

21 世紀整合型 NII：電信網路、電腦網路、有線電視網路

林盈達

前言

在即將進入 21 世紀的倒數時刻，人類正進行一項跨世紀的偉大工程—建立一整合型資訊高速公路 NII，面對這個龐然大物，我們心中不免有許多疑問：什麼是 NII？NII 的目標是什麼？它可以提供我們那些服務？什麼又是整合型 NII？要整合那些東西？整合的目的是什麼？如何整合？目前的發展狀況如何？我們將在本文中釐清這些問題，使我們看清及掌握 21 世紀的遠景及目前的眾多轉變。

1·簡介

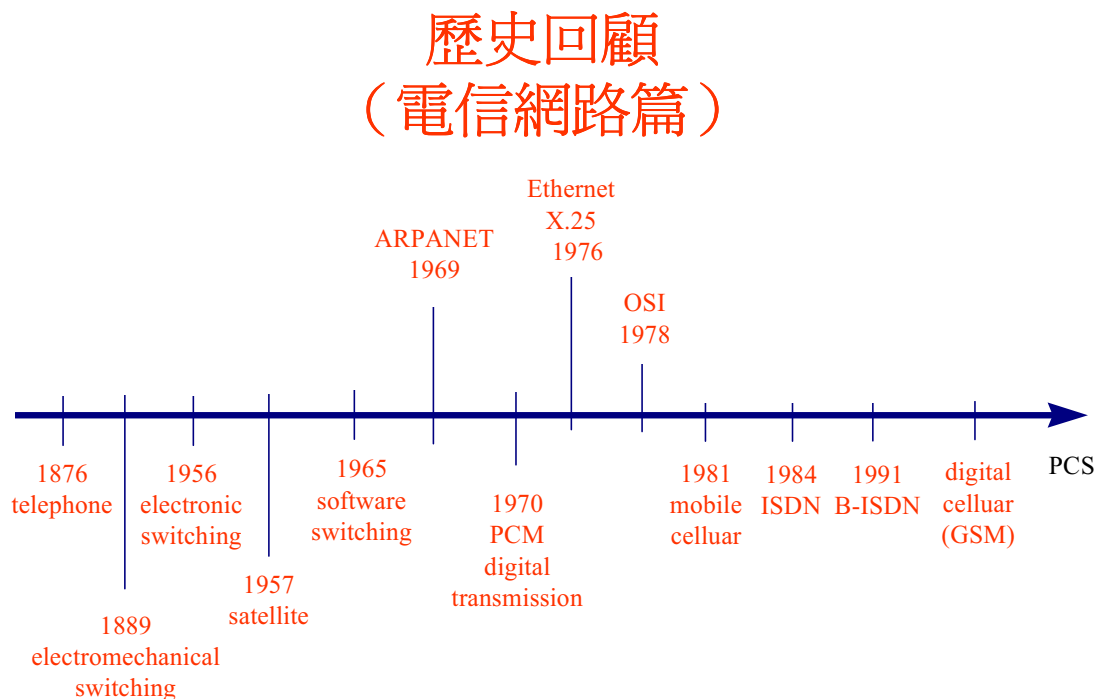
NII 即 **National Information Infrastructure**（國家資訊基礎架構），它的終極目標是希望任何人可以在任何時間、任何地點透過網路使用各種互動式多媒體資訊服務，這些服務涵蓋的範圍極廣，包括各種工作上及娛樂上的需求服務。但既然是要達到“任何地點”為何不叫它 **GII**（**Global Information Infrastructure**）呢？這裏隱含著國家與國家之間競爭的本質，在 21 世紀的資訊時代裏，一個擁有完善 NII 的國家，就像在 20 世紀中擁有完善交通運輸系統、政府組織架構、教育制度體系、金融體系等的國家，將具備較佳的個人生產力及國家競爭力，我們可以預見在未來 10 至 20 年內，各國將投入龐大資金建設自己國家的 NII，投得越多的國家收獲將越多，而 NII 也將因為這些資金及人力的投入展現新的風貌。

但 NII 包含了那些呢？事實上就目前的情勢來看，NII 包含了三大網路系統：電信網路、電腦網路及有線電視網路。這三種網路系統長期以來都是獨立運作發展，其中以電信網路發展得最久最龐大也最成熟（但不見得最豐富），電腦網路最新穎最富變化（即最豐富），有線電視網路則最不成熟（因其一直停留在單向傳送服務上）。如今，這三種系統已經開始進行整合的腳步，包括各種互連、跨足、兼併等，使得原本沒有交集的三個圓圈開始有了交集，而且交集愈來愈大，但這個整合的動作目的何在？就是希望使用者透過這三者中任一網路，都可得到同樣多的服務，傳統上，我們打電話就透過電信網路，要送數據就上 **Internet**，要看電影就看有線電視，這些分際將愈來愈模糊，且隨之而來的，將是更多更新穎的服務。

為這更深入了解這個趨勢及發展，本文將在第二節回顧這三種網路的發展歷史，在三、四節分別分析市場趨勢及技術趨勢，第五、六、七節則深入檢視目前這三種網路為了達到整合型 NII 所進行的各種轉變，第八節勾勒出整合的未來世界，最後在第九節我們做一個總結。

2 · 歷史回顧

在 1876 年貝爾先生（Bell）發明電話以後，人類實現了遠距通訊的夢想，電信網路（電話網路）慢慢成型，如圖一所示，這中間經歷了許多改進，在 1889 年電子機械

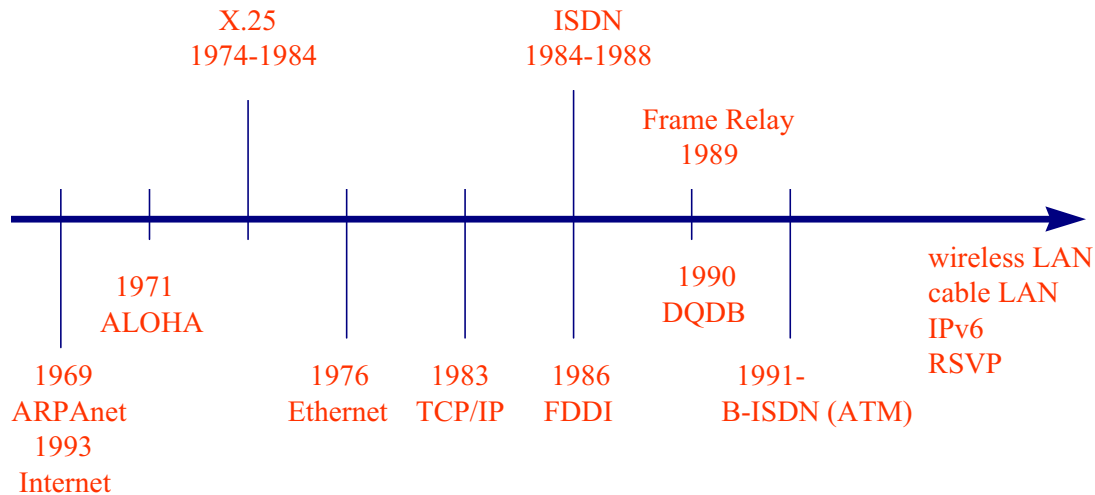


圖一 電信網路歷史回顧

式交換的推出，在日後取代了接線生動交換式，1956 年發展的電子交換及 1965 年發展的軟體控制交換，使交換機的複雜度及功能得以延展。1957 年發展的衛星通訊技術實現國際長途電話，隨後數位化的傳輸與交換大大提升通話的品質。而無線行動通訊技術則是從 1981 年的類比式開始慢慢進入數位式，相關技術仍在發展中。電信網路最近一波的變化便是整合服務數位網路（Integrated Service Digital Network），不管是窄頻或寬頻的 ISDN，都是希望將電信網路由傳統的聲音傳送服務跨足至數據及影像視訊服務，窄頻 ISDN 技術早已成熟，目前仍在推廣使用階段，而寬頻 ISDN 技術尚未成熟，世界各國均在測試或試用階段。

從電信網路的發展過程我們可以得到兩個觀察，一是電信網路的變革腳步較為緩慢，二是每一種技術從發展成熟到實用普及往往需經歷五年至十年甚至更久，這是由於電信網路系統屬公共建設，規模龐大，往往一個小異動就需更換眾多局端或用戶端設備。相對地，電腦網路的發展腳步就迅速多了，從 1969 年美國國防部支持一個連接四個大學的廣域網路計劃，在短短二十多年內，擴展到現在擁有數百萬個具 IP 地址的節點，如圖二所示，其間電腦系統架構由大型主機連接眾多終端機的架構演變成眾多

歷史回顧 (電腦網路篇)

