製造出第一部商用電腦 (UNIVAC 1) 後，緊接著，IBM(International Business Machine)公司也於同年開始銷售其第一部商用電腦(IBM 701)，從此電腦市場展開了一連串的競爭。經過半個世紀的演進，電腦由早期僅具備計算的功能(因而稱為計算機，computer) 進步到能查詢及儲存資料、並具有人工智慧、工業控制及電子商務的應用功能。由專業化的設備，演變成商業化、事務化、家庭化、甚至生活化的必需品。隨著半導體技術的發展，電腦由龐然大物 (一部電腦可能需要一棟建築物來安裝) 演變成桌上型、手提式、甚至掌上型電腦。在這漫長的演進過程中，早期電腦的販售是屬於賣方市場，世界上科技較先進的國家，如美國就認為電腦是重要的國防設施，因此不輕易出售給第三世界 (當然也不會賣給共產國家)；當時電腦買賣必須經過美國政府批准，並且保證不會用於軍事用途，因此並非有錢便可以買得到的設備。

到了 90 年代因國際社會生態的改變，電腦技術不再完全被視為重要國防機密，更多的技術轉移到民間使用。因此電腦應用逐漸走入一般商業用途，新興的電腦公司也應運而生，電腦市場更由賣方市場轉換成為買方市場。市場的競爭加速電腦科技的發展，更多的科技人員投入研發及製造，成就百花齊放之結果。

早期有一部電腦已非易事，更如何侈談電腦間的通訊？因此電腦之間通訊主要靠儲存磁帶的搬移。後來 IBM 研發出可移動的硬碟機，大大改善了資料轉存的效率。儘管如此，仍不能達到科技人員希望能自動互相傳送的需求，因為人工搬移易造成損壞，而且效率低，有鑑於此，各家電腦公司於是致力於電腦連線技術的發展。早期發展連線技術只侷限於自家電腦之間，而從未考慮到和其他廠商連線；更何況各廠商都將連線技術訂為最高機密，決不輕易外洩，如 IBM 公司的 SNA 和 Digital 公司的 DECNet 網路等等。

各家廠商剛開始建構自己的網路時，未曾考慮過如何與其他公司的電腦進行連線；但電腦世界終究不會永遠是賣方市場，顧客也不願向某家廠商購買電腦後，便如同吸食鴉片般被永遠控制著，更希望新購買的它牌電腦也能和目前使用中的電腦連線。為此，早期不同品牌的電腦，大多透過專屬的『網路閘門』(gateway)設備來連線，例如 IBM SNA 和 DECNet 網路之間必須透過 SNA Gateway 的連接才能完成通訊。

網路閘門主要負責將雙方的資料轉換，當成兩邊的中介軟體，僅能做簡單的檔案傳送。漸漸地，有一些軟體廠商開始發展出各式各樣的網路作業系統 (例如 LAN-Manager)，能安裝在不同電腦系統上，也能使不同平台電腦之間互相通訊，但所能提供的服務能力仍很弱，未能造成太大的影響力。

在 90 年代中期，世界各國專家學者期望建構一個共通的通訊協定，各家廠商按照標準協定來建構網路，讓不同廠商製造的電腦間能互相連線通訊。這個組織就是『國際標準組織』(International Standard Organization, ISO) 底下所屬的『開放式系統連結』(Open Systems Interconnection, OSI) 工作小組。

ISO 發表 OSI 建議書初期，並未引起一般大電腦公司的回應，各家依然繼續生產及發展自己的網路。但就一些新興的電腦廠商而言，原本多半沒有自己的網路，如新設計及規劃一個通訊網路，勢必花費大量的人力及物力，因此索性拿 OSI 的建議規格來建構網路。當大量的新興廠商逐漸蠶食電腦市場之後，市場已由賣方市場轉換到買方市場，加上一般客戶希望所購買的電腦能和其他不同廠家電腦連線，漸而逼迫大電腦公司提供 OSI 共通連線的協定 (到目前它們也未放棄自己的網路)。

早在越戰時期，美國國防部便利用 ARPANET 網路 (也就是目前網際網路上的 TCP/IP 網路) 將各地電腦連結在一起，並要求所屬各單位的電腦都必須具備 ARPANET 網路；其中 ARPANET 協定是一種簡單而且適合長距離間通訊的電腦連線。當時此舉並未引起廣大的迴響，直到 1990 年美國貝爾實驗室發展出 Unix 作業系統，並將 ARPANET 網路安裝在 Unix 作業系統內，成為內建 (Built-in) 軟體；之後貝爾實驗室又將 Unix 分送美國各大學作為作業系統的教材，TCP/IP 便成為各大學之間電腦連線的主要協定。隨著 Unix 在電腦界逐漸風行，許多廠商採用 Unix 作為作業系統，Unix 系統上的應用程式也因此包羅萬象，這是幾十年來電腦界各家廠商第一次採用相同的作業系統，更是促成電腦科技發展一日千里的重要推

手。而 TCP/IP 網路也隨著 Unix 作業系統，在大部分電腦之間相互連線，網路連線逐漸成為電腦設備中不可或缺的一部份。

當電腦還停留在大型主機及專屬設備時，『電腦網路』仍是遙不可及的名詞；隨著個人電腦的產生，電腦漸漸走入辦公室、生活領域內，人們才漸漸感覺到電腦之間通訊的方便性。最能將網路應用發揚光大的，首推 Novell 個人電腦網路 (Netware)。

Netware 網路能將多部個人電腦集合在一起共同處理工作，打破早期大型電腦的迷思。也就是說，以往一部大型電腦才能完成的工作，可藉由網路結合多部小型電腦共同來達成。從此以後，人們開始嚐到網路的甜頭，也致力於網路的發展。因此，網路連線也因此逐漸改變電腦世界的生態，電腦從單機處理進步到多部電腦之間共同運作，再進步到全球電腦的共同處理。在技術上，由計算機技術演進到電腦技術、資訊技術、甚至目前所稱的知識技術，這些都是網路連線帶來的改變。網路連線促使全球的知識、訊息快速的流通，更加速各行業的科技發展。

1-2 何謂電腦網路？

何謂『電腦網路』(Computer Network)？大致而言，可給予一個簡單的定義：

『電腦網路就是透過實體連線，將一些有自主性的電腦連接在一起，使其能相互通訊，共同完成某項特定工作』。

由這段敘述中，可歸納出幾個重點分別來討論：(如圖 1-1 所示)

(A) 實體連線：

電腦和電腦之間使用實體連線將其結合在一起，實體可能是金屬導線、光纖、同軸電纜、或無線電波等等。主要功能是將本地電腦的訊號或資料傳遞給另一部電腦。

(B) 自主性電腦：

任何一部電腦在網路上不能由其他電腦所啟動、停止或控制，便稱為自主性電腦，表示該部電腦具有自主處理能力。

(C) 相互通訊：

電腦間要能相互通訊，表示這其中的所有電腦必須採用某一種大家共同協議出來的通訊行為。譬如，協議出資料的表示方法，能讓通訊雙方互相了解意思。這個協議一般皆稱為通訊協定。

