

第一章 TCP/IP 網路簡介

1-1 TCP/IP 與 Internet 網路

『網際網路』(Internet)已漸成為電腦網路的代名詞，也和人們的生活、工作、休閒，甚至政治、經濟、國防密不可分。早期電腦網路是一個嚴肅的話題，也是專業領域的特殊應用工具。自從有了 Internet 網路後，電腦網路由專業領域走入商業應用，更進而帶入日常生活裡，使電腦網路與人們各種活動緊密相連著。如果有人存心要遠離電腦網路，在目前社會環境裡已幾乎不可能。

早期在世界任何一個角落裡發生事件，由耳語相傳、飛鴿傳書、無線廣播到報紙登錄，這可能要花費一段時間，當您收到此訊息時，恐已無時效性可言。近年來由於廣播事業的發達，在任何地方發生事件，我們幾乎可以同步知曉。整個地球環境好像已變小了，歐洲、非洲、美洲、甚至南極、北極都與我們相鄰，世界不再那麼神秘莫測了，人與人之間的相依賴生活也愈來愈緊密，想要回到與世無爭的自然環境裡也愈加困難喔！

雖然廣播事業加速連結整個社會，但它還是單方向的傳播方式，對於知識傳遞還是緩慢的。世界任何地區發展出的新科技技術，要傳播到其它角落，讓各地區人們共享其成果或共同來研究發展，可要花費一段長的時間。Internet 網路彌補這個漏洞，它不但使有形的聲音、影像傳遞迅速，更可貴的是快速流通各方面的資訊。隨著資訊快速流通，知識的廣播更加細膩、廣泛，讓各地區能共同發展科技、文化，並使整個世界的科技、藝術、文明迅速緊密地結合在一起。

知識科技的洪流是無止境的，雖然 Internet 改變了整個社會的型態，也因為知識的流通快速，使 Internet 的技術更加快速發展，也更快速的帶動社會發展。許多人告訴我，她/他不願再學資訊科技了，因為無法追得上技術的發展，本人誠懇忠告，想要像過去只要學習一項技能，便能頤養終身，在目前社會裡幾乎是不可能了。不只有資訊科技發展迅速，無論化學、機械、電機、甚至法律、商學、歷史、地理等等各方領域的發展都非常快速。這是因為知識領域不再像過去那樣只侷限於某一範圍，而是要整合各方領域學習，才能符合目前環境的需求。追根究底皆拜 Internet 網路所賜，唉！Internet 網路真是讓人又愛，又恨。

1-1-1 何謂 Internet ?

何謂 Internet ? 即是：

『利用 TCP/IP 通訊協定所構成的公眾網路』

也就是說，連結 Internet 上的電腦，都必須具有 TCP/IP 協定的通訊能力。但從另一方面來講，由於 Internet 網路的風行，絕大部分的電腦都具有 TCP/IP 通訊能力，也讓絕大部分的電腦都能連接到 Internet 網路，因此要說它是整合全世界網路也不為過。Internet 今天有此成就不但要感謝 Internet 網路的工作者，更要感謝許多沒沒無聞的幕後英雄，由於他們在 Internet 網路上提供許多可貴的資源，才會讓人們願意使用它，也才能使 Internet 快速發展。由於更多的資源取得方便，也刺激 TCP/IP 網路技術的發展，它們之間是相輔相成的。因此，Internet 的演進，許多人都說是偶然的、不可預測的。

欲整合全世界網路是何等的浩大工程，試想電話系統經歷百年的努力，才將全世界電話系統整合起來，但到目前為止，也沒有真正成功，還有許多地區必須透過人工的轉接，無法達到自動化環境。這牽涉到各地區的經濟、語言、政治、文化環境等等因素。再從另一個觀點來看，電話系統的發展為何如此的緩慢，主要原因電話系統是一個嚴謹、品質較高的網路環境，簡單的說，它是一種昂貴的系統，必須大型的電信公司才能完成工作。反觀 Internet 是一種便宜、而且鬆散的網路環境，任何人經由簡單的設備(數據機或路由器)便可以隨時連結或退出網路。再從另一個觀點來看，電話系統是由上而下發展而來，有了大型公司的網路系統，再延伸到各地的電話系統，甚至這些工程都由大型電信公司承攬。而 Internet 網路是由下至上，首先各地區(公司、學校、單位)依照需要建構網路，再由同一性質的單位(如，學校)將他們的網路連結成較大的網路(如，TANET)，再由此網路連結到其他網路上。Internet 網路就是如此一層一層建構而成，它的成員都是自發性而非強迫的，任一成員(電腦或網路)都可隨時選擇它要在哪一個連結網路底下。因此，Internet 網路的形成架構如圖 1-1 所示。

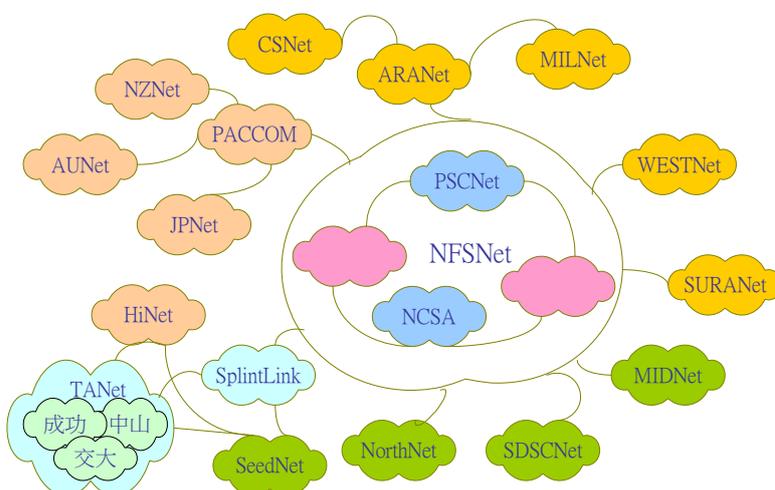


圖 1-1 Internet 網路架構

1-1-2 TCP/IP 網路史觀

Internet、ARPANET 或 TCP/IP 網路的名稱一直困擾著許多讀者，如欲了解它們之間的關係，必須由它們之間歷史演進說起。

在 1960 年代末期，美國國防部(Department of Defense, DoD)有鑒於機構內，不同廠商之電腦充斥，各種電腦都有自己的作業系統及網路，彼此之間溝通非常困難，甚至無法互相傳送檔案，因此決定建構一個標準的通訊協定，讓不同廠商之間的電腦能夠連結在一起，並能互相通信及傳遞資料。於是在 1968 年接受若干大學和公司的建議，成立『**國防部尖端研究企劃署**』(Defense Advanced Research Project Agency, DARPA)負責該項工作。初期 DARPA 架設一個實驗性的分封交換網路，稱之為『**ARPANET**』，作為連結一般政府機關及實驗室的電腦，效果非常良好。同一個年代 Unix 也在 Bell 實驗室發展出來。

1970 年代初期，ARPANET 開始嘗試加入不同的傳輸介質，如移動式無線電、衛星連線等等。直到 1975 年，DARPA 制定了標準介面，使其更容易連接一般區域性網路，例如 Ethernet 或 Token-Ring 網路等，TCP/IP 的基本雛形就因此而誕生。到了 1980 年，TCP/IP 正式問世，DARPA 為了推廣它，便以極低的價格安裝在不同電腦上，然而當時各大型廠商都有自己的網路系統，對於 TCP/IP 的發展也興趣索然，DARPA 便以提供獎學金方式，與柏克萊(Berkeley)大學合作，將 TCP/IP 植入 BSD Unix 作業系統內。隨著 Unix 作業系統漸漸普及於各大學之間，TCP/IP 也漸成為各大學和研究機構之間電腦的主要連線，當時 ARPANET 和 TCP/IP 網路幾乎成為代名詞。1983 年美國國防部為了顧及機密要求，將 ARPANET 分割成兩個網路：MILNET 和 ARPANET。ARPANET 為非機密部分；而 MILNET 為機密部分，僅供與 DoD 簽約合作之廠商使用。在同一時期，Internet 網路也漸風行於各學校與研究單位之間，當時它代表由 MILNET 和 ARPANET 所構成的整個網路。

到了 1980 年代末期，隨著 Internet 網路的普及，網路的商業化應用，也如雨後春筍般的被發展出來。Internet 也漸深入到辦公室，Internet 的應用再也不限制於學校或研究單位。因此，TCP/IP 網路由軍方發展出來，經歷電腦工程界、學術界、而到達商業界。從此以後，各電腦廠商已漸漸面臨 TCP/IP 的威力，開始在自家電腦上植入 TCP/IP 通訊協定，使 TCP/IP 不再侷限於 Unix 作業系統，不同廠商的作業系統也都可以利用 TCP/IP 來互相通訊及傳送檔案，目前全世界大部分電腦系統都已被 TCP/IP 整合成功。