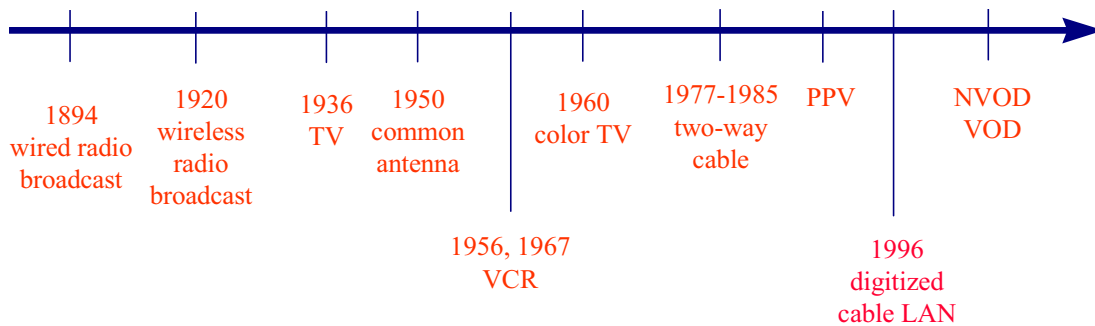


圖二 電腦網路歷史回顧

小型工作站及個人電腦透過區域網路互連，這個區域網路技術首推 1976 年發展且仍延用至今的 Ethernet 乙太網路，1986 年光纖 FDDI (Fiber Distributed Dual Interface) 網路，1993 年 ATM (Asynchronous Transfer Mode) 網路及 1995 年 Fast Ethernet、Etherswitch 的出現，更將頻寬由 10Mbps 提升至 100Mbps 以上。電腦網路通訊協定也由原先的毫無組織架構，於 1983 年整理制定出 TCP/IP 協定，並且成爲目前所有應用的網路層協定。而在應用方面，則更爲精彩，由簡單的檔案傳輸應用 (mail、ftp、NFS 等) 及互動式應用 (telnet、talk 等)，近年來已有許多即時性及多媒體應用 (WWW、Internet Phone、MBONE 等) 進入這個 GII 的可用版 (working version)，相對於電信網路，電腦網路也漸漸不再只用來做數據傳輸，它已經開始跨聲音及視訊傳輸了。

相對於龐大成熟的電信網路及新穎豐富的規腦網路，有線電視似乎顯得過於單調，但也代表了它最具發農開擴的空間。在圖三中，1936 年電視發明之後，爲了要解

歷史回顧 (有線電視網路篇)



圖三 有線電視網路歷史回顧

決許多因地形而收訊不良的用戶收視效果，於 1950 年開始有 CATV (Common Antenna TV) 的出現，頭端收視到的訊號經由同軸電纜傳送至用戶端，除了天線收視訊號外，業者也開始加入各種頻道節目，甚至推出 PPV(Pay Per View)的定址鎖碼頻道，使用戶端可透過電話線跟頭端的接線生或電腦預訂一個節目表上的頻道節目，頭端即可送出訊號將用戶端的定址解碼器打開，使用戶端收視。但即使是 PPV，有線電視系統還是停留在單向被動的服務上，用戶端只能根據節目表收看節目，毫無互動性可言。有線電視網路上的雙向互動服務，事實上在 1980 年左右美國有一個系統業者曾經嚐試過，它們製作了一個可讓用戶端經由搖控器的數個簡單按鍵，將數種類比訊號送回頭端，達到收視戶也可參與即時進行的節目，但隨著節目的結束，這項技術並沒有再發展下去。直到最近幾年，新的數位技術再度面對這個問題，由眾多廠商參與的 DAVIC(Digital Audio Visual Council)及 IEEE 802.14 標準組織，它們不僅要將 CATV 變成雙向互動式的，而且要將以隨選視訊(Video on Demand)為首的眾多互動式多媒體服務導入有線電視網路，這將使有線電視網路成為 NII 的社區網路，將 NII 延伸至家庭。同樣地，也使有線電視網路不再只進行視訊傳輸，更將跨足數據及聲音傳輸服務。

整體而言，通訊網路的發展可分為四個階段，如圖四所示，從由電信網路唱獨角



	電話	數位網路	資料網路	整合數位網路
年代	1880s	1960s	1970s	1980s
資料	聲音	聲音	資料	聲音、資料、 視訊、音訊...
交換技術	類比電路交換	數位電路交換	封包交換	電路、封包、 高速封包交換...
傳輸技術	銅線 微波	銅線 微波 衛星	銅線 微波 衛星	銅線 微波 衛星 光纖

圖四 通訊網路四階段

戲的第一及第二階段，到有電腦網路加入的第三階段，直到尚未完成有這三種網路互相跨足整合的第四階段。回顧歷史是容易的，預測多變的未來是非常困難的，我們很難估計第四階段何時可以完成，以及第五階段會是什麼景像，但我們是絕對可以預見第四階段的輪廓的。

3．市場趨勢

到目前為止，這三種網路都在獨立經營自己的市場，可謂井水不犯河水(近一兩年已有些微改變跡象)，每一種網路市場又可分為三種領域，分別由網路提供者，服務提供者及內容提供者經營，如圖五所示，其中網路提供者即研發、製造網路元件設備的

市場規模  使用人口 	電信網路	電腦網路	有線電視網路
網路提供者 (network provider)	巨 / 巨 通訊設備廠商	大 / 大 網路設備廠商	中 / 大 有線電視器材廠商
服務提供者 (service provider)	巨 / 巨 電話公司	中 / 大 政府組織、ISP業者	中 / 大 系統經營業者
內容提供者 (content provider)	小 / 小	小 / 大 各種組織公司	中 / 大 頻道供應商

(註：此表純為個人觀點)

圖五 市場分析

廠商，服務提供者即購買網路設備建構網路提供給用戶使用的組織或公司，內容提供者即設計製作節目或媒體的業者。

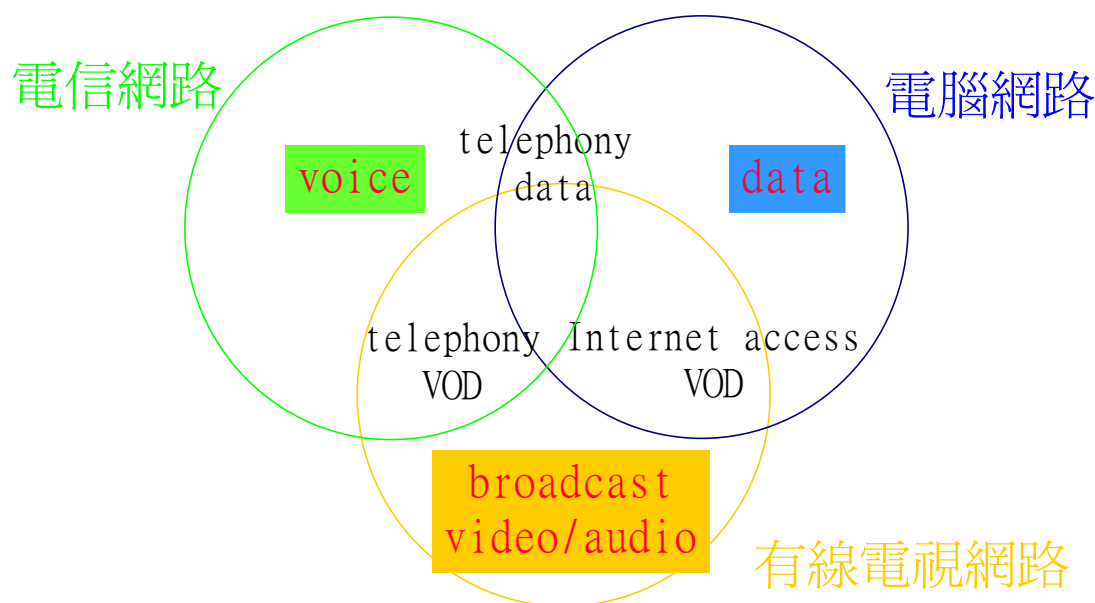
電信網路的網路提供者的例子有 Lucent Technology、Alcatel、NorthernTel 等國際大廠及園區的東訊、台揚等，服務提供者的例子則有 AT&T、MCI、中華電信等，事實上有些公司既是網路提供者又是服務提供者，如中華電信及一年前的 AT&T，AT&T 在 1995 年底將研發製造設備的部門分出成為 Lucent Tech.(朗訊科技)，使 Lucent Tech. 的產品較能被原先的競爭者 MCI 及 Sprint 接受採購，而 AT&T 則只進行服務營運。至於電信網路的內容提供者，由於受限於過去的電信法規，電信業者只能經營通訊服務，不得經營節目、內容服務，而有線電視業者則相反，故可以說沒有內容提供者，只有一些查號、路況報導的非營利服務，如果有，那大概就是色情電話服務吧。