(D) 電腦：

任何一部具有 CPU (中央處理單元)、記憶體以及應有之輸入/輸出設備者，皆稱為電腦，各種電腦在不同應用環境裡也許會有不同的面貌，但不一定要有螢幕及鍵盤才稱為電腦。除了個人電腦、主機電腦外，以這樣的定義來看，其他如印表機、掃描器、路由器... 都可視為電腦。

(E) 特定工作：

表示電腦連線所欲完成的任務。譬如，特定工作若是網路間資料的存取，可能就需要有一部電腦負責資料庫的儲存 (如 Database Server)、而另一部電腦做資料的查詢 (如 SQL querying)。

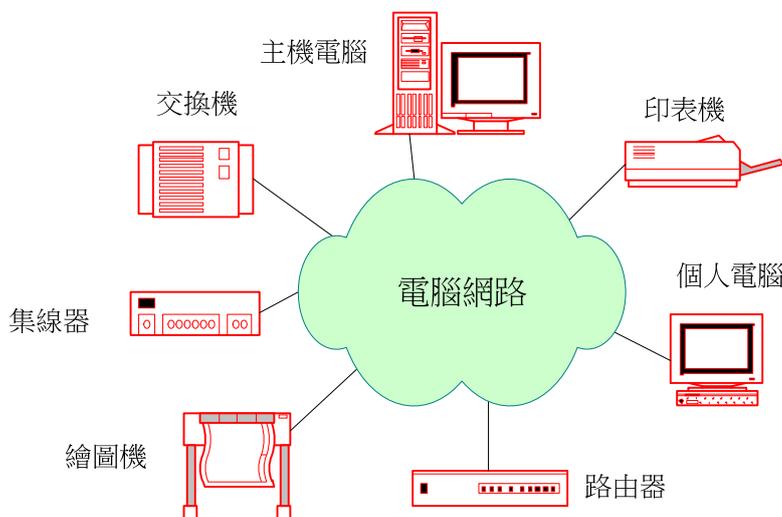


圖 1-1 電腦網路概念圖

1-3 為何需要電腦網路？

我們為何需要網路？電腦網路可以帶來哪些方面的幫助？為什麼網路會改變整個社會及工業型態？我們用幾個技術層面來探討：

(A) 資源共享 (Resource Sharing)：

電腦網路能讓使用者共享網路上的程式、資料、以及週邊設備等共同資源，而不受使用者和資源所在位置影響。

(B) 提高可靠度 (Reliability) :

可將資料或檔案儲存在網路上不同的兩、三個地方，若是其中一部機器發生了故障，使用者仍然可以從別台機器上取得這些資料或檔案。

(C) 負荷分擔 (Load Sharing) :

在網路上，如果某一部電腦負荷過大，可將其部份工作移到(migrate)其他電腦上執行。

(D)分散式處理 (Distributed Computing) :

可將某件工作依其工作內容分為多個實體，而將這些實體分散到網路上的專屬設備來完成。也就是說，由網路上若干個專屬電腦共同來完成該工作，則稱之為『分散式處理』。因此，當使用者在網路上的某部電腦執行程式時，它將不知道、也不需要知道，到底哪一部電腦執行它的程式、以及到底其所要的資源安置在什麼地方。

(E)網路通信 (Network Communication) :

早期人與人之間的通信大多透過電話網路，價格不但昂貴，而且只能做聲音的傳遞。電腦網路能讓使用者和全世界任何角落以不同媒體方式來通訊，如聲音、文字、影像等等。此外，也可透過網路收集各方面的資訊，再處理成我們所需的訊息，如目前常用的：E-mail、IP-phone、Video On Demand (VOD) 等等。

(F)電子商務 (Electronic Commerce) :

單機電腦的處理大多受限於電子資料處理 (Electronic Data Processing, EDP)，隨著網際網路的風行，電腦已走出後台的工作模式，漸漸取代人們日常作業，尤其在商業行為方面能提供更迅速、更便捷的活動。接著，電子商務應運而生，人們可利用 Web 瀏覽器處理日常的商業行為，因此改變了整個社會的傳統交易模式。

1-4何謂通訊協定？

要使網路上所有自主性電腦能互相通訊，那就必須協議出大家都能接受的通訊方法，這個由大家協議出來的通訊方法就稱為『**通訊協定**』(Communication Protocol)，我們可依下面兩個層次來探討。

1-4-1 何謂『協定』(Protocol)

以某一種大家所認同的方法來互相溝通稱之為協議。人類社會中有許多協議束縛著我們的行為，譬如，開車有交通規則、接聽電話有一般禮節、開會有議程規範、考試有考試守則等等。如果大家都遵守這些規則或協議，彼此便能合作無礙，反之則無法和其他人溝通。當協議被公認成為固定標準時，便稱之為『**協定**』(Protocol)。例如在人與人溝通方面的協定有：

- ✚ 如何建立對話的開始
- ✚ 決定溝通的語言
- ✚ 決定發言的程序
- ✚ 如何結束對話 ... 等。

1-4-2 何謂『通訊協定』

『**通訊協定**』(Communication Protocol) 就是定義電腦間互相通訊且受共同認定的協議標準，網路上所有電腦都必須依照此標準來互相通訊，才能使各個電腦間互相了解對方的意思，並能完成其共同的任務 (job)，這個協議標準則稱之。固然，通訊協定是想要通訊的雙方 (或兩個以上) 所必須依據的規範。但並非每一部電腦只能遵守一個規範，在一部電腦上可同時存在許多協定，並同時以不同的通訊協定和不同領域的電腦通訊。這樣，就如人的行為一樣，每一個人可擁有不同語言能力和生活習慣，也可以同時和不同領域的人交談或溝通。如圖 1-2 所示，在網路上存在著不同的通訊協定，例如電腦 A (採用 Windows 98) 就擁有多種通訊協定：NetBEUI、TCP/IP、IPX 和 DLC，它的通訊行為可能如下：

- **電腦 A 如果欲透過網路到電腦 B 上存取檔案**：電腦 B 是 Win 2000 檔案伺服器，它們之間的通訊就必須利用 NetBEUI 協定連接 (Microsoft 網路)。
- **如果欲透過網路到電腦 C 上瀏覽網頁**：電腦 C 是 Web Server，其所使用的是 TCP/IP，因此雙方必須用 TCP/IP 協定連結 (Internet 網路)。