1-1-3 Internet 組織與標準

Internet 是一個開放系統環境，並非如一般商業網路(如，IBM SNA 網路)那麼嚴謹，網路標準的制定也非常鬆散，一般都隨著網路環境的成長與需要而制定。早期負責監督整個 Internet 網路技術的發展組織是 Internet 活動部會(Internet Activities Board, IAB)，IAB 是 1983 年成立的，而當時 Internet 仍然屬於研發性網路，其下設有兩個工作群組：

(1) Internet Engineering Task Force(IETF)

為短期、標準導向的組織，且劃分為九個工作網域(應用程式、繞送及定址、安全性等)，IETF 研發出各種 Internet 標準規格。另外還成立一個 Internet Engineering Steering Group(IESG)來輔助 IETF。

(2) Internet Research Task Force(IRTF)

從事長期的研究計劃。隨著 Internet 的國際化與網路上的日益複雜，國際間漸漸意識到必須建立更有公信力、非官方組織，以便整合當時現有的網路資源，因此，在 1991 年 6 月於哥本哈根(Copenhagen)舉行的一個國際性網路會議中宣佈成立『網際網路協會』(Internet Society, ISOC)，並於 1992 年 1 月正式成立，其成員包括來自全球各地與 Internet 有關的企業、非營利機構、官方部門、甚至個人。從此之後 IAB 也成為 ISOC 下的成員。

ISOC 的功能是多方面的，包括發展並推廣 Internet 的技術及應用、收集並傳播 Internet 相關資訊、強化整個 Internet 結構、以及有關 Internet 的教育及研發。ISOC 也主導整個 Internet 上的各項活動，並協助開發中國家、地區發展 Internet 的基礎建設，最後，ISOC 也與其他相關國際機構、官方部門接觸，以利上述工作的推行。

TCP/IP 通訊協定裡包含各種號碼，譬如，IP 位址、協定號碼、以及網域名稱等，為了統一管理，Internet 亦設置一個負責號碼配置機構 - IANA(Internet Assigned Numbers Authority)。IANA 專職負責 Internet 號碼的配置、登錄，並定期以 Internet 的建議文件 RFC(Request For Command)形式公佈。

Internet 大部分的文件、程式、或測試都是由感興趣的個人或團體所完成的，IAB 只負責監督，並將這些文件依照 RFC 系列編號，RFC 自 1969 來 ARPANET 成立以來就不斷的增加，每份 RFC 都有一個獨立的編號。IAB 只負責 RFC 的編校及發行，如果某一個 RFC 被重新校定，為

了避免混淆，必須將其重新編號，若有新版 RFC 取代某些舊版的 RFC，則會在新的 RFC 的封面上標示此事。

RFC 的編排方式並不若一般的規格文件來的嚴謹，它所涵蓋的資訊範圍也非常的廣，並不只限制在通訊協定的制定上，有關網路的其它各種應用技術也包括在裡面(如加密技術等等)，不過 Internet 相關的基礎規格大多是由 IETF 和 IESG 所定義。所有 RFC 都可以免費取得，可到國外學術網站：

<ftp://nic.merit.edu>

<http://www.rfc-editor.org/>

或到交通大學 FTP 網站擷取，其網址為：

<ftp://nctucca.edu.tw/documents/rfc>

擷取時以 anonymous 作為 user ID 和個人 E-mail 為密碼進入 FTP 伺服器，再依照 RFC 編號下載。本書附錄 A 裡收集一些較常用的 RFC 編號及文件名稱，有需要其內容時，可到上列網站下載文件內容。

以下是一些較重要的 RFC：(但號碼可能隨時更新)

- **RFC 1310**：規範有關 RFC 的產生方式。
- **RFC 1000**：規範 RFC 的分類方式。
- **RFC 1340**：規範『分配號碼』(Assigned Number)，當 RFC 被更新時，1340 的索引表將會指出哪一個 RFC 取代了它。
- **RFC 1600**：規範『網際網路正式協定標準』(The Internet Official Protocol Standards)，此 RFC 詳細列出不同 Internet 協定標準化的狀態，每一個協定都會有下列表準狀態之一：標準(Standard)、草案標準(Draft Standard)、提議標準(Proposed Standard)、實驗性的(Experimental)、新聞性的(Informational)、或歷史性的(Historic)。另外，每個協定都有一個要求階層：要求(Required)、建議(Recommended)、選擇(Selective)、限制使用(Limited Use)、或是非建議(Not Recommended)。如同分配號碼 RFC，此 RFC 也是會週期性的更新，必需確定所取用的是否是最新版。

- **RFC 1122 與 1123**：規範『主機需求』(Host Requirement)。RFC 1122 是處理資料連結層、網路層和傳輸層，RFC 1123 則是處理應用層。這兩個 RFC 針對較早、最重要的 RFC 加以修正，在尋找叫細微的協定特徵時，通常由這兩個 RFC 開始。它們還會列出協定的應用細節，如『必須』(Must)、『應該』(Should)、『可能』(May)、『不應該』(Should Not)、或是『不必』(Must Not)。
- **RFC 1009**：規範『路由器需求』(Router Requirement)。和主機需求 RFC 相類似，但詳列出路由器的特有需求。

1-2 通訊協定的特性

我們大略知曉 Internet 是由 Internet 通訊協定所構成的網路，那到底什麼叫『通訊協定』(Communication Protocol)，這又是值得我們探討的題目，以下我們分別介紹何謂通訊協定及其特性。

1-2-1 何謂通訊協定？

『定義電腦之間能互相通訊的協議標準，網路上所有電腦都必須依照此標準來製作通訊行為，才能使電腦之間互相了解對方的意思，並能完成其共同的任務(job)』，這個協議標準稱之為『通訊協定』(Communication Protocol)。固然，通訊協定是欲讓通訊雙方(或兩個以上)所必須依據的規範。但並非每一部電腦只有一個規範，也許在一部電腦上可同時存在許多協定，可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，在網路上也許存在著不同的通訊協定。電腦 A(例如 Windows 98)擁有多種通訊協定：NetBEUI、TCP/IP、IPX 和 DLC，它的通訊行為可能如下：

- (1) 電腦 A 如果它欲透過網路到電腦 B 上存取檔案。電腦 B 是 Win 2000 檔案伺服器，它們之間通訊就必須利用 NetBEUI 協定連接(Microsoft 網路)。
- (2) 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)。
- (3) 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)。

(4) 如果要和 IBM 電腦連接，就必須透過 DLC 通訊協定。

所以，一部電腦上可以安裝多種通訊協定，與不同網路之間通訊。但如果安裝太多通訊協定而沒有使用到，它會佔用記憶體，也會影響電腦的執行速度。

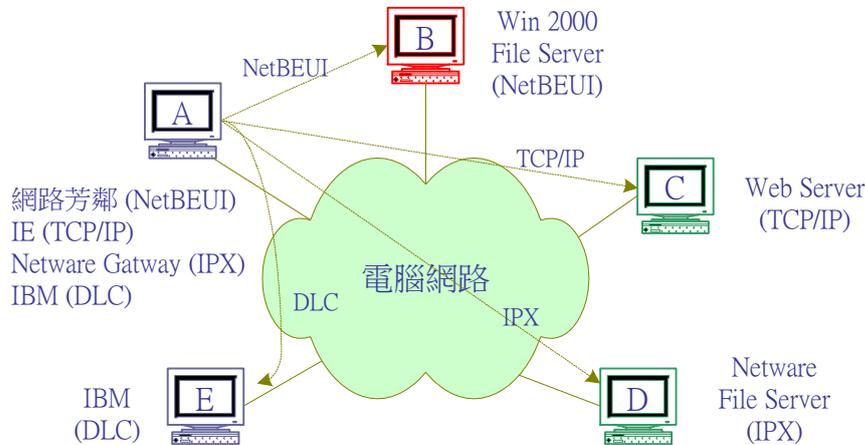


圖 1-2 各種通訊協定的連接

1-2-2 通訊協定的層次性

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，要如何設計和實現 (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及實現，也許比較容易，有關於通訊協定之特性，我們將其分類如下：

(A) 階層性(Hierarchical)