電腦網路的網路提供者的例子有 Cisco、3Com、D-link(園區的友訊)、Accton(園區的智邦)、CNet(園區的訊康)等，服務提供者則多為政府單位，在台灣則有 Tanet(教育部)、Seednet(資策會)、Hinet(中華電信)，現在則有一些民營 ISP(Information Service Provider)業者投入，至於內容提供者，即建置 WWW 站、Gopher 站、ftp 站、BBS 站、news 站等等及提供站上資訊內容者，則遍佈於網路上各節點。在圖五中，我們可以看到一個有趣的現象，雖然電腦網路上的服務及內容的使用人口眾多，但市場規模卻是中、小，在內容方面，是由於絕大部分的網站的資訊是開放免費取得，而且還鼓勵大家來看(這就是 Information Sharing 的精神奇特之處，好東西竟然不藏起來，還放上去朝勵別人免費收看，但這也是這個族群發展迅速的原動力!)，在服務方面，由於電腦網路收送封包前沒有計費，頂多只付租用線路或上線費用，封包傳得再遠都不用多收錢，所以服務提供者的市場顯然很有限。

有線電視網路的網路提供者多為傳統線材，頭端訊號處理元件的廠商，市場規模並不大，服務提供者則為各地區系統業者，以台灣為貌，分為 50 區，每區平均有 3 家

競爭，若全台戶數以 400 萬戶計算，訂戶比例為 7 成，每戶每月租金 500 元，則 150 家業者將競爭 14 億/月的市場，將難以達到經濟規模，美國的一些有線電視業者(如 Time Warner)可以達到相當大的經濟規模，財力足以與電話公司抗衡，故可以進行提升服務品質的研究及試驗，這是當初國內規劃有線電視法規時分太多區審查執照的結果，將可能造成“人人有得玩，人人玩不起來”的後果。在內容提供者方面，即是所有頻道製作及供應商，包括各電視台，若每一頻道費用 10 萬/月(有點高估)賣給一家系統業者，則每一頻道收入 1500 萬/月(不包含廣告收入)，每一系統業者平均買 50 個頻道，故市場規模約 7 億 5 千萬/月，略小於服務提供者的市場。雖然有線電視網路目前的市場不大，但如前所述，它目前處於單向被動式的“嬰兒期”，未來的發展空間很大。

前面的分析是目前市場狀況，而未來呢？圖六顯示這三種網路即將進行市場跨

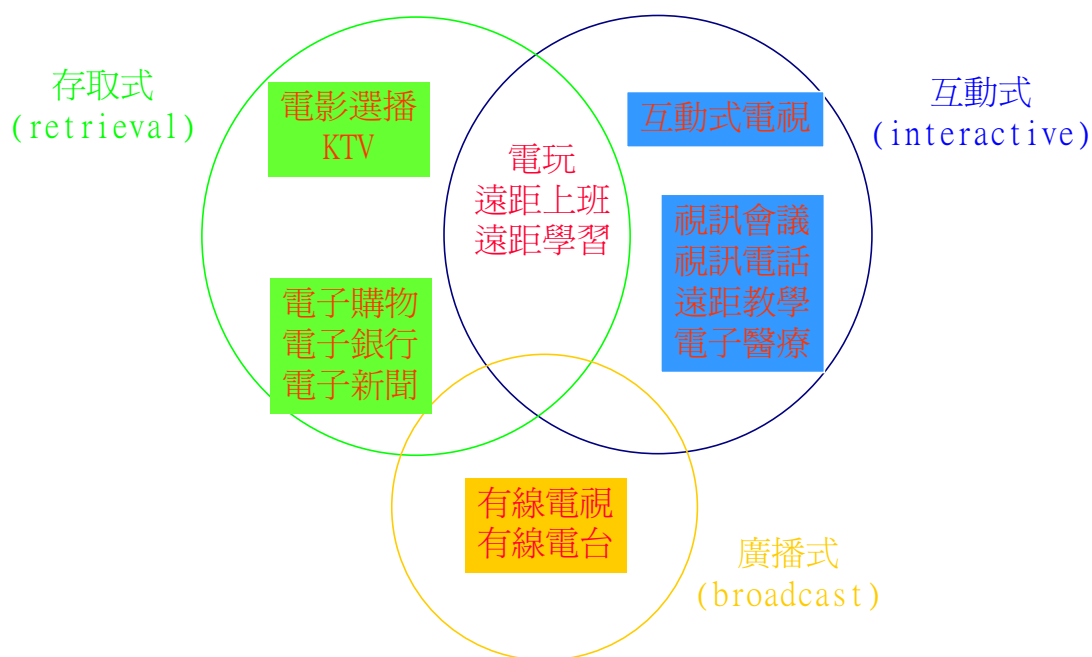


圖六 跨足, 兼併, 分裂

足、兼併、分裂的大戰，原來只經營聲音傳送的電信網路，一直努力想要進入數據通訊的市場，例如 X.25、Frame Relay 及 ISDN 及服務，最近幾年又想強改視訊傳輸的市場，例如提出了 ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)、FTTC(Fiber To The Curb)及 FTTH(Fiber To The Home)的方案對抗有線電視網路的 HFC(Hybrid Fiber Coax)方案，希望取代目前有線電視網路的同軸電纜，成為家庭寬頻網路的提供者，並提供視訊服務。而電腦網路方面，原先只有數據傳輸，但在研究開發的精神驅動下(並非有預謀的市場行為)，開始出現聲音、影像、視訊的應用，但並沒有任何服務提供者或內容提供者因此賺到錢，頂多只是一些網路軟硬體、設備提供者賺到錢，有些應用的程式甚至是免費的(例如 MBONE 多點視訊會議軟體是免費的，而且還開放部分程式原始碼，這類軟體的免費開放，多基於鼓勵研究、資訊共享的精神)，我們可以想像得到的是，這些原本在電腦網路上幾乎免費的美好應用及服務，將來會轉移到電信網路或有線電視網路上，讓這兩種網路的網路提供者、服務提供者、內容提供者大賺特賺，也就是說 Internet 是先進技術、應用的溫床及試鍊場，真正開花結果普及應用可能是在電信網路及有線電視網路，基於這個觀察，電腦網路的網路提供者、服務提供者、內容提供者，應帶著技術及應用積極介入電信網路及有線電視網路的市場。反過來說，電信網路業者也應積極吸取電腦網路上的技術及應用，防守鞏固自己的霸業。至於有線電視業者，只

好趕快買些東西，否則就會被買下來了。

大戰即將開打，但爭奪的目標版圖在那裏呢？圖七就是它們共同的目标應用，除



圖七 目標應用

了傳統的應用，這些新的應用也將進入我們的生活與工作，這些應用初聽之後會覺得非常繁多，但事實上我們可以將它們歸類為三大類，即資料大多由局端/伺服器端/頭端流至用戶端的存取式應用，資料流動對稱的互動式應用及資料流動只有被動單向的廣播式及務，有些可能介於兩類之間，例如電玩，如果是單機玩的方式，由伺服器將遊戲載入家中主機，則屬於存取式，若是多機共同藉由伺服器進行互動遊戲，則屬於互動式。傳統的廣播式應不會消失，但可能會縮小它的版圖，至於這三種網路誰會佔領多少版圖，或是會共同合作經營，就有待時間証明了。

4 · 技術趨勢

如果沒有一些入門技術背景知識，是很難理解這些一波接著一波的新技術大公開，到底在搞什麼把戲，其實基本的知識也不多，就是要將以下觀念弄清楚：調變技術，類比或數位之資料、訊號、傳輸技術、基頻與寬頻技術、多工技術(同步、非同步、統計式)，交換技術(電路交換與封包交換，軟體交換與硬體交換)，協定堆疊，連接式與非連接式服務，盡力式與保證式服務等，若不太清楚但又想弄清楚它們，那真的要看看網路的教科書了。

就如同解剖課一樣，我們也可以將眾多技術分門別類顯示在圖八的縱切面圖。

應用	電信網路： voice, paging, Internet access, etc.				
	電腦網路： ftp, mail, telnet, gopher, BBS, news, WWW, Internet-phone, MBONE, etc.				
	有線電視網路： plain TV, PPV, NVOD, VOD, Internet access, etc.				
平台	N/A, UNIX, DOS, Windows, OS/2, NT, Web, Java, CORBA, Active X, etc.				
上層協定	N/A, IP, TCP, UDP, RSVP, RTP, Ipv6, XTP, etc.				
傳輸技術		廣域		區域	
	廣播式	DQDB	HFC AMPS GSM	IS-54 IS-95 PCS	Ethernet, Fast Ethernet FDDI, Wireless LAN CT2, DECT, PACS
	點對點式	X.25	ADSL Frame Relay ATM(B-ISDN)	FTTH FTTC ISDN	ATM
傳輸介質	有線：雙絞線、同軸電纜、光纖				
	無線：無線電波、微波、紅外線				