- 如果欲到電腦 D 上存取檔案：電腦 D 是 Novell 的檔案伺服器，它們之間必須利用 IPX 通訊協定連接 (Netware 網路)。

所以，一部電腦上可以安裝多種通訊協定，與不同網路之間相互通訊。但如果安裝太多沒有使用到的通訊協定時，將會佔用過多記憶體，而影響電腦的執行速度。

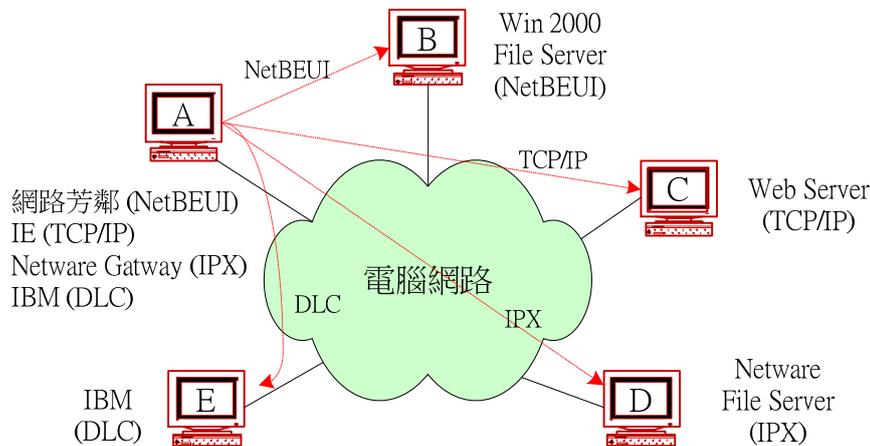


圖 1-2 各種通訊協定的連接

1-5 通訊協定的特性

到目前為止，我們知道通訊協定是讓電腦之間連接的依據。但它必須要能符合各種不同的環境因素，和不同的應用需求。因此，通訊協定必然是一個龐大軟體和硬體的結合體，該如何設計和實現 (implement) 它，的確是件不容易的事。首先我們必須先去探討通訊協定應有的特性，再依照這些特性來制定規則並加以實現，也許會比較容易。有關於通訊協定之特性，我們將其分類如下：

(A) 階層性 (Hierarchical) 或層次性 (Layered)

如同設計軟體一樣，將一個龐大的企劃案 (project) 分割成若干個獨立實體 (entity)，每個實體各自獨立實現。但對整個企劃案而言，這些獨立實體的功能有上下相連關係 (表示上一層完成工作後再交給下一層)，才能整合而成，此特性稱之為階層性或層次性。通訊協定就是利用層次性的關係，將整個通訊協定分為若干個層次來分別實現。

(B) 功能性 (Functionality)

我們希望將通訊協定區分為若干個層次來實現，但區分的標準是什麼？我們以整個通訊協定應具有的功能來區分為數個層次，每一層次處理某一（些）特定功能，層次之間的功能不能互相衝突，因此，層次也稱之為『功能層』(Function Layer)。

(C) 隔離性 (Isolationality)

因為每一層次都是獨立的，所以上下層次間沒有絕對的從屬關係，不會因上下層的更動而影響本層次的功能，本層次的變動也不會影響上下層次的功能，也就是說層次間具有隔離性，此特性為通訊協定堆疊的基本原理。就圖 1-3(a) 開會程序的層次堆疊為例，我們將臨時動議的層次抽離，而改用餐會層次，這對原來提案表決和散會的層次沒有影響。也就是說，整個開會的程序並沒有改變，至於變更某一層次則是因當時環境的需求所致。按照這個特性，我們可視不同的環境需求，將通訊協定堆疊成不同的架構，這就是通訊協定最重要的特性：『堆疊原理』。如圖 1-3 (b) 電子郵遞的例子，依照不同環境的需求，也許會連結到 Token-Ring 或 Ethernet 網路，但其對其他層次的工作並沒有影響。甚至對使用者而言，某一層次的替換並不會影響其工作型態。

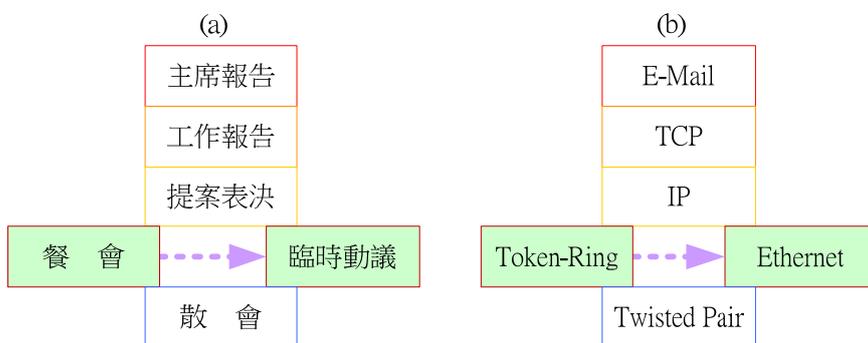


圖 1-3 通訊協定的堆疊原理

1-6 通訊協定的堆疊

其實我們可以反過來講，當我們要建構一個通訊協定時，只要依照所需求的功能和環境因素尋找對應的各功能層次，並將它們堆疊起來便可以完成，這樣的協定也稱為『協定堆疊』(Protocol Stack)。但要這些功能層次能堆疊起來，必須考慮到它們之間連結的『介面』(Interface)、和相對應電腦之間『端對端協定』(Peer-to-Peer Protocol) 的技術問題。關於這些問題，我們敘述如下：

1-6-1 層次介面 (Layer Interface)

意即上下層次的介面。任何層次都將依照其功能製作成一獨立實體 (entity)，每一層次都必須提供對上一層、或對下一層的連結程式，此連結程式稱之為『層次介面』(Layer Interface)。這個觀念就如同硬體介面一樣，當主機板要和 I/O 介面卡 (如 VGA 顯示卡) 連接時，必須透過標準介面 (如 PCI 介面) 來定義每個連接接腳 (pin) 的訊號方式。軟體介面程式也是一樣，但它是利用程序呼叫所攜帶的參數來作訊息的傳遞，這些層次之間的專屬程序，便稱之為『介面程序』(Layer Procedure)。如圖 1-4 所示，我們將通訊協定依照功能區分為七個層次，每一層次和它的上下層之間的聯繫，便需透過介面程式來連結。

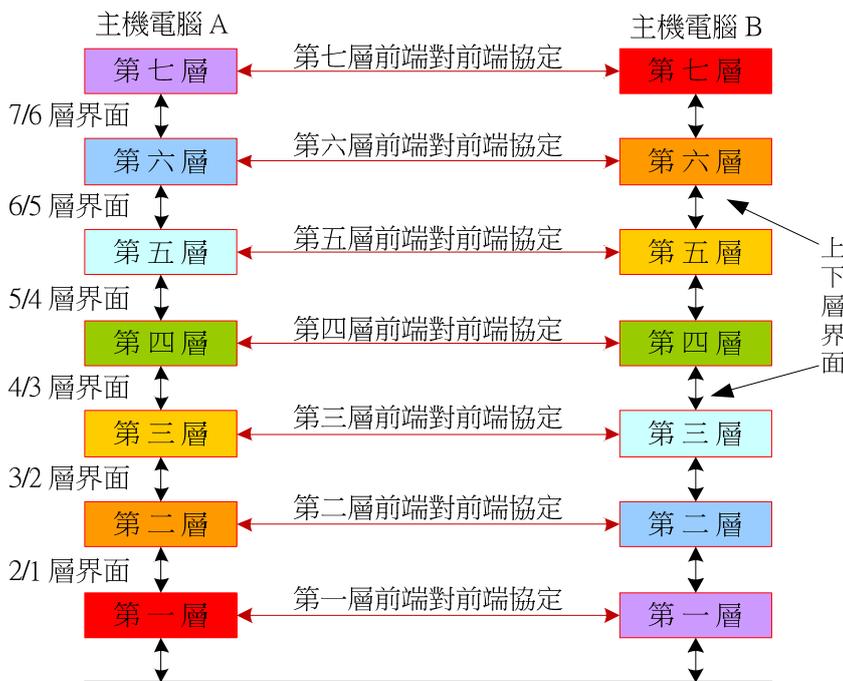


圖 1-4 通訊協定之介面與端對端協定

如果將這些介面程式制定成標準格式，各家廠商在發展通訊協定時，雖然使用自己的特殊方法製作層次內所需功能，但層次之間的介面程式卻都依照標準格式製作。如此一來，不同廠商所發展的通訊協定便很容易結合，達到通訊協定堆疊的功能。