就如同一般設計軟體一樣，將龐大的企劃案(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，這些獨立實體有上下相連功能關係(表示上一層完成工作後再交給下一層)，此特性稱之為階層性或層次性(Layered)。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？我們是將整個通訊協定應具有的功能區分為數個層次，每一層次處理某一特定功能，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。

我們用圖 1-3(a) 開會程序的結構圖來說明層次性的堆疊關係，我們如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，對整個開會的程序並沒有改變，而變更某一層次也許是因當時環境的需求。按照這個特性，我們視不同的環境需求，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』。實務上的例子如圖 1-3(b) 所示，電子郵件的應用，依照不同環境也許會使用到 Token-Ring 或 Ethernet 的層次，但其對其他層次的工作並沒有影響。甚至對使用者而言，某一層次的替換也不會影響其工作型態，這也稱為透通性(Transparency)。

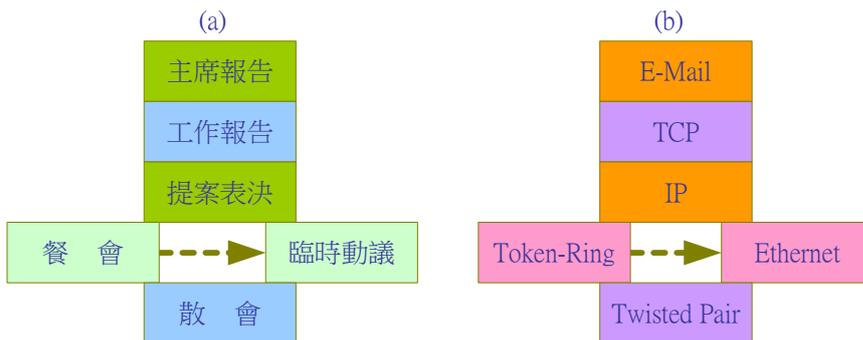


圖 1-3 通訊協定的堆疊原理

1-2-3 通訊協定的堆疊原理

其實我們可以反過來講，如果建構一個通訊協定，便依照我們所需求的功能和環境因素，尋找所需要的功能層次將他們堆疊起來便可以完成，也稱為『協定堆疊』(Protocol Stack)。但要這些功能層次能堆疊起來，必須考慮到他們之間連結的『介面』(Interface)、和相對對方電腦之間『前端對前端協定』(Peer-to-Peer Protocol)的技術問題，我們敘述如下：

(A) 層次介面 (Layer Interface)

任何層次都將依照它的功能製作成一個獨立實體(entity)，每一層次都必須提供他對上一層、或對下一層的連結程式，這一個連結程式稱之為『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)，這標準介面定義每個連接接腳(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(Procedure Call)所攜帶的參數來作訊息的傳遞，上下層次之間便利用此程序呼叫，該程式就稱為『介面程式』(Interface 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。

如果我們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，由自己的特殊方法製作層次內所需的功能，但層次之間的介面程式依照標準格式製作。如此，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。

(B) 前端對前端協定(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，通訊雙方的相對層次之間就必須協議出共同的工作模式，這個協議稱為『前端對前端協定』(Peer-to-Peer protocol)。如果互相通訊中的電腦，他們的通訊協定中所有層次都能協議出共同認定的方法來通訊，對整個通訊協定而言，他們已經依照共同協議在互相通訊，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)沒有關係，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上通訊協定。

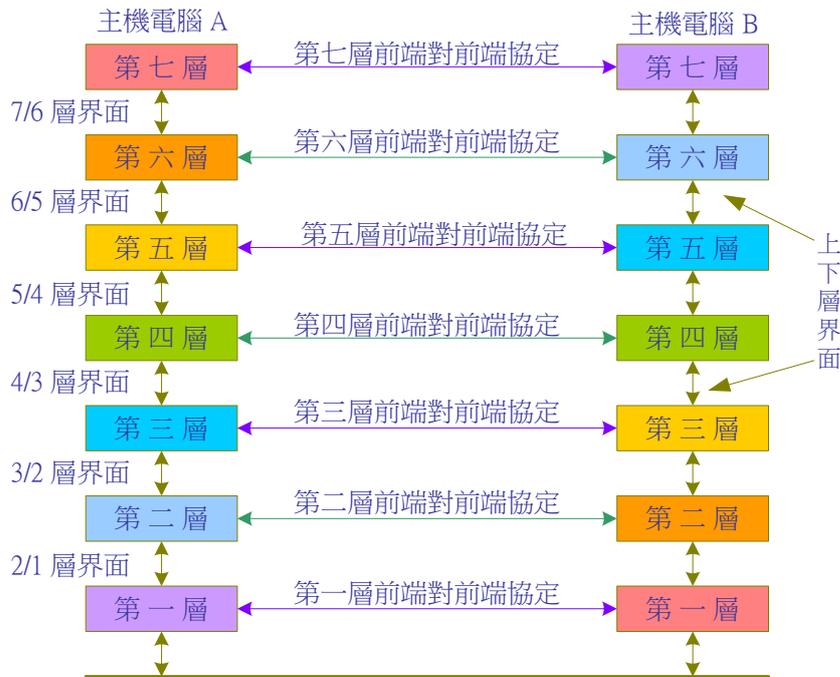


圖 1-4 通訊協定之介面與前端對前端協定

(C) 層次間的介面連接

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同時在執行。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，這些上下層的通訊軟體之間的聯繫就必須透過『服務存取點』(Service Access Point, SAP)。所謂服務存取點就是層次介面程式所產生的邏輯編號，每一個邏輯編號也代表一條『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)。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。

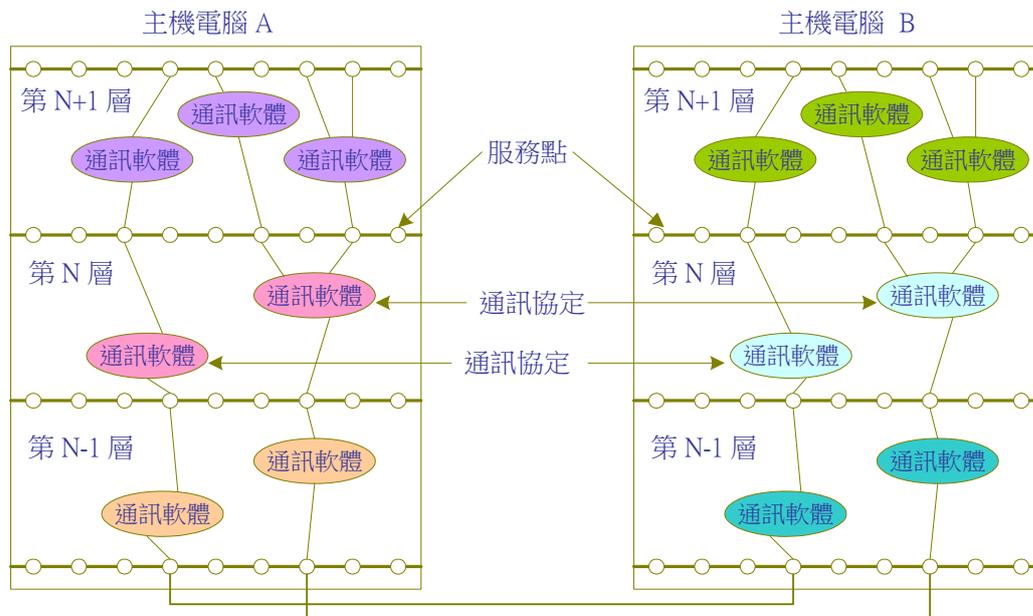


圖 1-5 通訊軟體之間的連線與通訊

1-3 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，以及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通訊任務。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)

1-3-1 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(傳送端和接收端之間的同一層次)中通訊的協議和其他層次無關。它們之間的交換資料，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)。兩個通訊實體之間的協議，傳送端必須在相對等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就是利用各個層次的包裝及拆裝來完成。(如圖 1-6 所示)

(A) 包裝(Encapsulation)

傳送端之 N 層接收到 N+1 層的資料時，再加入本身層次的控制訊息在資料的前端(Protocol Head)，如網路層加入 NH 欄位。這重新組合成本層的協定資料單元(Protocol Data Unit, PDU)，再傳送給下層次(N-1 層)，稱之為協定資料單元的包裝。

(B) 拆裝(Decapsulation)

接收端之 N 層接收到其下一層(N-1 層)的訊息時，將其拆裝取出本身層次的控制訊息，如網路層的 NH 欄位。再依控制訊息事項，給予適當的處理。再將剩下的訊息往上一層 (N+1 層) 傳送。稱之為協定資料單元的拆裝。