圖八 技術縱切面

由最下層的傳輸介質來看，可分有線與無線兩大類，在有線這類頻寬已經不是主要的問題，因為光纖傳輸技術已經可以在一條 6300 KM 長海底電纜的一條光纖傳送經 WDM (Wavelength Division Multiplexing) 處理的 25 個 5 Gbps 頻道，我們只是需要如何運用這些頻寬的好方法。然而，在無線傳輸來講，一個 TDMA 或 FDMA 頻道大致上只能達到數個 Mbps，在高頻率的區段傳送又確保不影響人體是一個困難，或許要將目前所有在有線網路上的應用全數搬到無線網路上，是需要更多的時間的。

在傳輸技術方面，我們可以將這些技術分類成廣域或區域、廣播式或點對點式，長期以來，電信網路大都是點對點式，即傳送端的訊號只有一個接收端能收到，佈線方式則呈星狀 (star)，無線蜂巢式 (celluar) 行動電話系統則是一個例外，因為在每一個 cell 區域內是透過廣播式的無線傳輸介質進行。另一個例子是家庭寬頻網路，電信公司提出的 ADSL、FTTH、FTTC 也都是點對點式，相對的，有線電視業者的 HFC 則是廣播式。在電腦網路的區域網路部份，長期以來均是廣播式的架構，如乙太網路、FDDI 等，即使拉線都是以 Hub 集線器為中心的星狀佈線；實質上仍是廣播式傳輸技術，但最近幾年，隨著獨立頻寬使用的要求升高，點對點式的 EtherSwitch 及 ATM 技術也慢慢進入區域網路市場。整體來看，長距離傳輸很明顯地必須使用點對點技術，而在都會區或區域範圍內，則視廣播式技術的多重存取協定 (Multi-access Control Protocol) 能否滿足各種傳輸需求 (如服務品質)，也端視點對點式技術的代價是否低到足以普及 (通常點對點式技術價格較高)。一個很明顯的例子是 ATM 區域網路，雖然能提供服務品質的需求，但因代價太高，仍在市場測試期。

另一個技術趨勢是以 ATM 為技術基礎寬頻 ISDN 終將成為 NII 的主幹網路，各國也正不遺餘力地進行建設與測試，等到這個技術更加成熟並普及使用，其他各種區域網路技術與服務，不是要消失的無影無蹤，不然就是要架在 ATM 上提供服務，而各種都會網路與區域網路則將圍繞著寬頻 ISDN，透過它來進行較長距離傳輸。因此各種

其他網路與 ATM 互連的技術與產品將愈形重要。

在上層協定方面，事實上目前許多網路並沒有這一層，例如電話網路的聲音傳輸部份（控制訊號傳輸部份則有上層協定）及有線電視網路，這個上層協定首推電腦網路的 IP 協定及架於其上的 TCP、UDP 協定。在這裡有兩個技術趨勢，一是 TCP/IP 協定勢力的擴散，二是 TCP/IP 協定本身的改造。由於許多新穎好用的應用均是架在 TCP/IP 協定之上，當這些應用擴散至有線電線網路與電信網路時，也擴散了 TCP/IP 的使用（TCP/IP 已將 OSI 7 層協定徹底打敗，進入電腦網路之外的領域只是時間問題），但每一擴散的節點均需一 IP 位址，32 位元的 IP 位址已顯不足，再加 IP 傳輸的效益與安全性均無法承受要求越來越多的上層應用，因此一系列的協定改造，如 IPv6、RSVP、RTP 等，將是必要的。

而在作業平台方面，則還是以電腦網路的發展最完整，事實上，其他兩種網路都欠缺這種概念與環境，大概只有管理平台而無作業平台。但網路作業平台的發展也不是一蹴可及的，例如 DOS 及 Windows 的網路功能均是外加的，直到 Win95, Windows NT, OS/2 才將網路功能內建，個人電腦上的網路作業平台的加強，也使得以 UNIX 為平台的工作站市場較為萎縮而轉移至個人電腦。當然，眾多不同的作業平台也帶來了不相容的問題，雖然下層的網路協定是共通的，但為 Win95 寫的 client-server 程式就是不能在 UNIX 或 Solaris 的平台上跑，而且移轉 (porting) 的工作非常麻煩。因此，以 Web、Java 技術為主體，結合 CORBA (Common Object Request Broker Agency) 分散式物件導向技術的網路中心作業平台 (Network-Centric Computing)，將提供跨平台的整合環境，這項技術已經開始襲捲電腦網路市場，也將進入未來的有線電視網路市場。

應用服務是使用者最終看到的東西，也是唯一看得到的東西，圖八最上層所列的應用都是目前存在或試驗中的應用，我們已經可以看到這三種網路跨足的情形已經很明顯，若再加上圖七的目標應用，整合的趨勢將是必然而且必要的，畢竟，在 21 世紀中，維持三個功能重疊的網路比維持一個整合的網路，代價高出太多了。

5. 電信網路的轉變

有了對市場與技術趨勢的了解，我們將在接下來的三節中分別深入檢視這三種網路目前的轉變，以及這些轉變背後隱藏的意義。

電信網路近幾年來的重大轉變有如下數項：

ISDN 的復活: 上 Internet

寬頻區域迴路攻防戰: ADSL、FTTH、FTTC vs. HFC

B-ISDN 的建設與試驗

無線通訊的普及

我們分別描述分析這些轉變如下。

ISDN 的復活

ISDN 在 1984 年發展技術時，雖然勾勒了一個整合聲音與數據的美好生活遠景，但卻被形容為 I Still Don't Need it. (ISDN) 的技術，ISDN 也一直在這種爭論中虛耗光陰，只有在日本是較為成功地普及使用，但曾幾何時，在以 ATM 技術為核心的寬頻 ISDN 進行建設與測試的今天，ISDN 已經是太慢太少了 (Too Late, Too Little)，尤其當區域電腦網路已經要從 10 Mbps 升級到 100 Mbps，幾百個 Kbps 的技術似乎不太吸引人了。ISDN 的技術是在現有電話雙絞線上，使用新的介面及新的用戶端、區端設備，使聲音、數據能同時透過這個介面傳送，但這個 TDM (Time-Division Multiplexing) 介面卻是定死的 (fixed)，只有兩種選擇: basic rate ($2B + 1D = 2 * 64 \text{ Kbps} + 16 \text{ Kbps} = 144 \text{ Kbps}$ ，即可承載兩個聲音頻道及一個數據頻道，或全部用來傳送數據) 及 primary rate ($32B + 1D = 32 * 64 \text{ Kbps} + 64 \text{ Kbps} = 2.048 \text{ Mbps}$)，毫無彈性可言。

近年來 Internet 上的 WWW 應用使得 Internet 大為普及，家庭用戶上 Internet 多透過 28.8 Kbps modem 數據機撥接 (dial-in) 至撥接伺服器上 Internet，瀏覽 WWW 首頁 (homepages) 往往要傳送大量圖形聲音檔案，Internet 本身及 28.8 Kbps modem 形成了雙重瓶頸 (double bottlenecks)，144 Kbps 的 ISDN modem 可提高存取 (access) 速度五倍，使得 ISDN 有了復活的機會，然而如此這般使用 ISDN 有點像是廢物利用，因為 ISDN 已經失去它的主戰場 (成為長距離點對點傳輸主幹網路)，而淪落至次戰場 (用於做區域存取網路 -- local access network，即家庭用戶與電腦網路之間的接駁工具)，最近再加上 56 Kbps 傳統 modem 的發展及有線電線網路 cable modem (共用式 10 Mbps 頻寬) 的推出，可謂後有追兵，前有猛獸，在這個次戰場的角色也難保。但無論如何，ISDN 畢竟還是電信網路同時整合兩種服務的第一次嘗試。

寬頻區域迴路攻防戰

ISDN 嘗試在雙絞線上整合聲音與數據，但把電視視訊排除在外，雖然 ISDN 上可以進行點對點視訊會議，但視訊會議的視訊品質只要 100 Kbps 以上的頻寬即可支援，若是電視或錄影帶品質的 MPEG 視訊，至少要有 1.5 Mbps 的頻寬才能支援，為了能夠將高品質視訊送入家庭中，電信網路業者又推出了在雙絞線上的 ADSL，如圖九所

	介質	分散方式	下行頻道	上行頻道	上行 / 下行
ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)	雙絞線	點對點	1.536Mbps+4KHz	16Kbps+4KHz	W / N
FTTC (Fiber To The Curb)	光纖+雙絞線	點對點	1.544Mbps(T1)或6.312Mbps(T2)	1,544Mbps(T1)或6.312Mbps(T2)	W / W
FTTH (Fiber To The Home)	光纖	點對點	51Mbps(OC-1)155.52Mbps(OC-3)或更高	51Mbps(OC-1)155.52Mbps(OC-3)或更高	B / B
HFC (Hybrid fiber Coax)	同軸電纜	廣播式	40 Mbps至 2 Gbps	1.544 Mbps或 10 Mbps	B / W