1-6-2 端對端協定 (Peer-to-Peer protocol)

互相連線中的電腦，依照通訊協定所需功能區分為數個層次，每一層次負責某一部分功能，因此電腦間的相對層次間必須協議出共同的工作模式，這個協議稱為『端對端協定』(Peer-to-Peer protocol)。如果通訊中的電腦，其通訊協定中所有層次都能協議出共同認定的方法來通訊，對通訊協定而言，整個通訊協定的製作便算成功。但在不對稱的層次間（譬如第四層和對方第六層或第五層）則不受此限。

依照此方法才能將各個功能層次完全分割出來，也才能容易地實現網路通訊協定。

1-6-3 介面程序的連接

一般主機電腦都屬於『多元程式系統』(Multiprogramming System)，也就是說在一部電腦內也許會有多個應用程式在執行。每一個應用程式呼叫任何一層通訊協定時，所產生的程式稱之為通訊軟體。一個應用程式在每一層裡也許會產生一個以上的通訊軟體，而這些上下層的通訊軟體之間的聯繫必須透過『服務存取點』(Service Access Point, SAP)。所謂服務存取點就是層次介面所產生的邏輯編號，每一個邏輯編號代表一條『虛擬鏈路』(Virtual Link)。如圖 1-5 所示，第 N+1 層通訊軟體呼叫第 N 層通訊協定，所產生的服務存取點便表示已銜接 (Attach) 到第 N 層；第 N 層也用同樣的方法連接到第 N-1 層。兩端應用程式就是利用這些虛擬鏈路串接在一起，這也稱為『連線』(Connection)。這條連線提供彼此通訊的管道，因此，通訊連線必須具有下列特性：

- **通訊語法 (Syntax)**：制定資料傳送格式。
- **資料語意 (Semantics)**：制定傳送資料之各欄位意義及錯誤處理方法。
- **時序 (Timing)**：制定彼此傳送之速度控制及順序。

依照這些特性所攜帶的訊息才能使通訊雙方同等層次之間溝通，也就是所謂通訊協定的製作。例如，圖 1-5 之中，通訊雙方的第 N 層之間的協定所示。

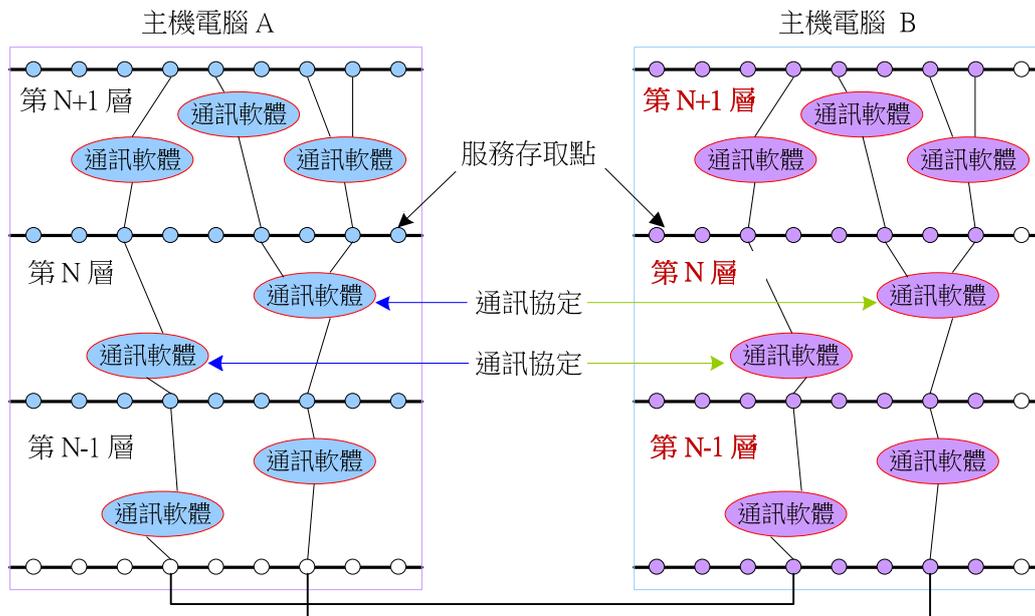


圖 1-5 通訊軟體之間的連線與通訊

1-7 OSI 參考模型

早期通訊協定的制定，各廠商依照自己環境需求而建構，不同廠家之間的電腦網路無法相互連接，我們稱之為『封閉系統』(Closed System)。隨著電腦的普及化，封閉式的通訊協定漸漸失去競爭力，制定國際化的標準協定就有其必要性。雖然目前網路上的通訊應用程式並非完全都依照國際標準協定製作（甚至 OSI 通訊協定標準已漸漸被市場淘汰），各廠商會依照自己所提供的服務功能製作不同的協定。但網路廠商皆以 OSI 通訊協定的架構作為參考模型，也按照各層次的功能為標準來製作。因此，在不同的通訊協定之間連結還不至於太困難，各廠商的電腦網路依然都能連結並互相通訊。

『國際標準組織』(International Standards Organization, ISO)在 1978 年制定『開放式系統連結』(Open Systems Interconnection, OSI)，當 ISO 制定 OSI 標準時，主要依照下列原則來制定：

- (1) **層次不可太多**。太多層次的結構在整合工作上較複雜且較困難，會產生許多不必要的工作負荷 (Overhead)。
- (2) **層次不可太少**。如果層次太少，那麼各個層次間的功能便非常難區分，也失去階層性的意義。

- (3) 將相同功能之通訊協定規範於同一層，而且不可和其他層次相牴觸。
- (4) 允許改變某一層次的功能或通訊協定而不影響其他層，也就是通訊協定的堆疊性。
- (5) 每一層次之邊界只與其上一層或下一層有關。

OSI 依照上述的原則將通訊協定的功能區分為下列七個層次 (如圖 1-6):