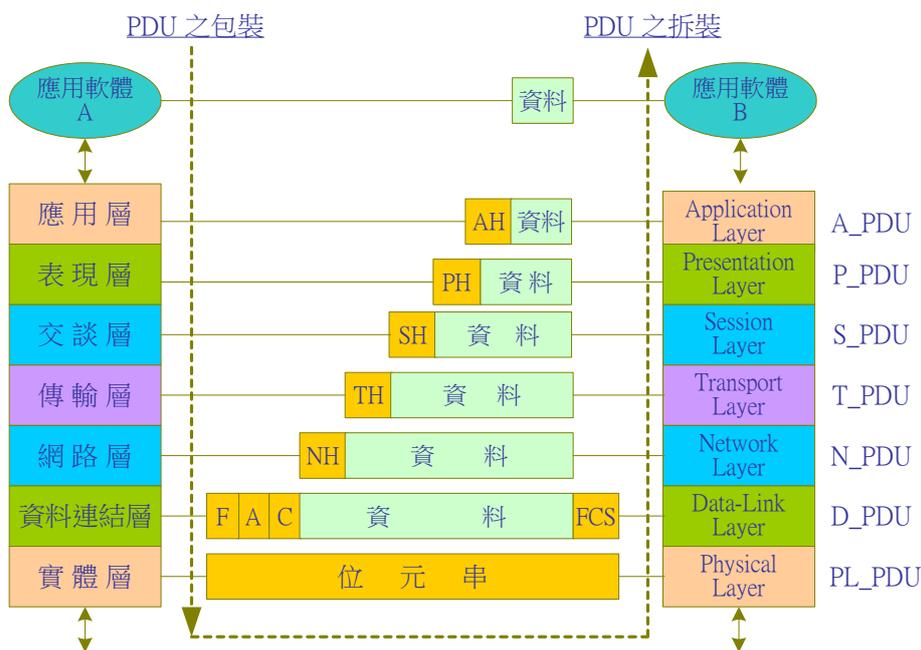


圖 1-6 協定資料單元之包裝與拆裝

通訊雙方的應用系統就是透過每一層的 PDU 來協議雙方的通訊協定，如果每一層都能符合雙方的協議標準，而整個系統的協定標準就因而建構而成。也就是說，通訊協定的建構是由一層一層的協定來達成，如果我們在建構某一層的協議標準時，只要考慮相對層之間的關係即可，而對另一端的上一層或下一層之間的協議，就由本端的上一層或下一層來負責，整個網路的通訊協定製作才能簡單化、功能化。

1-3-2 協定資料單元的分段與組合

獨立的通訊實體，每一層次之協定資料單元(Protocol Data Unit, PDU)的大小並非完全一樣。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，因此層次之間協定資料單元(PDU)的大小根本無法標準化。所以當上下層次之協定資料單元(PDU)的長度不同時，便必須利用分段和組合技術來重整。(如圖 1-7 所示)

(A) 分段(Segmentation)

傳送端的第 N 層的協定資料單元(PDU)大於下一層(N-1 層)的協定單元時，必須將本身的協定單元分成若干個較小的片段(Segments)，片段大小必須符合下一層的協定資料單元，這個動作稱之為分段。

(B) 組合(Reassembly)

接收端的第 N 層將數個 N-1 層的協定資料單元(PDU)組合成原來協定資料單元(PDU)。

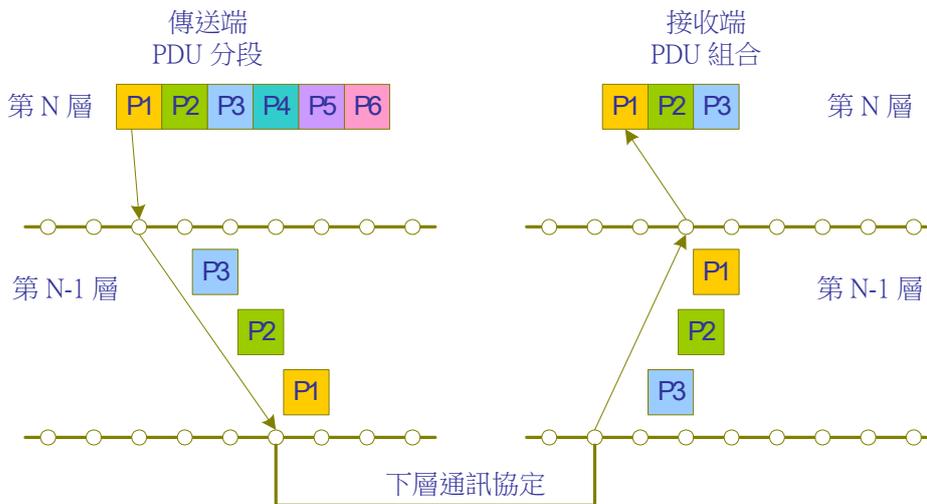


圖 1-7 協定資料單元之分段與組合

1-3-3 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照這條通訊連線傳送。當雙方結束通訊時，再釋放這條通訊連線。各層次於通訊軟體建立連線當中，需要求建立訊號傳到下一層時，下一層再將要求建立連線訊號往下層傳送，如各層之間都連線成功，表示各層都有取得通訊鏈路。如圖 1-8 所示，第五層通訊軟體要求連線，要求訊號往第四層傳送時，如果第四層有空閒路徑便同意連線。第四層再往第三層要求連線，第三層如有空閒鏈路便同意第四層連線，於此類推。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，第三層如有空閒鏈路便同意第二層連線。第三層再要求第四層連線。如果第五層要求對方連線成功，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。

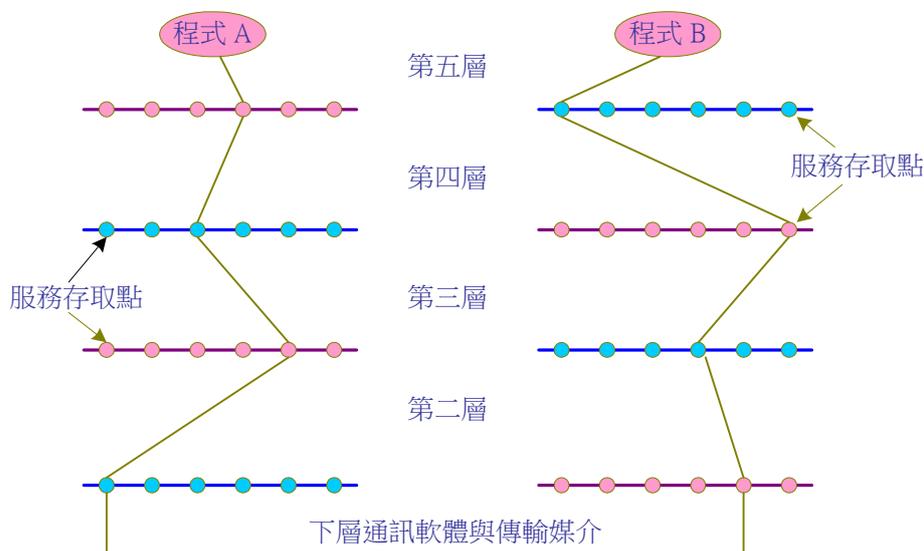


圖 1-8 通訊連線的建立

(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資料而發生錯誤，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。

1-3-4 通訊連線的多工處理

通訊協定中，上層和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，他必須接續(Attach)到下層的服務存取點；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 1-9 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)

每一層往下層建立連線都以接續到『服務存取點』建立來完成，如果第 N 層將上一層(N+1)層多個接續點組合成一個接續點往下層(N-1)層傳送，稱之為向上多工。表示第 N 層將上一層多條連線組成一條連線往下層傳送，多工的原因可能多條鏈路共用一條下層通道。例如，TCP/IP 通訊協定，多條 TCP 鏈路共用一條 IP 連線。又在 IEEE 區域網路中，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往下一層(N-1)傳送。同一條連線與上一層之間接續只有一個；往下層就有多個接續點，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。

