

多點即時互動遠距教學系統之建置

-以逢甲大學寬頻 HFC 網路架構為例

林秋松

逢甲大學資訊中心遠距教學小組

台中市文華路 100 號

TEL : (04)4517250-2743

FAX : (04)4512774

Email: chslin@fcu.edu.tw

陳家俊

逢甲大學資訊工程研究所

台中市文華路 100 號

TEL : (04)4517250-2603

FAX : (04)4516453

Email: messner@fcuoa.fcu.edu.tw

摘要

在台灣都會區，由於有線電視網路幾乎深入每一家庭，若能善加利用此一網路進行雙向互動教學，學生上課不再局限在某「教室」中，透過有線電視網路即可在自己家中或宿舍裡的電腦前聆聽老師授課、看到所使用之教材，亦可即時發問；甚至將授課實況全程錄影、壓縮置放於 VOD 系統中，配合相關非同步機制製作成 Web Course，更可提供學習者重複收視、研習。如此便捷而生動的學習方式，才能真正營造出一個處處可學習 (Every-where learning) 之遠距教學環境。本文將以 HFC 寬頻網路系統架構下，利用有線電視廣播配合纜線數據機 (Cable Modem) 與適當軟體，提出一個及時互動遠距教學實驗環境，讓教師能隨時掌控學生之學習狀況，並且達成線上面對面即時問答之功能。

Keywords: HFC 寬頻網路

統的教學方式比較，教師和學生之間的溝通及互動情形卻不如傳統教學來得良好。另一方面，現行的空中大學、空中行專所利用電視教學乃單向傳播，無法做到師生之間學習過程中的互動。有鑑於此限制，遠距教學之參與者即試圖引入更新的電信、電腦及傳播科技以克服上述之限制，由單向之傳播發展為雙向傳輸，並特別強調在傳輸過程中『互動』的功能，使教學者如同在傳統教學情況下，可主持討論、進行學習評量，並適時做個別指導，這才是新一代遠距教學發展的方向。

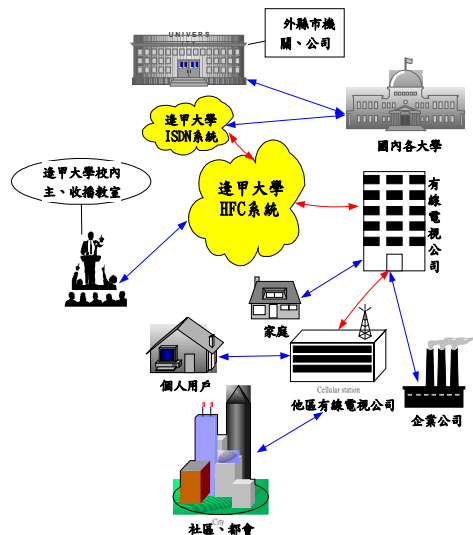
「遠距教學」應該是結合資訊與通信技術，提供分處兩地的學習者與老師面對面、雙向、互動的教學途徑。它是一個對電腦資訊及網路的新興應用，各個先進國家目前都積極地研究發展相關技術，希望能夠將其應用到各層面的教育及訓練，以改善目前教育訓練模式的缺點。國內 NII 推動發展「遠距教學」先導系統的目的就是希望使知識的獲得及學習更加方便及有效率，使我國的一般教育、特殊教育、職業教育及社會教育的功能更加完善。

壹、前言

目前利用電腦網路提供遠距教學服務，大略可分為同步與非同步兩類，前者即現行教育部與各大專院校利用 ISDN 線路所推行的校際課程互選，但受限於 ISDN 線路等問題，一般學生無法個別上線學習；後者則是將教師事先設計好的課程內容，置於網路伺服器中，學生上網擷取課程資料學習，若有問題則以電子郵件或透過留言版之方式與教師、助教溝通，如此之教學方式雖可名為互動，但未能稱得上及時互動。此等遠距教學的教學環境與傳

貳、現行使用系統

逢甲大學對外連線包括專線 (TANet-T1、SeedNet-128K、HiNet-512K)、ISDN、HFC 系統等三種系統；由於同步型遠距教學需要有足夠的頻寬，才能傳輸即時的視訊畫面，且兩端處理視訊的技術也必須能夠搭配才行。所以目前逢甲大學用於遠距教學方面的則是 HFC 與 ISDN 整合的系統 (如圖一)。



圖一、逢甲大學遠距教學系統架構

專線方式連接在目前是網際網路間主要的連接方式，傳輸頻寬及連線費用固定，因此在使用及規劃上比較簡便，且可視不同頻寬需求租用適當的專線。在遠距教學環境下，最少需要 384Kb 以上的傳輸頻寬才能有較好的影音品質，因此必須要使用 512Kbps 以上的專線才足夠。但由於中部地區對外專線頻寬不足，且逢甲與中興大學之間所租用的 T1 專線 (1.54Mbps) 線路幾乎天天滿載[19]，因此已無足夠的頻寬供遠距教學使用。

國內到處都佈滿了有線電視系統，每個家庭幾乎都有 CableTV 的線路，加上 Cable 本身屬於 Broadband 的線路，因此在視訊應用上先天就佔了優勢。利用 CableTV 系統連接 Internet 時，使用者只要安裝 Cable Modem 或 Cable Bridge 接上有線電視系統，即可透過有線電視公司的轉接連接上 Internet，安裝十分簡便；目前國內以和信與東森兩大集團為首的系統業者，在今年三月立法院通過『有線廣播電視法』後，更是相互較勁，全力搶攻家庭用戶。對於遠距教學運用上，除透過 Internet 作非同步教學外，於收播點加裝部份設備即可利用 Cable 系統做雙向即時教學，目前 HFC 系統頻寬更可達到 1GHz，對於遠距教學需大量使用頻寬是一種極好、方便的傳輸系統。