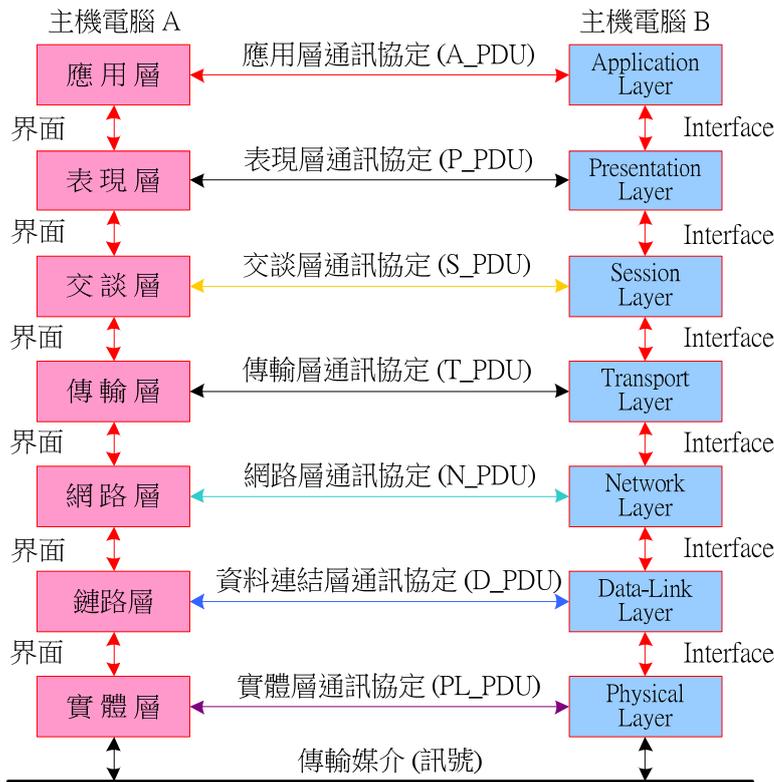


圖 1-6 OSI 參考模型

- (1) 第一層 — 『實體層』(Physical Layer): 主要是定義網路系統中實際的連線，如同軸電纜、雙絞線、光纖、無線電波等等。其中還包括定義機械、電氣實際傳輸資料的硬體設備規範，像是纜線規格、接頭尺寸、訊號電壓、資料傳輸時序...，譬如 RS-232、RS-499、X.21 等等。
- (2) 第二層 — 『鏈路層』(Data-Link Layer): 主要是定義如何將傳輸資料分裝成資料封包格式的規格，檢查資料傳輸錯誤的方法、以及執行資料傳送中的同步化問題、錯誤控制、流量控制和鏈路管理等等，以確保經過實體層資料的可靠性及整合性，譬如 Ethernet、IBM SDLC、FDDI 等網路連結技術。

- (3) **第三層 — 『網路層』(Network Layer)**: 主要是定義電腦之間虛擬電路的建立、維持和終止，封包交換的路徑選擇、壅塞疏通及流量控制等，並確保網路第四層以上的工作和第三層以下的實體之間傳輸、交換的技術互不相關。另外，網路層的特殊功能在於規劃路徑協定中的交換功能，譬如 IP (Internet Protocol)。
- (4) **第四層 — 『傳輸層』(Transport Layer)**: 定義真實的發送端和接收端，亦可稱為端點對端點 (End-to-End) 連線技術，主要的工作是資料傳送及流程控制等等。其中包含資料封包的傳送線路、傳輸錯誤的偵測和復原、以及資料封包的重新排列，確保所有資料片段都能正確無誤地傳送完成，例如 TCP 協定。
- (5) **第五層 — 『交談層』(Session Layer)**: 定義不同機器上使用者雙方會議的建立、維持和終止的方法。除了建立許多應用程式之間的對談 (Dialogue) 外，還提供了一些加強型的服務。譬如網路管理、密碼辨識、簽到簽退、網路監控、對談控制、符記管理 (Token Management) 及同步管理 (Synchronization Management) 等。
- (6) **第六層 — 『表現層』(Presentation Layer)**: 主要是定義應用程式和通訊軟體控制程式之間的資料格式及轉譯。譬如資料的壓縮和還原、網路安全、檔案傳送格式的轉換等等，目前更著重於資料加密和解密的工作。
- (7) **第七層 — 『應用層』(Application Layer)**: 是 OSI 模式的最上層，主要定義使用者和通訊軟體之間的介面。最常見的形式就是一般的網路應用程式，功能包括檔案的開啟、關閉、讀取、及複製等。例如電子郵遞系統、資料庫管理系統。

OSI 通訊協定標準自 1978 年公佈後，當時大部分網路專業人士一致認為它會成為未來網路的標準，而且七個層次的架構相當類似 IBM SNA (System Network Architecture) 網路的七個層次。當時 SNA 網路已在電腦市場上使用一段長的時間，因此大家對 OSI 架構更有信心，也有不少廠商生產 OSI 網路產品。但好景不常，OSI 網路要求過高，當時工業環境還不需要如此完美的網路，同時生產 OSI 網路費用也過於龐大。一般廠商還是喜歡最簡單，速度較快的 TCP/IP 網路。再加上 Unix 作業系統風行，TCP/IP 網路又不需另外購買 (隨機贈送)，網際網路開始製作時也架設在 TCP/IP 網路上，使 TCP/IP 網路更風行，於是 OSI 網路在商場上便漸漸褪色。

OSI 網路上所制定的七個層次可以描述出整個通訊協定應具有之功能，和實現網路的基本技術。雖然 OSI 網路不再風行，但是其架構是我們學習網路理論最完整的教材，所以我們還是以 OSI 七個層次來探討電腦網路的理論。

目前網際網路上的應用愈加廣泛，尤其在電子商務方面要求更高，既有 TCP/IP 網路所提供的功能已漸感不足，必須再加入其它層次的功能，因此現今的 TCP/IP 網路所提供之功能又漸漸接近於 OSI 網路。唉！我們也可以說，不是 OSI 網路不好，而是時機不對。

1-8 通訊協定的基本功能

通訊協定中，每一層次都是獨立的通訊實體，為了使上下層次能完全連接，並且和通訊對方的相對層次之間可以充分表達意思，因此每一層次都必須具備一些基本功能才能完成其任務。這些基本功能如下：

- ✚ 協定資料單元的包裝與拆裝 (Encapsulation/Decapsulation)
- ✚ 協定資料單元的分段與組合 (Segmentation/ Reassembly)
- ✚ 通訊連線的建立 (Connection establishment)
- ✚ 資料傳送的流量控制 (Flow control)
- ✚ 資料傳送的錯誤控制 (Error control)
- ✚ 通訊連線的多工處理 (Multiplexing)

1-8-1 協定資料單元的包裝與拆裝

通訊協定中各個層次都是獨立的，兩個通訊實體 (傳送端和接收端雙方的同一層次) 之間所交換的資料，稱之為『協定資料單元』(Protocol Data Unit, PDU)；例如，兩個相對網路層之間的資料稱為『網路層協定資料單元』(Network Layer Protocol Data Unit, NL_PDU)。依照通訊協定，傳送端必須在相對層次中，將雙方的控制訊息加入；接收端的相對層次再將控制訊息取出。這加入和取出控制訊息的動作，就是利用各個層次的包裝及拆裝來完成 (如圖 1-7 所示)。

(A) 包裝 (Encapsulation) :