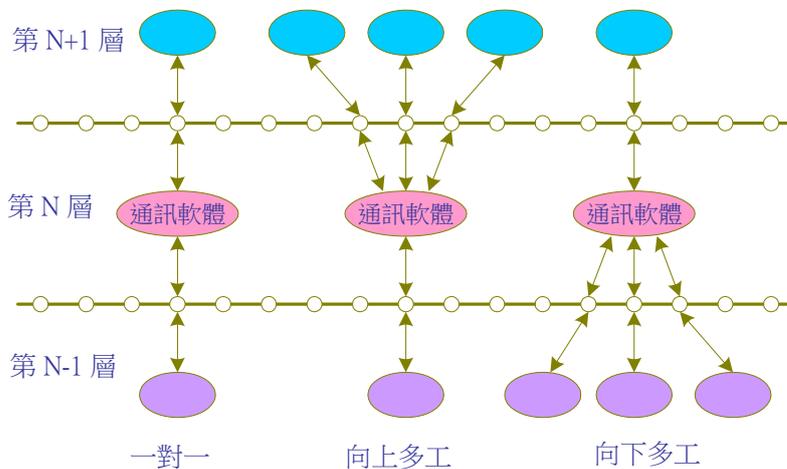


圖 1-9 通訊連線的多工處理

1-4 OSI 參考模型

早期通訊協定的制定，是各廠商依照自己環境需求建構而成，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。在 1978 年『國際標準組織』(International Standards Organization, ISO) 制定『開放式系統連結』(Open System Interconnected, OSI) 通訊協定標準，希望各家廠商依照此標準來製作通訊軟體，使各家廠商電腦得以互相通訊。當時『開放式系統』(Open System)不逕而走，許多廠商開始大量生產 OSI 通訊產品，大家一致認為，OSI 通訊協定必定能整合全世界網路。但好景不長，OSI 所訴求的高品質通訊能力，在當時並沒有特殊的商場需求。簡單的說，它是個美夢，這個美夢要求太過完美，超出當時的需要，也不容易實現它。

一種不受重視的通訊協定正在無形中蠶食著網路市場，它就是 TCP/IP 通訊協定。這種連結性簡單又缺乏保密措施的 TCP/IP 網路，一直都被認為只能應用在專屬網路(如公司、學校、研究機關的網路)上，而且大家認為在公眾網路上使用 TCP/IP 協定，是一件非常危險的事(可靠性和保密性都低)。但是我們提過，Internet 網路是由下而上的發展，客戶總是希望使用連結性高，而且又是免費的通訊軟體(TCP/IP 隨 Unix 系統贈送)，也不知道怎麼地，網頁通訊和電子郵件系統突然在網路市場上大量風行，這些通訊應用基本上都建構在 TCP/IP 通訊協定上，也使 TCP/IP 和 Unix 系統突然之間大量使用在各種用環境裡。下層的應用環境大多使用 TCP/IP 通訊協定，上層的網路架構也就從下層網路連結而成，因此，TCP/IP 架構的 Internet 網路就在這無預警的情況之下，取代了 OSI 網路。各家電腦廠商(如 IBM)也不得不開始轉向生產 TCP/IP 通訊產品。但當 Internet 網路愈加廣泛時，應用環境也愈加嚴謹。譬如，電子商務的要求，不但可靠性要高，安全性也要完整，不容任何的疏忽。因此，工業界大量研發各種安全性技術來彌補 Internet 網路的不足，再加入其它功能層次來完成。如此，Internet 網路又漸漸接近於 OSI 網路。唉！因此我們也可以說，不是 OSI 網路不好，而是時機不對。

目前幾乎沒有人再去探討 OSI 通訊協定，但是 OSI 所制定的七個通訊層次，一直都是表現通訊協定的最佳教材，因此，也稱之為『OSI 參考模型』(OSI Reference Model)。也就是說，雖然我們不再談 OSI 通訊協定，但我們可以由 OSI 的基本理念來探討通訊協定在網路中扮演何種角色？它的功能為何？如何來整合各種異質性的電腦？

1-4-1 OSI 協定堆疊

OSI 將通訊協定的功能區分為下列七個層次：(如圖 1-10)

(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、絞對線、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、資料傳輸時序等等。譬如 RS-232、RS-499、X.21 等等。

(2) 第二層：『資料連結層』(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。以確保經過實體層的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、交換的技術是互不相關。另外，網路層的特殊功能是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)

主要是定義真實的發送端和接收端或是稱為端點對端點(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及語言翻譯等等，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。

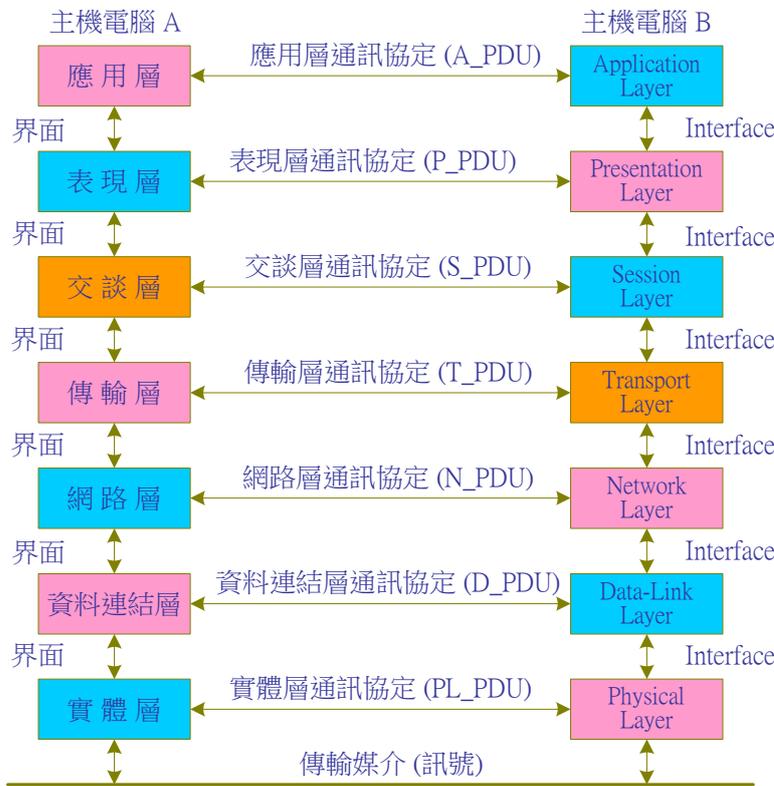


圖 1-10 OSI 參考模式

1-4-2 OSI 參考模型範例

如果僅由上面的敘述，要讀者了解通訊協定裡各種層次的功能，這確實有點困難，我們用圖 1-11 的範例來說明較為明確。圖中使用者在 A 電腦(Win-98)上執行 IE(Internet Explore)瀏覽遠端主機(電腦 B)的網頁(Web Server)，它們之間是透過 Internet 網路連接，雙方甚至不知道對方位於何處。我們依照這個範例來說明各個協定層次，在此扮演何種功能。

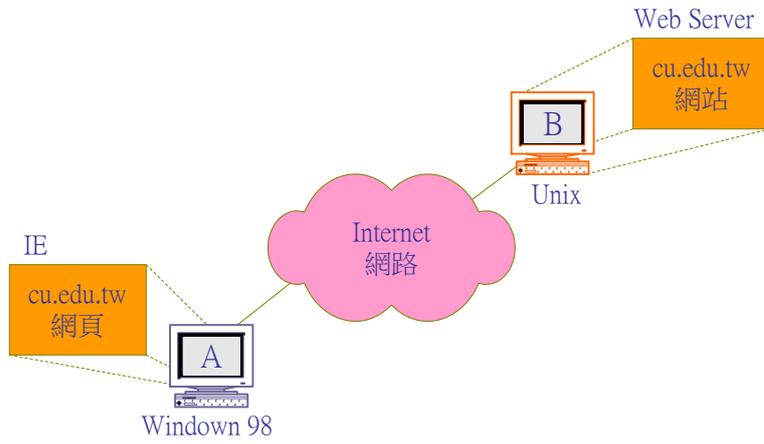


圖 1-11 WWW 網路應用範例

圖 1-12 為各層次通訊軟體所提供之功能，我們必須強調各個層次都有它的專屬功能，而且層次之間的功能互不相衝突與重疊，這才符合通訊協定的堆疊原理。另一方面，我們只列出各個層次所具備之功能，這些功能可以由不同的網路型態來完成，至於使用何種網路型態，必需依照網路架設環境，以及使用需求而定。以下分別依照範例說明各層次之功能：