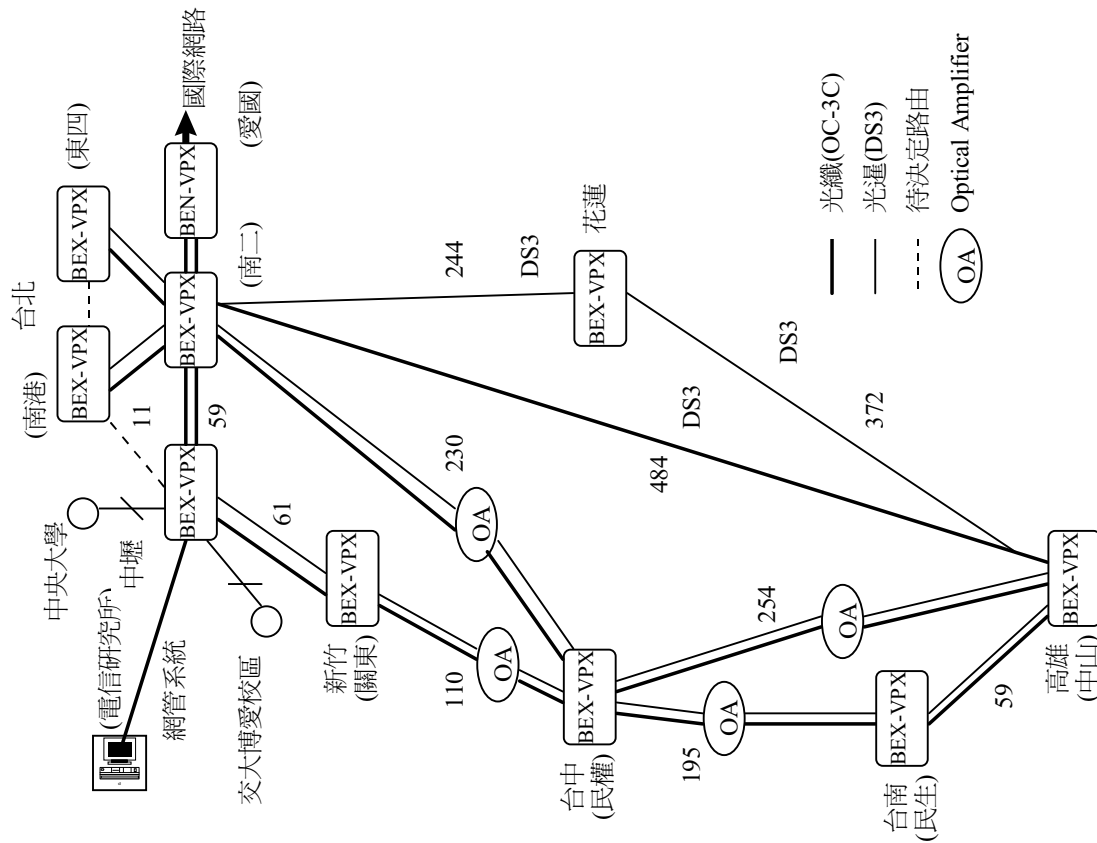
N:Narrowband W:Wideband B:Broadband

圖九 寬頻區域迴路攻防戰:
ADSL, FTTC, FTTH Vs. HFC

示, 提供不對稱的擴頻 (wideband) 下行頻道及窄頻 (narrowband) 上行頻道 (這裏窄頻為 1.5 Mbps 以下, 寬頻為 10 Mbps 以上), 因為大部份資料的流向是從局端至用戶端, 但這種頻寬顯然不及有線電視網路 (HFC) 達 1GHz 的頻譜 (雖然此頻譜為廣播式為各用戶端所共享), 因此, 電信網路業者又推出 FTTH 以及折衷的 FTTC 方案, 這場決定未來 NII 社區網路型態的攻防戰目前仍在進行中, 在不同的地區, 不同的方案互有斬獲, 端視電信網路業者及有線電視網路業者的財力及企圖心, 不過有線電視網路稍佔既得優勢, 因為傳統有線電視較容易改成 HFC 架構, 且多數家庭已連上有線電視網路, 但也有電話公司將有線電視業者買下, 自己便可任意調整架構。

B-ISDN 的建設與試驗

自 1990 年起全球各國便開始 ATM 平台的研發與試驗, 近年來, 已有大型平台的建設與試用, 如台灣的中華電信, 已在全台建立起一個近十點 (自行研發的 Virtual Path Switch) 的平台 (如圖十所示), 可進行 VP 交換 (switching) (但尚未能進行



圖十 中華電信 ATM 網路圖

virtual channel switching), 及進行視訊會議、遠距教學應用之展示。B-ISDN 這個龐然大物, 想當然而就是要能搭載所有的服務應用, 圖十一表列它的服務種類及特性, 對於

	頻寬保證	即時資料 (real-time)	突發資料 (bursty)	壅塞時 流量控制
CBR (Constant Bit Rate)	有	適合	不適合	無
RT-VBR (Real-time Variable Bit Rate)	有	適合	不適合	無
NRT-VBR (Nonreal-time Variable Bit Rate)	有	不適合	適合	無
ABR (Available Bit Rate)	可有可無	不適合	適合	有
UBR (Unspecified Bit Rate)	無	不適合	適合	無

圖十一 ATM服務種類

連續性的即時資料及突發資料，均有服務類別可以支援，然而在這些服務中 (CBR、VBR、ABR、UBR)，對於變動速率 (VBR) 服務的控制方法仍有疑問，尚未標準化。

對電信網路業者來說，ATM 這個獨門武器將來推出之後，首先要支援的市場還是企業的數據傳輸，其次是將視訊會議等整合進來，最後才是電話聲音服務(除非 ATM 能夠成熟且介面直達家庭用戶，否則傳統電話網路系統是無可取代的)，但 ATM 在數據服務上是否有比現有的 X.25、Frame Relay 及租線服務等強呢？如圖十二所示，當

特性 類別	連接式	交換式	固定長度	最大長度	群播	速度 (Mbps)
X.25	是	是	非	128	無	0.064
DQDB	是	非	是	44	無	45
Frame Relay	是	非	非	1600	無	1.5
SMDS	非	是	非	9188	有	45
ATM AAL	是	是	非	不定	有	155

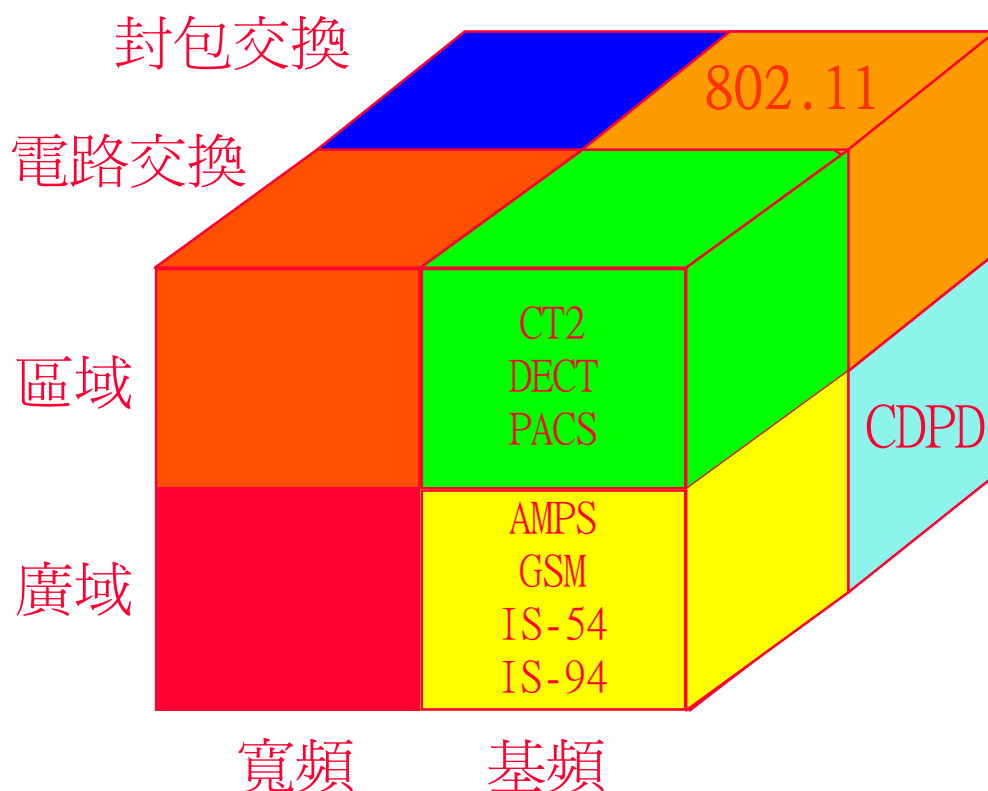
圖十二 ATM 與其他廣域數據網路之比較

然是肯定的，每一個用戶只要建一個 VP (Virtual Path) 至 ATM 局端，便可透過它與遠端動態建立眾多點對點彈性頻寬的 VC (virtual channel) 連線。