傳送端之 N 層接收到 N+1 層的『協定資料單元』(PDU) 時，即加入本身層次的控制訊息於該 PDU 的前端 (Protocol Head)，重新組成本層的 PDU，再傳送給下一層次 (N-1 層)，此程序稱之為包裝。

(B) 拆裝 (Decapsulation) :

接收端之第 N 層接收到其下一層 (N-1 層) 傳上來的 PDU 時，須將屬於本層的控制訊息取出，再依控制訊息事項對剩餘資料給予適當的處理。然後將處理完的訊息往上一層 (N+1 層) 傳送，此過程稱之為拆裝。

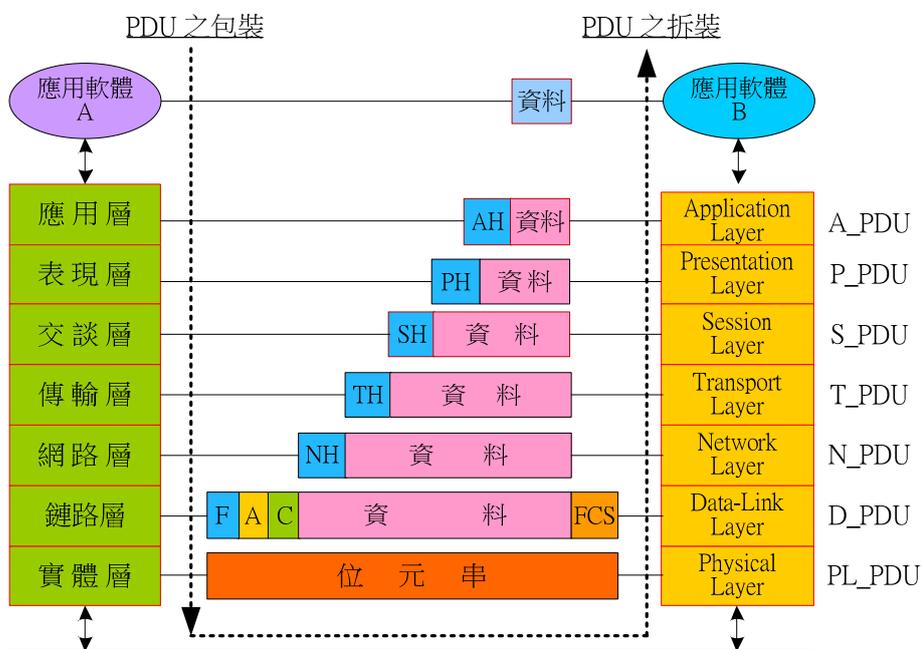


圖 1-7 協定資料單元之包裝與拆裝

1-8-2 協定資料單元的分段與組合

在通訊協定中，每一層次的協定資料單元(Protocol Data Unit, PDU)大小並非完全一樣。尤其在堆疊原理之下，某一層次的上一層或下一層會依照環境的需求而堆疊不同的協定，因此層次之間 PDU 的大小根本無法標準化。所以當上下層次的 PDU 長度不同時，便須利用分段和組合技術來調整 (如圖 1-8 所示)。

(A) 分段 (Segmentation) :

傳送端第 N 層的 PDU 大於下一層 (N-1 層) 容量時，必須將本身的 PDU 分成若干個較小的片段 (Segments)，片段大小必須符合下一層 PDU 的長度限制，這個動作稱之為分段。

(B) 組合 (Reassembly) :

接收端之第 N 層將數個 N-1 層的 PDU 組合成原來的 PDU 格式。

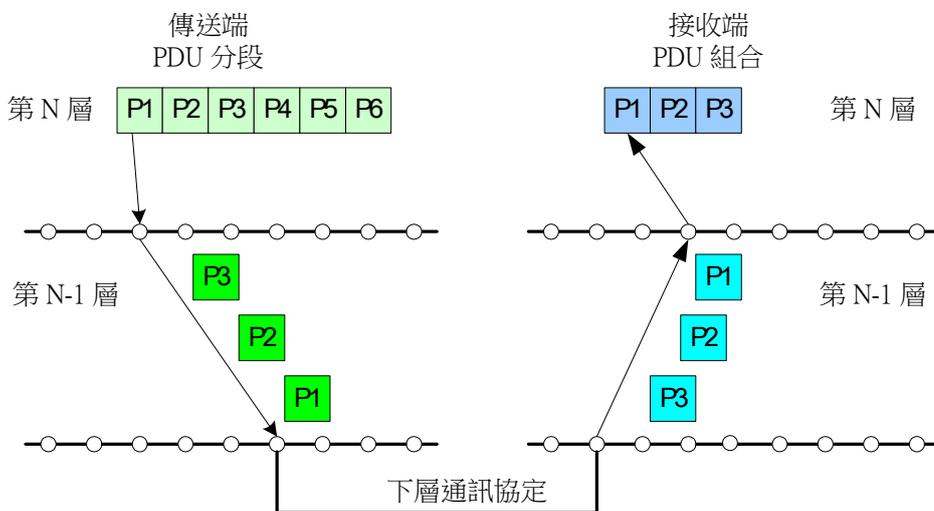


圖 1-8 協定資料單元之分段與組合

1-8-3 通訊連線的管理

針對通訊連線的管理可區分為：連線建立、流量控制及錯誤控制等三種主要功能，以下分別述之：

(A) 通訊連線的建立 (Connection Establishing)

兩個對等實體 (通訊協定中某一層次) 之間想要傳送資料時，必須建立一條通訊連線 (Connection)，爾後雙方傳送資料或是回應確認信號便依靠這條通訊連線傳送；當雙方結束通訊時，再釋放這條通訊連線。通訊連線的建立方式如下：某一層次要求建立連線，便將要求訊號傳給下一層，下一層再將建立連線訊號往它的下層傳送，如各層之間都連線成功，表示各層都有取得通訊鏈路。例如第五層通訊軟體要求連線，要求訊號往第四層傳送時，如果

第四層有空間路徑便同意連線。第四層再往第三層要求連線，第三層如有空間鏈路亦會同意連線...依此類推。當訊號到達對方電腦也一樣，例如第二層接受連線，便往第三層要求連線，第三層如有空間鏈路便同意第二層連線；第三層再要求第四層連線... 如果對第五層的要求連線也成功，表示雙方電腦由第五層以下 (5、4、3、2、1) 都已要求到通訊鏈路並建立連線。