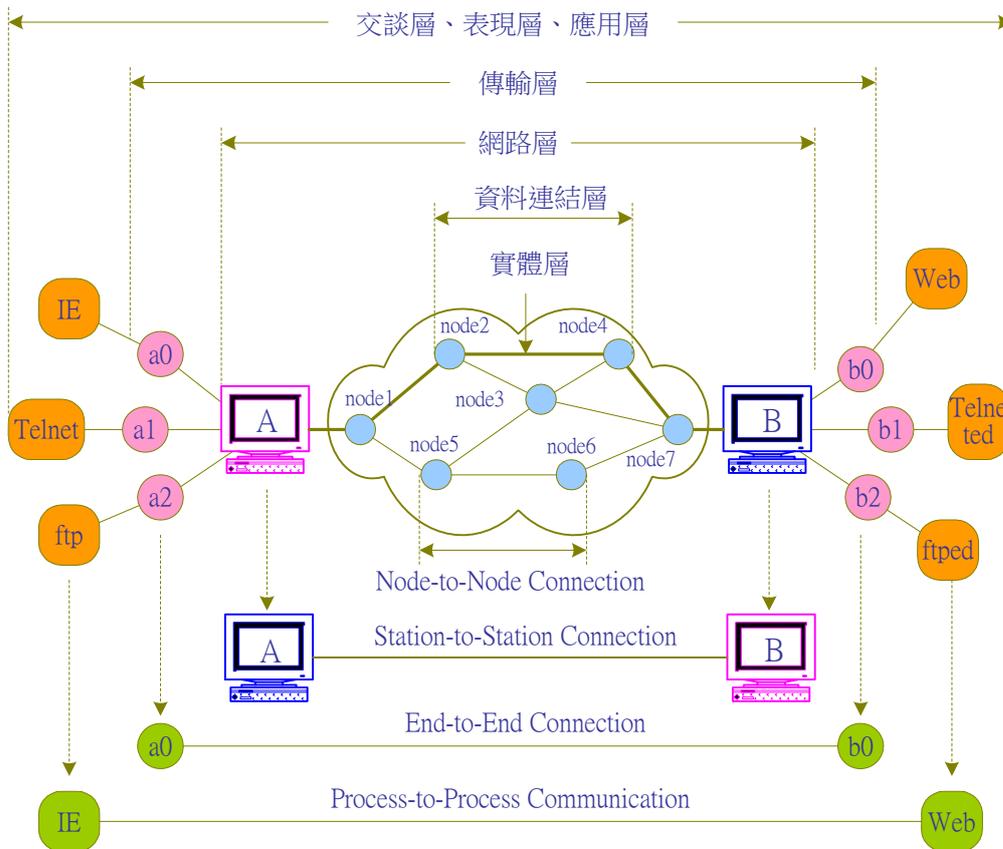


圖 1-12 TCP/IP 網路各層次連結功能

(A) 實體層連結功能

基本上，實體層是定義網路上的訊號方式、連線線材、或連線接頭規格。但由這範例中，電腦 A 和電腦 B 之間經過了許多網路或網路片段，在每一個網路片段中都有其實體層的標準。以電腦 A 而言，它和 node1 之間必需合乎同一規格，至於 node1 和其它端點之間的規範，並不影響電腦 A 的規範。因此，各個網路片段都可能有獨立的實體層規格，但每一端點都必須負責不同訊號方式的轉換。雖然電腦 A 和電腦 B 之間有不同的訊號方式，但隨著各端點訊號的轉送，它們之間的通訊還是可以達成的。簡單的說，實體層就像電話系統的接線，它定義電話線插頭、語音在電話上的傳遞方式，雖然它和手機電話有不同的實體連線方式(手機電話是利用無線電波)，但它們之間還是可以通話。

(B) 資料連結層功能

主要定義電腦在網路上如何取得傳輸媒介的方法，以及如何將一串列的訊號發送到網路上。在實體層式定義每一位元如何轉換成電氣訊號，此層是定義如何整合一串訊號成為一個獨立的訊框，再發送到網路，而對方如何辨識一個訊框的起始和結束，並偵測訊號在傳輸當中是否受到外來訊號干擾而發生錯誤。另一方面，電腦網路大多是透過共享傳輸媒介來傳送訊號，電腦之間應採用何種公平競爭的方法，讓各個電腦都有機會取得傳輸媒介的使用權，這些都是資料連結層所必須規範的。如圖 1-12 中，電腦 A 和電腦 B 之間，也許是經過許多網路，譬如，它們之間經過 node1、node2、node4 與 node7 等端點，也許在各個端點之間都是不同的網路，對電腦 A 而言，只要能連結到 node1 端點即可，其它端點之間連結，就讓其他網路去負責，與電腦 A 的網路無關。就好像電話系統，只要客戶拿起話機聽到撥號音，便表示話機與交換機之間也連結成功，至於交換機以後的連結，就讓其他網路去負責。因此，資料連結層的功能稱之為『端點對端點的連結』(Node-to-Node Connection)。

以上是我們為了說明方便，將資料連結層之間以端點(node)表示，一般資料連結層大多是以區段(Segment)來表示。如以實際範例而言，電腦之間也許透過集線器(Hub)或 Ethernet 交換器來互相連接，由電腦到集線器，或經由交換器之間連接稱之為『區段』，多個區段之間的連接功能就是由資料連結層負責。

(C) 網路層功能

網路層的主要工作是路徑選擇，譬如，電腦 A 如何在複雜的網路上找到電腦 B。路徑選擇工作必需網路上每一個端點共同來完成，譬如，當資料封包由電腦 A 送到 node1 時，必需由 node1

判斷應該由哪一路徑才可到達電腦 B，如果 node1 找到往 node2 路徑可以到達，便將封包傳送給 node2。node2 收到封包後，再由它決定哪一路徑可以到達目的(也許 node3 或 node4)。雙方通訊經過網路層服務之後，就能連接到目的地，結果是不論雙方距離多遠，兩部電腦就好像在相鄰的桌上。因此稱之為『**工作站對工作站連線**』(Station-to-Station Connection)。也好像撥電話一樣，當接通電話之後，無論雙方距離多遠，就好像撥給旁邊的電話一樣。

(D) 傳輸層功能

傳輸層的连接型態就好像電話系統中的分支電話一樣，當撥接通某一支電話時，只找到電話位址而並未連接到所欲通話的對象，也許可再撥接分機號碼(或請他人呼叫)，才可以連結到通訊對象。傳輸層就好像分機號碼，雙方連結到工作站這是網路層的工作，在每一工作站也許會有許多使用者或應用程式，譬如，Win-98 上(圖 1-12)有 IE、Telnet、ftp 通訊程式，它們都可獨立連結到外部網路，也都使用同一個網路層位址，它們之間分辨就如同一支電話上的分機號碼。因此網路層是負責工作站與工作站之間的連接，而傳輸層是負責工作站內使用者對使用者的連接，又稱之為『**程序對程序連線**』(End-to-End Connection)。

(E) 表現層功能

當使用者在電話兩端時(也許在分支電話上)，它們之間要對話之前必須決定用什麼語言來對話，這就是表現層所必須定義的。如圖 1-12 中，也許使用者在 IE 瀏覽器上採用商品，當他輸入信用卡號碼時，此時就需利用雙方所認可的加密方式，將信用卡號碼加密，此為表現層所必需負責的工作。

(F) 交談層功能

當傳輸層完成程序間連線之後，表示雙方可以利用此連線來通訊，但非表示雙方隨時在交談之中，交談層負責管理雙方交談的程序，宛如電話系統中，必需決定哪一方可以發話、或雙方可以同時發話等交談次序，如圖 1-13 所示。交談型態可能是一對一模式(一般對話)、一對多模式(三方通訊)或多對多模式(會議電話)，交談層必需負責管理發話的次序和傳遞的順序，因此交談層稱為『**對談連線**』(Dialogue-to-Dialogue)。在圖 1-12 中，也許使用者在瀏覽器上執行會議電話，交談層就必須負責它們之間對談的連接。

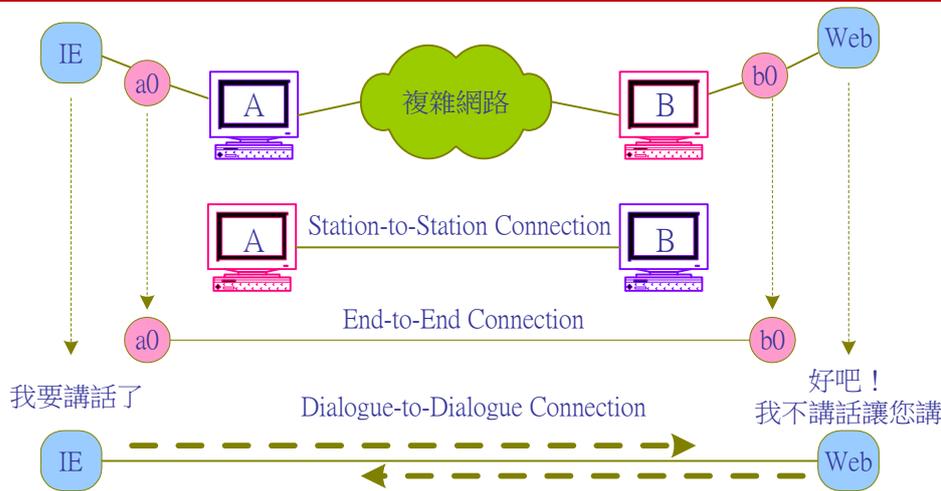


圖 1-13 交談層之對談連線

(G) 應用層功能

簡單的說，應用層是依照某種應用需求而制定的通訊協定，譬如圖 1-13 中，電腦 A 和電腦 B 之間需要瀏覽網頁，它們之間針對此需要而必須用 HTTP 協定來傳遞訊息，這 HTTP 協定就是應用層的通訊協定。客戶端 (IE) 利用 HTTP 協定向伺服器端 (Web Server) 要求傳輸網頁。