當數年後(也許十年後) B-ISDN 成熟到廣為企業所使用，並成為連接許多都會或區域網路的主幹網路時，接下來的問題便是要不要將 ATM 介面延伸至家庭用戶，若不這麼做，B-ISDN 將是一個整合的核心角色，若真的這麼做，B-ISDN 將不是整合，而是取代大部份現有網路，包括傳統電話網路、有線電視網路及電腦網路。筆者個人認為，這件事只是時間的問題(雖然它可能要花二十年的時間)，因為 ATM 的技術足以取代現有其他網路，時間的長短端視製造技術何時能將擁有較傳統網路介面高數十至數百倍元件的積體電路的價格，降低至目前傳統介面的價格。但換一個角度想，我們也可以將這種取代看成是技術的統一，例如，ATM 到時也將完全進入區域網路市場，Internet 主幹那時也早已經是 ATM 網路，ATM 的電腦網路與 ATM 的電信網路的整合，將是極自然的事，那時也沒有所謂電信網路、電腦網路、有線電視網路的分別了。

無線通訊的普及

就無線通訊而言，電信網路的腳步顯然比電腦網路快多了，在 1981 年類比行動電話系統推出後，數位行動電話也在十年後推出，並將技術及市場由廣域網路延伸至區域範圍，由電路交換延伸至封包交換，但無線通訊技術真的成熟了嗎？事實上還不很成熟，在圖十三的魔術方塊中，我們可以看到寬頻的部份(不論是區域或廣域、電路交換



圖十三 無線通訊的魔術方塊

或封包交換), 完全沒有成熟技術, 在無線通訊領域, 我們還是只能打打電話、傳送數據, 對高頻寬的視訊, 仍難以突破, 我們想要將所有有線網路的應用完全搬到無線網路, 尚需努力。

6. 電腦網路的轉變

在電腦網路方面, 目前正積極進行的重大變革有如下數項:

區域網路的升級: Fast Ethernet、FDDI、ATM

以 Web/Java 為中心的工作平台之興起

Internet 協定的改造

行動與無線計算的努力

區域網路的升級

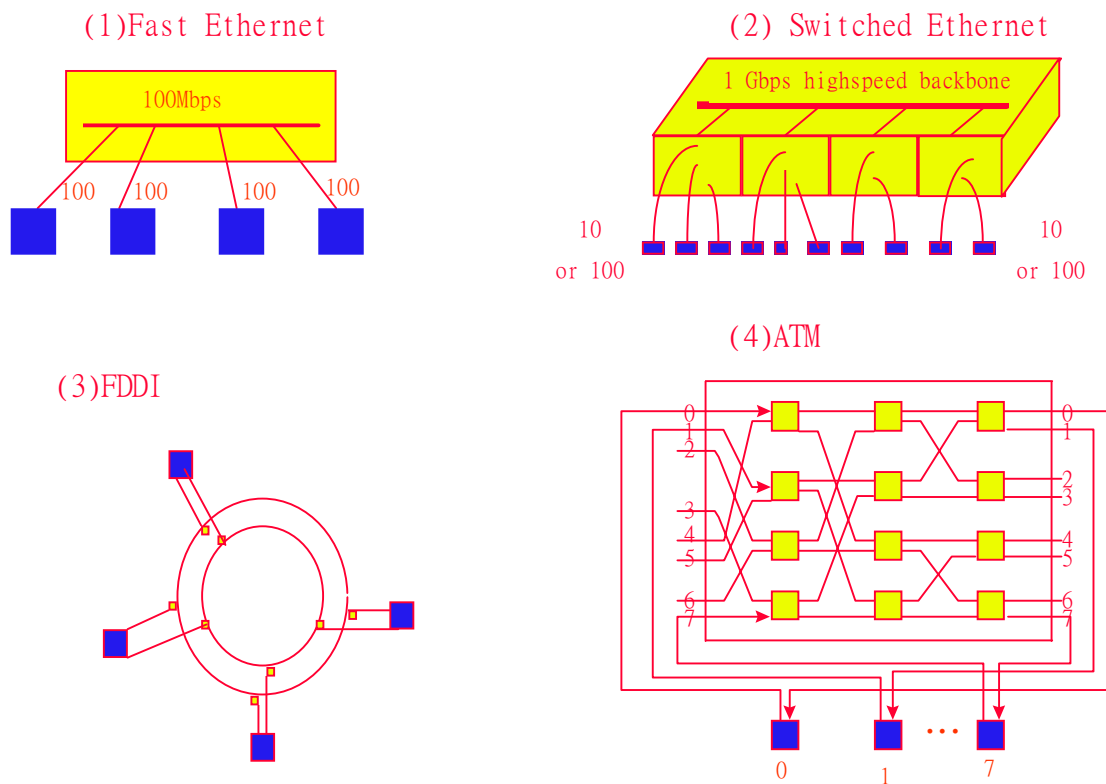
當 CPU 已經超過 100 MIPS, I/O Bus 達到 1 Gbps, 區域網路若停留在 10 Mbps, 將成爲一個瓶頸。不像 Internet 主幹網路的提昇那麼容易, 只要換掉光纖線路兩端的傳受器 (Tranceiver) 及路由器對該傳收器的驅動程式, 區域網路的提昇代表眾多個人電腦、工作站的網路卡、驅動程式要換, 各種 Hub、Router 也要換, 對一個組織而言, 工程也是不小, 目前全球的區域網路大多爲乙太網路, 數量龐大, 市場也是很大, 這些區

域網路將在未來十年內逐步陸續升級，但升級的方案是什麼呢？圖十四條列了四種可

特性 方案	頻寬 (Mbps)	獨佔或共享	服務保 證	升級成本
Switched Ethernet	10 100	幾乎獨佔	無	中(換 Switching Hub 及 100Mbps adaptor)
Fast Ethernet	100	共享	無	中(換 hub 及 adaptor)
FDDI	100	共享	部份	高
ATM	25 100 155	獨佔	有	高

圖十四 區域網路的升級

能方案，圖十五則圖示了四種方案的運作模式。其中 Fast Ethernet 及 FDDI 為廣播式



圖十五 區域網路圖示

架構，所有連到該 Hub 的電腦分享 100 Mbps，ATM 則為點對點式架構，Switched Ethernet 則介於兩者之間，將碰撞範圍 (collision domain) 做一個分割，讓少數目數台電腦分享 10 Mbps 或 100 Mbps，但無論如何，Ethernet-based 的區域網路是無法對個別連線提供頻寬保證的，對非交換式 Ethernet 而言，這種支援更少。

但經過這一兩年來的市場演變，ATM 及 FDDI 顯然沒有成功進入區域網路市場，頂多只是校園及公司區域網路的主幹 (backbone) 網路，負責連接各個區域網路，而無法將介面延伸至電腦端，Fast Ethernet 及 Switched Ethernet 顯然已經成為升級的當然方案，ATM 的延伸勢必要慢五至十年吧。

以 Web/Java 為中心的工作平台之興起

電腦與電腦網路的蓬勃發展造成了太多軟體不相容的作業系統平台(如 PC DOS, PC Windows, PC Windows NT, Mac, UNIX, Solaris) 及眾多需要透過不同用戶端程式 (client program) 才能存取的服務(如 ftp, news, gopher, mail 等伺服器之服務)，因此，Tim Bernard-Lee 於 1991 年便提出了在不同的作業平台上，使用相同的定址方法、共同協定格式協調去存取各種伺服器上的服務，這個定址方法就是 URL (Universal Resource Locator)，共同協定就是 HTTP (Hypertext Transfer Protocol)，格式協調就是 HTML (HyperText Markup Language) 及各種服務的格式，其中，HTML 將 Gopher 文件之間的 link 的概念延伸至網路上 hypertext 之間的 hyperlink。這些使得使用者可在不同平台上，透過一個 HTML Browser(瀏覽器程式)瀏覽各服務伺服器上的文件，達到平台與服務整合的目的。但這個 web browser 只能解釋固定幾個服務類別，對其他類的服務，例如 MPEG 檔案播放，則必須依靠外掛的外部程式 (external viewer)，Sun 公司便提出"由 Web 伺服器下載可執行內容"的概念，來取代外掛的程式，並以 Java 語言來撰寫這些可執行的內容，當然瀏覽器內就要有 Java 程式的解譯功能。