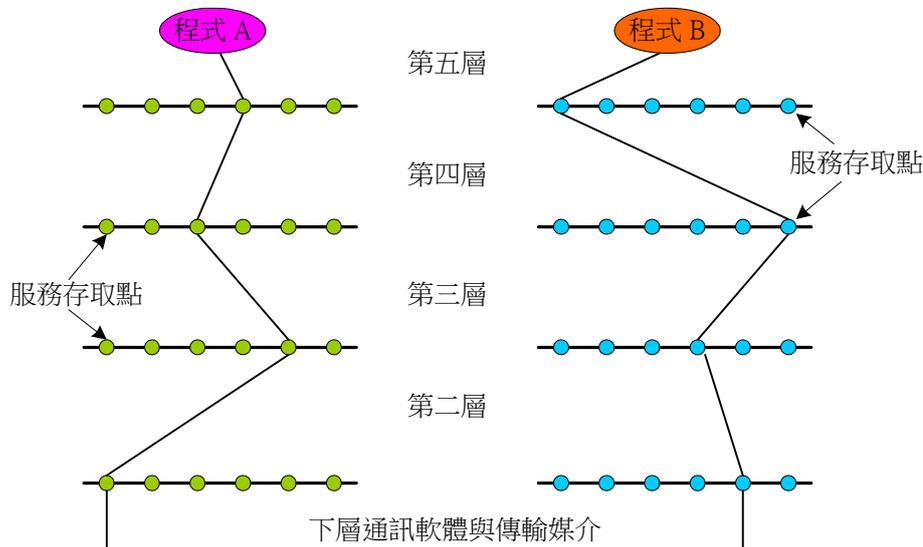


圖 1-9 通訊連線的建立

(B) 流量控制 (Flow Control)

當通訊實體之間的通訊連線建立後，我們必須控制雙方傳送資料的速度，如果傳送速度過快，接收端的緩衝器將會爆滿 (Overflow) 而遺失資料。這個控制稱之為流量控制。

(C) 錯誤控制 (Error Control)

傳送端依照通訊連線傳送資料給接收端，在傳送過程中也許會遭受干擾或其他因素而發生錯誤，如果欲使接收端有能力偵測出資料已發生錯誤，那麼在資料傳送前，傳送端必須做一些必要的處理，接收端才能依照傳送端的處理來偵測是否發生錯誤。如果接收端發現資料錯誤 (損壞或遺失)，必須要求重新傳送，這訊息該如何告知傳送端？傳送端又如何判斷對方確實沒有正確收到訊息... 諸如此類的資料錯誤偵測和重新傳送處理的方法稱之為錯誤控制。

1-8-4 通訊連線的多工處理

通訊協定中，上下層之間的連線是利用每一層所提供的『服務存取點』(Service Access Point, SAP)，當上層想要傳送資料給下層，就必須接續 (Attach) 到下層的 SAP；下層欲傳送資料給上層也是一樣。但是在一個通訊鏈路中，上層和下層之間的連接並非一定是一對一的接續 (Attach)，如果有超過一個接續以上，我們稱為多工處理。有下列三種方式：(如圖 1-10 所示)

(A) 一對一多工：

上層和下層之間只有一對一的接續到服務存取點。表示兩端接續之間自始至終只有一條連線。

(B) 向上多工 (Upward Multiplexing)：

如果第 N 層將對上一層 (N+1 層) 的多個接續點組合成一個接續點往下層 (N-1 層) 傳送，則稱之為『**向上多工**』，表示第 N 層將上一層多條連線組合成一條連線往下層傳送。多工的原因可能是多條鏈路必須共用一條下層通道。例如 TCP/IP 通訊協定，就是多條 TCP 鏈路共用一條 IP 連線；又如 IEEE 區域網路中，也容許多條 LLC 鏈路共用一個 MAC 連線。但也有可能是組合不同應用程式往同一地址傳送。

(C) 向下多工 (Downward Multiplexing)：

第 N 層將上一層 (N+1) 的連線拆解成多條連線分別往下一層 (N-1) 傳送。若同一條連線與上一層之間的接續點只有一個，但往下層卻有多個接續點，則稱之為『**向下多工**』。多工的原因可能為了建立多條連線加快傳輸速率，例如，傳輸線路採用 T1 專線，一條通訊連線由 24 條鏈路傳送訊息。

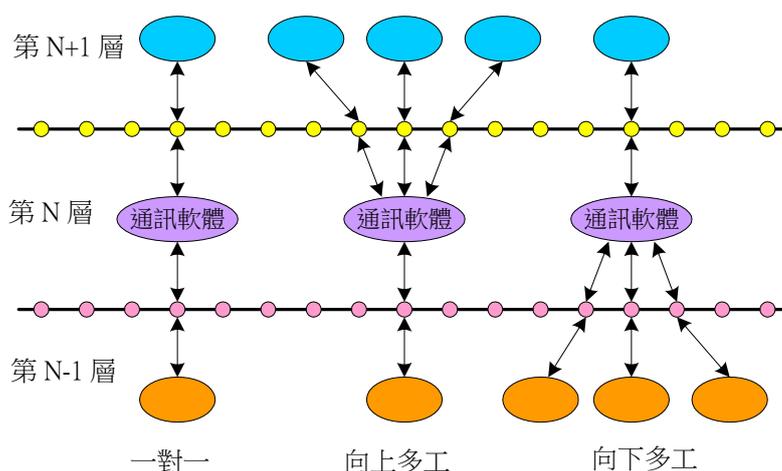


圖 1-10 通訊連線的多工處理

1-9 電腦網路的種類

談到網路的種類，一般人易被眾多名詞混淆，往往弄不清楚到底在談什麼網路。有鑑於此，我們用四個方向來分辨網路的種類：(1) 由網路涵蓋範圍來區分；(2) 由網路所使用的通訊協定來區分；(3) 由網路開發廠商命名來區分；(4) 由網路應用範圍來區分。以下分別敘述之。

1-9-1 以網路涵蓋範圍區分

以網路涵蓋範圍來區分網路，由大而小約略可區分為：廣域網路、大都會網路和區域網路，各種網路的連接技術有很大的差別，分別敘述如下。

(A) 廣域網路

『**廣域網路**』(Wide Area Network, WAN) 是指網路連結地區的範圍較廣，例如目前所使用的 Internet 網路。整個網路是由各地區網路連結而成，我們很難預估網路範圍到底已經涵蓋到多大、有多少電腦或網路連接上它。因此，對整個網路來講，它的管理非常鬆散，可靠性也較低，其特性如下：

- (1) **傳輸媒介限制**：傳輸距離較遠，因此無法採用較高級的傳輸媒介，只能使用較便宜、品質較差的傳輸媒介，如電話線、無線電波等等。
- (2) **可靠度 (reliability) 較低**：傳輸媒體受限制、傳送距離又較遠，必然降低其可靠度，使用者利用網路做資料處理的可靠度亦然。
- (3) **傳輸速率較慢**：因為傳輸距離遠、線路品質較差，網路上的傳輸速率自然較慢。
- (4) **應用上較受限制**：由於網路的可靠性較低、傳輸速率也較低，對於一般較高等的應用便不敷實際需求 (如負荷分擔、工廠自動化等等)。通常應用於訊息的傳遞或較少量的資料處理，如電子郵件、檔案傳送、網頁瀏覽等等。

(B) 大都會網路

『**大都會網路**』(Metropolitan Area Network, MAN) 是指電腦網路分散在一個較大、但仍明確限制在某一個範圍內的網路，如 HiNet 或 SeedNet 網路。由於大都會網路還是有範圍的限制，對整個區域來講，網路的可靠性和傳輸速率較容易掌握。一般大都會網路都用網路骨幹將各小地區結合在一起，任何網路位址發生異常狀態，網路提供者皆能輕易維護，並控制其傳輸流量，其特性如下：