並非所有網路上的通訊軟體都具備有七層通訊協定，而是視其需要來建構哪些通訊軟體，譬如，早期 Internet 網路並不具有表現層和交談層功能，但隨著環境的需要也漸漸另闢其它層次來負責這些功能。

1-5 TCP/IP 協定堆疊

一般我們所說的 TCP/IP 是指 TCP 和 IP 兩個通訊協定，而 TCP/IP 網路是指 ARPANET 網路。目前 ARPANET 網路與網際網路 (Internet) 已幾乎整合在一起，也都以 Internet 網路為代名詞。圖 1-14 為 TCP/IP 通訊協定的堆疊，我們還是依照傳統 OSI 參考模式和它比較相關的功能。基本上，早期 ARPANET 所訴求的是將各偏遠地區上的電腦彼此之間能互相連接(軍事用途)，至於應用方面則較為簡單的遠端登入、電子郵遞和檔案傳送等等。因此，ARPANET 網路早期並沒有提供較複雜的使用環境，在應用層方面也沒有再細分表現層和交談層。Internet 網路也沿用 ARPANET 架構，在通訊協定方面只區分為四個層次。但隨著 Internet 網路的應用逐漸複雜，標準化的資料表示(如加密、壓縮等)是否有需要(表現層功能)，或異質電腦的程序之間的對談(多方通訊)標準是否有需要制定(交談層功能)，也漸漸在 Internet 網路中蘊釀著。

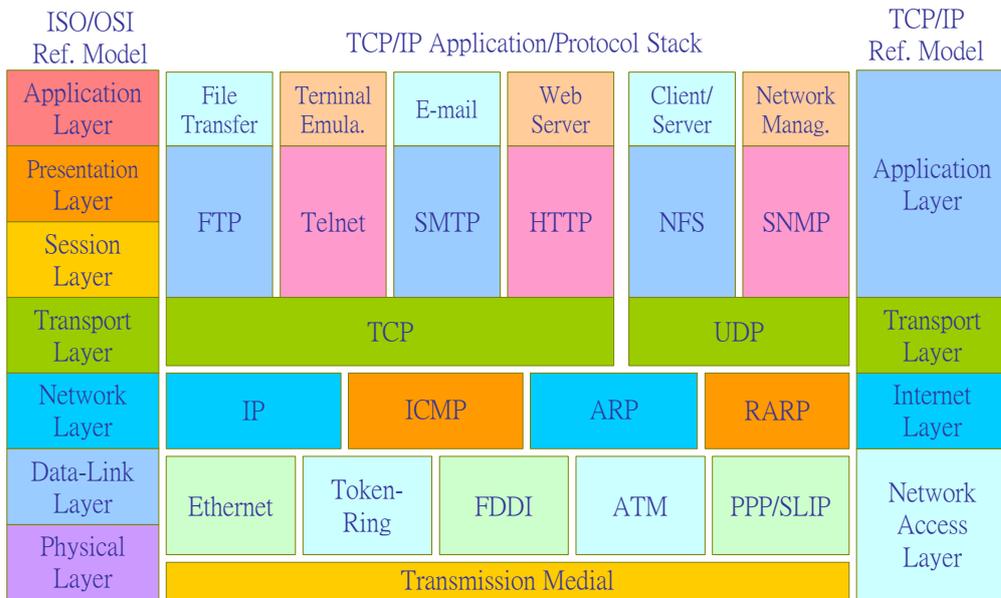


圖 1-14 TCP/IP 通訊協定堆疊

在 TCP/IP 通訊協定堆疊中，區分為四個層次，各個層次功能如下：

1-5-1 網路存取層

網路存取層 (Network Access Layer) 相當於 OSI 參考模式中的第一、二層，TCP/IP 網路並未對它提出特殊標準，因此未再細分層次。媒介存取層大多是沿用現有的網路介面存取方式，在區域網路方面以 IEEE 802 系列為主，如 Ethernet、Token-Ring、FDDI 等。廣域網路方面，早期有 PPP、SLIP 等通訊協定，目前為要求更高的傳輸速度，即有 ATM 網路中的 IP over ATM 或 ADSL、Cable Modem 等標準介面被製定出來。網路存取層和網路實體連接型態較有關聯，尤其近年來為了提高傳輸速率和網路的穩定度，對於網路的連接技術更是一日千里，進步非常神速，因此，本書將以區域網路 (第二章)、區域網路連結 (第三章) 和廣域網路 (第四章) 等三章來介紹。(讀者如欲更進一步瞭解網路原理可參考拙著『電腦網路理論與連結技術』)

1-5-2 網際層

網際層 (Internet Layer) 相當於 OSI 參考模式的網路層 (請參考本書第五、六章)。TCP/IP 網路為達到較遠地區 (廣域網路) 之間的通訊，網際層採用變異性較高的電報傳輸 (Datagram) 方式，亦是 Internet Protocol (IP)。雖然網際層還有若干個通訊協定 (ICMP、ARP、RARP 等)，但也都包裝在 IP 封包內，以 IP 方式傳輸 (Datagram)。以下介紹幾個較重要的通訊協定：

- **IP (Internet Protocol)**: 提供不同網路間路徑選擇協定。遠端電腦之間可透過 IP 協定尋找出對方位址，並和其連接在一起。
- **ICMP (Internet Control Message Protocol)**: 網際控制訊息協定。網路上各電腦之間互相傳送網路狀況及回報方式的協定。使用者可利用 ICMP 查詢網路狀況 (網路負載情況或斷路等等)。
- **IGMP (Internet Group Management Protocol)**: 網際群組管理協定。一般 IP 都屬於點對點的通訊協定，也就是一對一的連線，如果針對一對多的連線，就必須使用 IGMP 協定，一般應用於多點廣播 (針對某一群組) 訊息，或路由器之間的訊息傳播。
- **ARP (Address Resolution Protocol)**: 位址解析協定。某部電腦可透過 ARP 協定以對方 (使用者) 的網路位址 (IP 位址)，來查問其網路介面卡位址 (Ethernet 位址)。
- **RARP (Reverse Address Resolution Protocol)**: 反向位址解析協定。使用者透過 RARP 協定以本身的網路介面卡位址 (Ethernet 位址)，向網路上其他電腦 (如名稱伺服器) 詢問本身的網路位址 (IP 位址)

1-5-3 傳輸層

傳輸層 (Transport Layer) 如同 OSI 參考模式的第四層 (請參考本書第七章)。基本上，傳輸層是提供可靠性連線服務 (TCP)，但也提供非連接方式 (UDP) 的傳輸，以作為一般網路管理或快速資料傳輸之連線使用。兩個主要通訊軟體說明如下：

- **TCP (Transmission Control Protocol)**: 傳輸控制協定。提供連接導向 (Connection-oriented) 程序 (Process) 之間的可靠性 (Reliable) 連線服務。TCP 提供標準介面傳輸，可讓不同電腦之間連線。
- **UDP (User Datagram Protocol)**: 使用者電報傳輸協定。提供非連接服務 (Connectionless) 的使用者 (或程序) 之間連線。類似 TCP 服務但為不可靠性 (Unreliable) 連線。

1-5-4 應用層

簡單的說，應用層 (Application Layer) 就是在網路上所開發的應用軟體。隨著網路的發展，應用軟體的開發愈來愈多，應用層也就愈來愈豐富，也延伸許多網路上軟體新技術的發展。雖然

TCP/IP 網路沒有另外區分表現層和交談層，並不表示沒有提供這方面的服務，只是沒有提供這兩個層次的標準介面。儘管它減少開發軟體的方便性，但也促進新技術的發展。以下列出在 TCP/IP 網路上較常見的應用軟體：(有關應用層的相關技術請參考本書第四部份)