雖然這項技術有些地方尚在發展階段，例如 Sun 將推出 Pico Java 的晶片以加速 Java 程式的解譯程度，Java 程式尚不能呼叫執行 native-code 等等問題，但一個以網路為中心之計算 (Network-Centric Computing) 平台已儼然成形：用戶端只需瀏覽器，沒有事先安裝的 "fatware"，程式及資料均由伺服器下載，在用戶端即時執行，異質用戶端及伺服器將可共通 (inter-operate)，HTTP、HTML 及 Java 將是唯三標準。這個平台的興起對 NII 的意義是，未來的電腦網路的應用服務將有統一的規格，而這個統一的規格也將使這個規格及其上的應用擴散至有線電視網路與電信網路，很顯然地，WebTV、Network Computer、Set-Top-Box 及各種 Special-purpose 的 Box 都將內含這種不需安裝 (pre-installation) 軟體的技術。

Internet 協定的改造

電腦網路上越來越多的應用對網路的負擔加重，要求卻相對提高，衍生的問題主要有三：地址、效益、安全，如圖十六所示，這些問題有賴協定的改造，IPv6 將一勞永逸

問題	問題描述	IPv6 的對策	RSVP 及 RTP 的對策
地址	定址空間不足	32 bits->128 bit	
效益	網路壅塞,無法為即時應用預留頻寬資源	將連線分成 16 層級的 flow,給予不同優先次序	透過 RSVP 建立端點對端點的 RTP 連線(out-of-band signaling),並預留頻寬資源
安全	資料傳送不安全,電子商業難以進行推廣	在 IP 層加密解密	

圖十六 Internet協定問題及改造

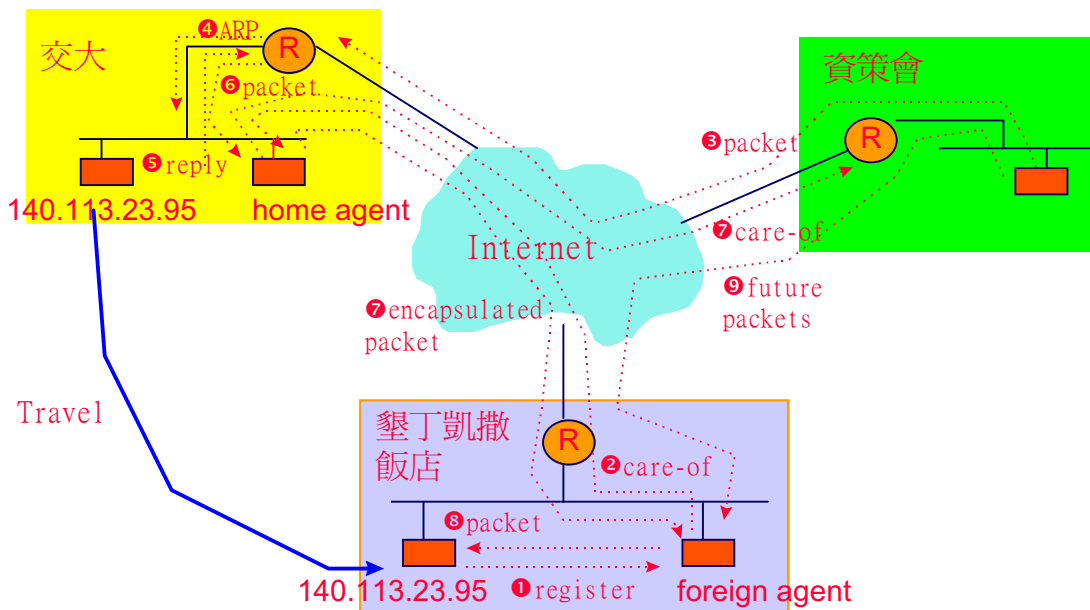
地解決定址空間不足的問題,在 IP 層的加密也可解決所有有安全需求的應用,不需在應用層個別去進行加密解密的工作。對網路壅塞、效益保證的問題,光是 IPv6 是無法解決的,必須加上傳輸層的 RSVP (Reservation Protocol) 為端點對端點的 RTP (Real-Time Protocol) 連線預留頻寬資源,而由 IPv6 層分別以不同方式處理有預留頻寬資源的連線流 (flow) 及無預留頻寬資源的連線流,如此便可有效解決效益問題。

Internet 協定改造的成功與否,將關係是否能將這個可用版 GII 提昇至商業版,並進而將技術擴散致有線電視網路及電信網路。

行動計算的努力

對行動計算,我們要先釐清行動與無線通訊的差別,行動計算表示一部旅行中的電腦不需改變它的 IP 地址也能維持通訊,行動通訊可以以有線或無線進行。無線通訊則是不需拉線,電腦可以與區域無線網路 (如 IEEE 802.11 wireless LAN) 或廣域無線網路 (如 CDPD over AMPS) 的基地台通訊。

Internet 對行動通訊已經制訂了 Mobile IP 協定 (在 IP 層之上),這個協定滿足了如下的要求:不能改變旅行電腦的 IP 地址,不能改變不旅行的電腦的軟體,不能改變路由器軟體,大部份的封包不能走遠路 (detour) 到旅行電腦,旅行電腦在家時不需額外處理。圖十七顯示當旅行電腦由交大出差旅行到墾丁時,旅行電腦與外地代理者



圖十七 Mobile IP 解決之道

(foreign agent)、本地代理者 (home agent) 及發送封包給旅行電腦的資策會路由器，四者之間的運作流程，透過註冊 (register)、知會 (care-of) 等動作，旅行電腦將可維持通訊。

先前我們提到，在無線行動通訊領域，電腦網路比電信網路慢很多，在不遠的一兩年內，當行動計算與區域或廣域無線、封包交換網路整合之後，接下來的問題應該是如何讓它支援即時影音多媒體應用並保證頻寬效益。

7.有線電視網路的轉變

有線電視網路這個目前是單向傳輸、單調但卻是家庭重要的娛樂來源，未來幾年將進行如下的改變：

雙向互動式網路的頻譜與架構調整

寬頻家用社區網路的選擇

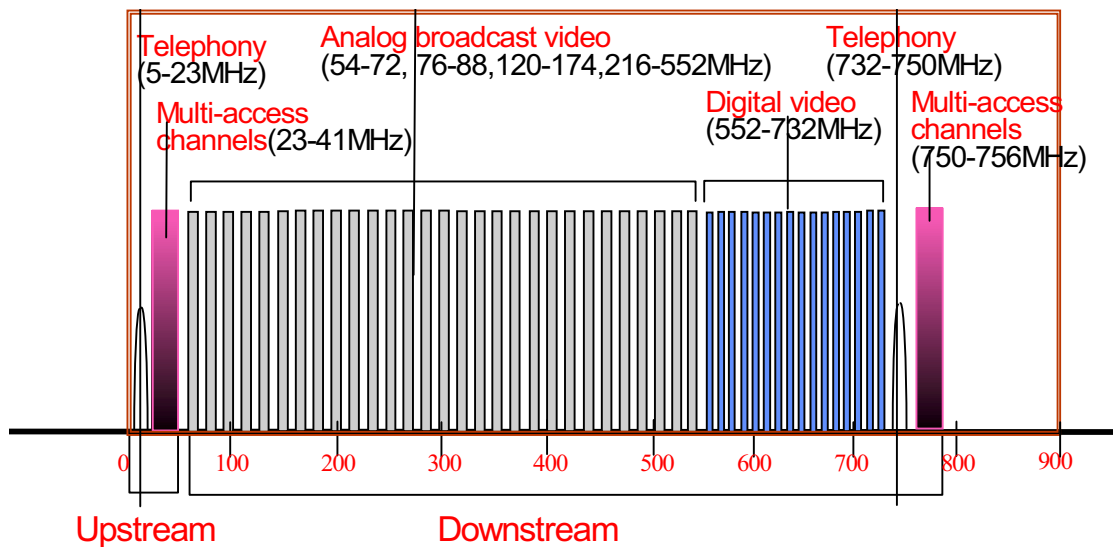
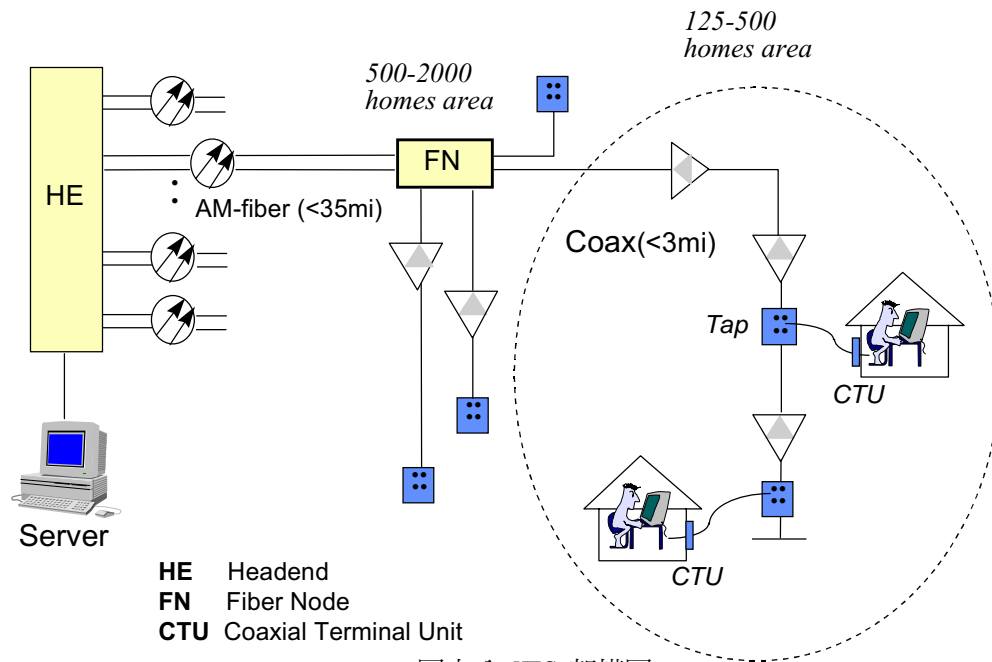
互動式多媒體服務內容的導入