- (1) **傳輸媒介較好**：傳輸距離雖稍遠，但固定某一區域，對整個網路的佈線可採用品質較高、可靠性較高的傳輸媒介。
- (2) **可靠性較高**：網路限制於一定的範圍，整個網路維護較易，品質也能保證在某一程度內，因此網路的可靠性也較高。
- (3) **傳輸速率較快**：傳輸媒介較好、網路品質較高，整個網路的傳輸速率便可保證在某一程度上，因此對整體速率而言也較快。
- (4) **應用範圍稍廣**：網路品質和傳輸速率可保證在某一程度上，因此可利用網路處理較複雜、而且較重要的工作。一般應用於辦公室自動化、或較高階的電子商務，如供應鏈管理、B2B 等等。當然廣域網路上的應用也適用於大都會網路。

(C) 區域性網路

『**區域網路**』(Local Area Network, LAN) 是指分散在某一較小範圍內的網路，如一家公司或某一校園內、甚至在一個機箱裡。因此，整個網路的環境非常容易控制及管理，無論網路穩定度和傳輸速率也較理想，其特性如下：

- (1) **傳輸媒介良好**：因傳輸距離較近，網路上可使用較昂貴、品質較高的傳輸媒介，如同軸電纜、光纖電纜等。
- (2) **傳輸速率高**：在良好的傳輸媒體上，要求的傳輸速率愈來愈高，目前可達 100 Mbps、1000Mbps 以上。
- (3) **網路可靠性高**：傳輸媒體良好、又限制在較小區域，對網路的管理及維護較為容易，整個網路的速率及通訊品質也較能保證在一定程度上，因此網路的可靠性自然較高。

- (4) **應用範圍廣泛**：區域網路的應用是將網路的功能發揮到淋漓盡致，一般我們探討的網路功能幾乎都可以在區域網路上應用，如分散式處理、負荷分擔、以及工廠自動化等等。

由上面的分析，網路範圍大小牽涉到使用傳輸媒體的限制，因而影響到傳輸速率和網路的可靠度，也限制網路應用的層次。目前政府致力於寬頻網路的發展，儘量提高線路傳輸品質及速率，來將區域網路的範圍一再擴充，不再侷限於單一公司或校園內；而是慢慢隨著技術的發展，擴充到整個台灣或全世界。

另一方面，若由網路架設者來分辨上述三種網路，那麼廣域網路大多屬於實體網路連結方面，一般提供該項服務者皆稱之為『網路存取提供者』(Network Access Provider, NAP)，譬如中華電信公司。廣域網路公司提供各種傳輸連線 (如專線、ADSL 或電話撥接)，讓各個大都會網路公司來連結，譬如，TANet 或 SeedNet 都必須向中華電信承租各種網路連線，來整合各地的區域網路。因此，如以台灣目前的網路環境而言，提供廣域網路者為中華電信或新世紀公司，而 HiNet、TANet 網路是屬於大都會網路，至於各公司行號、學校、乃至個人網路都屬於區域網路。

1-9-2 以通訊協定區分

這是一種將網路依照其上使用何種通訊協定來區分網路種類的方法。然而按照通訊協定堆疊原理，不同層的網路協定也可以堆疊而成較完整的網路功能，例如，第一、二層使用 Ethernet 網路，而第三、四層使用 TCP/IP 網路。其實，一個使用中的網路，大多是由若干個網路協定堆疊而成；至於應該由什麼樣的網路堆疊而成、又該依哪一層來區分網路種類，必須依網路環境與管理的實際需求決定。以下列出較常用的網路種類：

- **Ethernet 網路**：網路上使用 Ethernet 通訊協定，相當於 OSI 參考模型中的第一、二層協定。
- **Token-Ring 網路**：網路上使用 Token-Ring 通訊協定，相當於 OSI 參考模型中的第一、二層協定。
- **ATM 網路**：網路上使用 ATM 通訊協定，相當於 OSI 參考模型中的第一、二層協定。

- **TCP/IP 網路**：網路上使用 TCP/IP 通訊協定，相當於 OSI 參考模型中的第三、四層協定。
- **ADSL 網路**：使用 ADSL 協定所架設的網路，相當於 OSI 參考模型中的實體層。
- **寬頻網路 (Broadband)**：使用寬頻技術所架設的網路，相當於 OSI 參考模型中的實體層。
- **基頻網路 (Baseband)**：使用基頻技術所架設的網路，相當於 OSI 參考模型中的實體層。

1-9-3 以廠商命名區分

一般網路製造廠商會將自己所出產的產品給予一個網路名稱，這些網路大多是一個完整的應用環境，有時候我們也稱之為網路作業系統。各種網路都提供若干個網路應用程式，一般也會提供軟體開發介面，讓其他廠商或使用者開發網路應用程式，各種網路為了能符合環境需要，也會提供多種通訊協定的堆疊。以下列出較常見的網路：

- **ARPANET 網路**：是由美國國防部所發展出來，基本上提供：電子郵遞、檔案傳送、遠端登入、遠端複製等功能。
- **Microsoft 網路**：是由 Microsoft 公司所發展出來，基本上提供：檔案伺服器、電子郵遞、資料庫伺服器等功能。
- **Netware 網路**：是由 Novell 公司所發展出來，其功能類似 Microsoft 網路。
- **Internet 網路**：為目前網際網路的代名詞，基本上也屬於 ARPANET 網路，提供：網頁伺服器、電子郵遞、電子商務等功能。
- **SNA 網路**：是由 IBM 公司所發展出來，主要為辦公室自動化、商業應用系統等功能。

1-9-4 以應用範圍區分

除了以上三種分類外，我們也喜歡利用網路的應用範圍來區分網路，這也可以讓我們很快的知道該網路應有的技術和實現的方法，如下列：

- **學術網路**：作為教學研究使用。
- **辦公室自動化網路**：一般辦公室所使用之網路。
- **工廠自動化網路**：工廠內各機械連結之網路。
- **教學網路**：從事教學使用之網路。
- **醫學網路**：連結各醫院、學校作為醫學研究使用之網路。

習 題

1. 何謂電腦網路 (Computer Network) ? 並說明其特性 ?
2. 何謂通訊協定 (Communication Protocol) ? 並說明其特性 ?
3. 何謂通訊協定中的介面程式 (Interface) ? 及端對端協定 (Peer-to-Peer Protocol) ?
4. 請說明 OSI 參考模型中有哪七個層次 ? 並說明每一層次的基本功能。
5. 請列出通訊協定中各層必須具備哪些基本功能。
6. 請說明協定資料單元 (PDU) 的包裝和拆裝功能。
7. 請繪圖說明協定資料單元 (PDU) 的分段和組合 ? 並舉例說明其發生的原因。
8. 請繪圖說明通訊連線的多工處理 ? 並舉例說明其發生的原因
9. 請列出下列網路是由哪些 (或可能由哪些) 通訊協定堆疊而成 :
 - (1) Microsoft 網路
 - (2) Internet 網路
 - (3) Netware 網路
 - (4) NFS 網路