- **FTP (File Transfer Protocol)**: 遠端檔案傳輸協定，透過 FTP 可和不同地區的異質電腦之間檔案互相傳送。
- **TFTP (Trivial File Transfer Protocol)**: 和 FTP 功能一樣，但是 FTP 使用 TCP 協定；而 TFTP 使用 UDP 通訊協定。
- **SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)**: 簡易郵件傳輸協定。在各個電子郵件伺服器之間郵件傳輸的協定，使用者可透過 SMTP 傳送郵件。
- **HTTP (HyperText Transfer Protocol)**: 超文件傳輸協定。使用者 (瀏覽器) 和網頁伺服器 (Web Server) 之間超文件 (文字、聲音、圖片、影像等) 的傳輸協定。
- **DNS (Domain Name Server)**: 將主機名稱和 IP 位址之間的轉換。

1-6 TCP/IP 協定資料單元

1-6-1 包裝與拆裝

TCP/IP 協定堆疊的特性也如同 OSI 參考模式一樣，各個層次之間也具有隔離性和獨立性。上下層之間的『協定資料單元』(**Protocol Data Unit, PDU**) 也經過『包裝』(**Encapsulation**) (傳送端) 和『拆裝』(**Decapsulation**) (接收端)，控制訊息 (通訊協定) 也包裝在『協定標頭』(**Protocol header**) 上。如圖 1-15 中，傳送端 (User_A) 發送一個訊息經由應用層加入 AH 的協定前頭，再經過傳輸層加入 TH 包裝成為 TL-PDU，再傳送給網際層。接收端依反方向拆裝，網際層接收到 IL-PDU 拆解出 IH 協定標頭，得到傳送端給予有關網際層的控制訊息，再將 TL-PDU 傳送給傳輸層。依此類推，各層次之間的通訊協定就如此構成。路由器 (Router_X 和 Router_Y) 只負責封包路徑之尋找及轉送，因此只提供到網際層 (Internet Layer) 的服務，對於 PDU 的拆裝和解裝也只有到網際層。

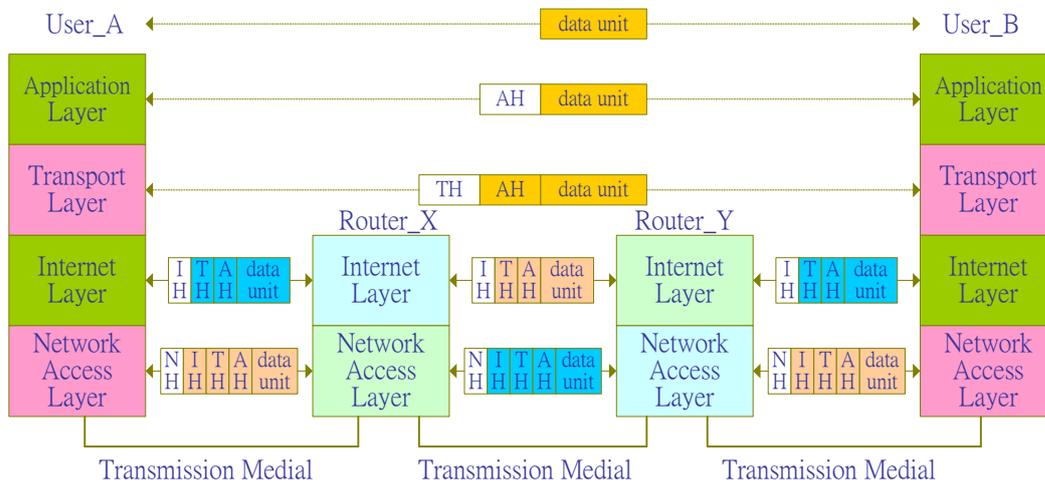


圖 1-15 TCP/IP 之協定資料單元的包裝

1-6-2 名稱及定址

在 OSI 參考模式之中各個層次的資料都稱為『協定資料單元』(Protocol Data Unit, PDU)，如傳輸層 (Transport Layer) 的資料就稱為 TL-PDU。同樣的，TCP/IP 協定堆疊的每一層資料都有其固定的結構和名稱，理論上，每一層皆可忽略其他層次的資料結構。但實際上，由於考量了傳輸效率的因素，每一層的資料結構都被設計成相容於該層的上、下兩層的資料結構。在 TCP/IP 網路底下，我們為了能突顯出每一資料單元的特性，而給定一個特殊的名稱，尤其在程式設計時，也較能夠區分其屬性。各層次資料單元的名稱如圖 1-16 所示，其中應用層如使用 TCP 連接時，其資料單元稱之為『串流』(Stream)；而使用 UDP 連線則稱之為『訊息』(Message)。在傳輸層方面，TCP 的協定資料單元，稱之為『資料段』(Segment)；而 UDP 稱為『封包』(Packet)。網際層統稱為『資料片』(Datagram)；網路存取層稱為『訊框』(Frame)。但在網路上傳送的資料包裝，一般還是以『封包』(Packet) 稱呼較多。

在通訊協定裡，每一層次皆有多工處理的功能，每一條虛擬鏈路在各層次之間都要有一個位址，亦是，在 OSI 參考模式中，各層次之間的『服務存取點』(Service Access Point)。TCP/IP 制定一個『協定定址方法』(Protocol Addressing) 來表示一個通訊連線，在各層次之間的連結位址，如圖 1-16 與 1-17 所示。各層次間的連接位址有：網路實體位址 (如 Ethernet 位址)、IP 位址 (IP address)、協定號碼 (Protocol Number) 與埠口號碼 (Port Number)。其中協定號碼比較特殊，這是因為無論傳輸層或網路層的各种通訊協定 (如 TCP、UDP、ICMP、ARP) 都是使用 IP 封包轉送，因此，必須有協定號碼來標示目前 IP 封包上，所承載的資料是屬於哪一個通訊協定 (如 TCP 或 ICMP)。

TCP/IP 協定堆疊	各層資料名稱		協定定址
Application Layer	TCP App Stream	UDP App Message	Port Number
Transport Layer	TCP Segment	UDP Packet	Protocol Number
Internet Layer	Datagram		IP Address
Network Access Layer	Frame		Hardware Address

圖 1-16 TCP/IP 協定堆疊各層的資料名稱及定址

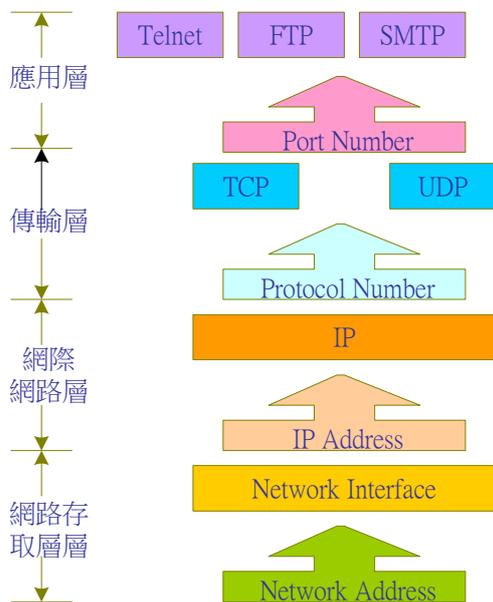


圖 1-17 TCP/IP 各層次的定址名稱

習題

1. 何謂『Internet 網路』？並說明其特性。
2. 何謂『通訊協定』(**Communication Protocol**)？並說明其特性。
3. 試請分辨 Internet、internet、與 Intranet 的不同點，並舉例說明之。
4. 請利用網路擷取有關 SMTP 的 RFC 規範，並請說明擷取的心得。
5. 請進入 IANA 官方網站，並請說明瀏覽的心得，以及您可以由網站上得到哪些資訊？
6. 何謂通訊協定中的『介面程式』(**Interface**)？以及『前端對前端協定』(**Peer-to-Peer Protocol**)？
7. 請說明 OSI 參考模式中哪七個層次？並說明每一層次的基本功能。
8. 請列出通訊協定中各個層次必須具備哪些功能。
9. 請說明協定資料單元 (PDU) 的包裝和拆裝功能。
10. 請繪圖說明協定資料單元 (PDU) 的分段與組合功能？並舉例說明其發生的原因。
11. 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。
12. 請說明 Internet 協定中包含哪四個層次，並分別說明其功能。
13. 請說明 Internet 協定中，各層次協定單元的名稱與定址。
14. 試請舉例說明您在 Internet 網路上的應用實例，至少五個範例。
15. 以您的觀點，Internet 如何改變社會型態？