其中的第二項已經在電信網路的轉變一節說明，在此不再說明。

雙向互動式網路的頻譜與架構調整

對家用多媒體互動式資訊服務的規畫，目前有兩個較為活躍的標準組織：IEEE 802.14 committee 及 DAVIC (Digital Audio Visual Council)，前者負責制訂 HFC 網路的實體層 (PHY) 及媒介層 (MAC) 的制定，後者負責整個網路中核心網路 (core network) 及社區網路 (community network, 如 HFC) 的整體架構 (包括 set-top-box、service provider、delivery system、content provider) 規畫。

圖十八為一個 HFC 架構圖，圖十九則是 HFC 可能的頻譜分配圖，現有的



圖十九 頻譜分配圖

有線電視網路，是由頭端拉出同軸電纜，分支、放大訊號至各社區的家庭中，每一個用戶所收到的訊號都是一樣的，而且只有下行頻道，而無上行頻道，每一個電視節目頻道佔用一個 6 MHz 的頻道。由現行架構演化至雙向 HFC 需進行如下步驟：

頭端至社區長距傳輸以光纖取代

加入返回頻道放大器

頻譜位移及重新分配

於頭端及用戶端增加下行調變器 (如 OAM) 及上行調變器 (如 QPSK), 傳輸數位資訊

導入隨選視訊及其他服務

以光纖進行長距離傳輸之後, 除了可改進長距離傳輸品質, 更可使每一條同軸電纜只支援 125 至 500 戶的一個社區 (如圖十八), 減輕返回頻道的競爭。如圖十九所示, 傳統類比頻道仍將保留, 下行頻道將增加經 OAM 調變成類比 6 MHz 頻道但內容為 30 Mbps 的數個數位視訊流, 例如 552 至 732 MHz 便可支援 30 $((732-552)/6 = 30)$ 個如此的 OAM 頻道, 可傳送約 240 $(30*(30-6)/3 = 240)$ 個 MPEG II 視訊節目, 支援 125 至 500 戶的隨選視訊服務, 綽綽有餘, 另外, 下行及上行均需增加電話或固定頻寬需求的對稱應用所需之頻道, 及不固定頻寬需求的應用或控制訊息所需之頻道, 在這些頻道中, 以最後一種的上行頻道的處理最為困難, 這是 IEEE 802.14 正在制訂的標準, 困難在於, 所有用戶端要用上行頻道送封包, 但只能在下行頻道上聽封包, 由於它們無法聽到或自行協調上行頻道的傳送, 因此必須由頭端協調安排。

IEEE 802.14 標準預計於 97 年底完成, 98 年公佈, 而 DAVIC 已經有出版第一版的規格, 其中, 對 set-top-box 的軟硬體規畫已相當完整。

互動式多媒體服務內容的導入

有線電視網路的應用, 首先將是利用 cable modem 上 Internet 的服務, 一些廠商 (如 LANcity, Motorola 等) 已經推出 cable modem 相關產品。事實上, 這些 cable modem 很容易就可以轉變成 set-top-box 接上電視, 配合視訊伺服器, 提供隨選視訊服務, 圖二十列出國外一些電信網路或有線電視網路業者正在進行的隨選視訊測試, 並

服務提供者 (系統業者)	視訊伺服器 提供者	電視接收器 提供者	試用地點
Ameritech	--	--	Chicago , Ohio
Bell Atlantic	nCube	Philips/CLI	Virginia
Bell South	HP	Scientific Atlanta	Atlanta
Nynex	DEC	Zenith	New York
Pacific Bell	HP	--	California
South West Bell	--	--	Texas
US West	DEC	Scientific Atlanta	Omaha
Cox Cable	IBM	Zenith , ICTV	Omaha
TCI	Microsoft	Microsoft	Seattle , Denver
Time Warner	SGI	Scientific Atlanta Toshiba	Orlando

(資料來源: 工研院電通所 ITIS 計畫)

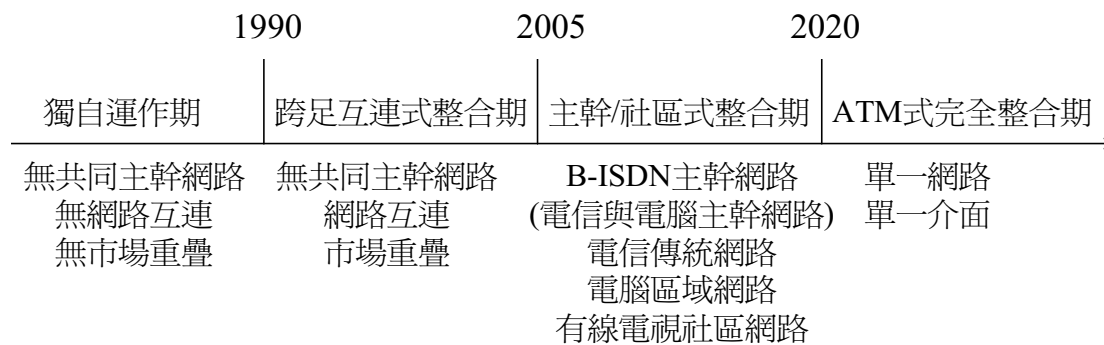
圖二十 隨選視訊測試

列出視訊伺服器及電視接收器 (set-top-box) 的提供廠商, 其中伺服器的廠商多為電腦

業者，電視接受器則有電腦、家電業者。國內在新竹科學園區、工研院、電通所也正進行測試，電通所及園區的全陽科技等亦有視訊伺服器與電視接受器產品。有線電視網路上的應用，將不只是上 Internet 及隨選視訊，事實上所有在電腦網路上發展的應將一一被移轉至有線電視網路，普及至各家庭中。

8. 整合的未來

我們已經瞭解了電信網路、電腦網路、有線電視網路的歷史發展，分析了市場與技術的中長期趨勢，檢視了三種網路近年來的轉變與其後意義，應該已經有足夠的資訊可以勾勒未來的整合遠景，在圖二十一中，我們將整合的過程分為四個階段，從毫無關



圖二十一 階段性的整合

係的獨自運作期，進入市場重疊、網路互連的跨足互連式整合期。B-ISDN 網路技術成熟之後將成為電信與電腦網路的主幹網路，亦即服務企業的數據與視訊應用需求，並作為電腦網路的主幹網路，但傳統的電信網路仍會存在（用以服務聲音電話的需求），傳統區域網路也將存在（如 Fast Ethernet, EtherSwitch, 但將連接 ATM 主幹網路），社區的有線電視網路亦將成熟（如互動雙向的 HFC），並連接 B-ISDN 主幹網路，這個時期稱為主幹/社區式整合期。之後，我們將進入一個 ATM 式的完全整合期，ATM 介面將伸展至家庭個人用戶及桌上型電腦，亦即，傳統電話網路將自動消失，區域網路將自然升級至 ATM，有線電視網路將與電信網路結為一體，單一網路、單一介面的時代將可來臨。

預測未來是很困難的，然而我們已經做了太多的預測，二、三十年內的資訊高速公路真的會如此演進嗎？最後真的會有一個單一網路、單一介面的世界嗎？難道這中間不會有其他新的替代性技術產生嗎？要回答這些問題也不難，資訊高速公路是一個龐大的工程，沒有一、二十年是難以完成的，如果有這樣的替代性新技術，從它的被提出到成熟也是需要近十年的時間，而這個替代性技術目前並未出現，所以即使將來出現了，也無法在資訊高速公路的建設中扮演重要角色。

從另一方面來看，人類歷史的演進是一直往前的，在公元 2020 年之後，資訊高速公路的問題應該已經被解決而不再是問題了，那時人類關心及投入研發的技術問題可能是生物科技（例如如何替換人類大腦的記憶區，或是如何與外星人和平共處呢!）