ISDN 的技術發展已有一段時日，原設計即使用標準的電話線路，能在 128Kbps 的傳輸頻寬進行視訊會議。若使用 ISDN 作為遠距教學傳輸系統，通常需要租用三條 ISDN 線路整合成 384Kbps 的頻寬後，效果才較理想。利用 ISDN 的優點是架設較簡易，也不需

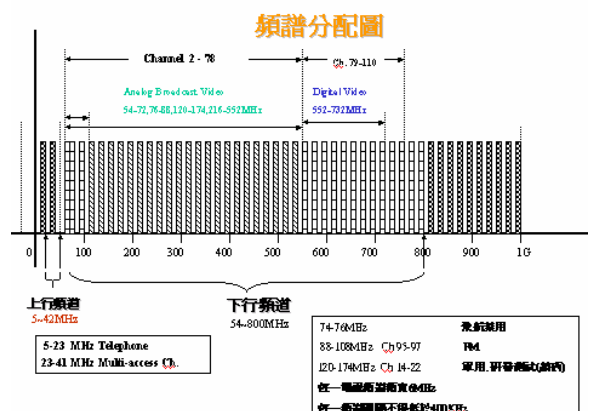
要額外的網路規劃；目前全國大專院校大都使用 ISDN 為遠距教學傳輸線路。缺點則是電信品質常出問題，造成影像、聲音傳送延遲甚至斷線，嚴重影響教學活動。但考量目前能跨縣市，甚至與國外從事遠距教學活動者非 ISDN 莫屬，因此 ISDN 仍有其一定市場。

參、寬頻 HFC 雙向互動遠距教學系統

一、寬頻 HFC 網路系統介紹

所謂 HFC(Hybrid Fiber Coaxial, 混合光纖同軸)網路，即是結合單模(Single Mode)光纖 (Fiber)，與同軸電纜線 (Coaxial) 的混合型網路系統架構。混合光纖同軸電纜是藉由光纖取代一般電纜線作為有線電視網路中的主幹，從頭端(Head -End)機房到用戶附近的光纖投落點(Fiber Node)為光纖，然後由光纖投落點到用戶的終端設備才是一般同軸電纜線。整個網路架構呈一樹狀分支般，其間訊號經過的光電轉換器、放大器均為雙向的。

由於主幹線採取光纖為傳送媒介，將大幅提昇 RF 訊號品質、降低訊號的衰減及防止雜訊干擾，因此傳統有線電視僅提供約八十個視訊頻道所使用的 550MHz 系統，將可提高至百餘個頻道的 750MHz 系統；若採用數位播放系統(即 DTV, 數位電視)，利用數位視訊壓縮技術，將可同時提供數百個頻道與節目！下圖為傳統頻譜(低分割)分配情況：



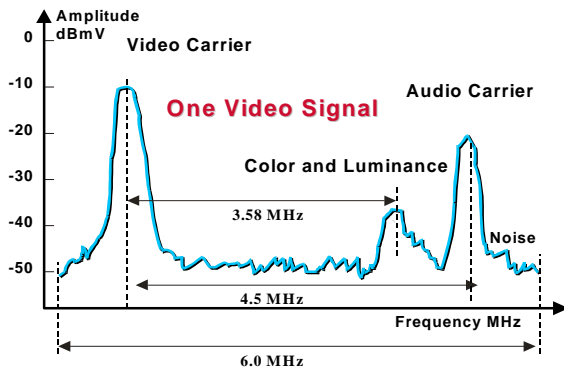
圖二、有線電視頻譜分配

如前述 HFC 網路的頻寬可達 750 MHz (或更高達 1GHz)，以 NTSC 的標準一個頻道需佔用 6 MHz 來劃分，則整體的頻道數量可高達 110 個頻道：

750 MHz = 110 頻道 @ 6 MHz

由於在整個調變(Modulation)的過程中有許多的頻率轉換。為了避免頻率偏移現象，因此在目前的 MCNS(Multimedia Cable Network System, 多媒體有線電視網路系統) 所制定的 cable modem 標準規格中只使用其中的 4.5MHz。

Video Signal



圖三、單一頻道訊號使用情況

所謂的 Cable Modem 即是透過有線電視網路作為高速數據接取的設備，一端連接有線電視網路分配器，另一端連接個人電腦。Cable Modem 傳輸資料的方式與一般電話用數據機類似，將來自電腦網路卡的數位訊號經過調變(Modulation)的過程，以類比的方式在有線電視的線路上傳輸；但與之不同的是 Cable Modem 傳輸資料分成上行方向 (Up Stream, 由用戶傳到頭端機房)與下行方向 (Down Stream, 由頭端機房傳到用戶)，各使用一個頻道來進行傳輸。調變的方式則與訊號傳遞的方向有關。由於下行通道所採用頻率為較高的頻道，故抗雜訊的能力較強，因此會採用正交雙振幅調變(QAM)的技術。而上行通道由於採用較低頻率的頻道進行傳送，容易受到干擾，通常會採用抗雜訊能力較強的四分相移鍵(QPSK)作為調變技術。

如使用 64 QAM；速度就是：

$$\log(64)/\log(2) \text{ (bit/Hz/s)} \times 4.5 \text{ MHz} = 27\text{Mbps} = 18 \text{ 條 T1 專線}$$

如使用 256 QAM，速度則為：

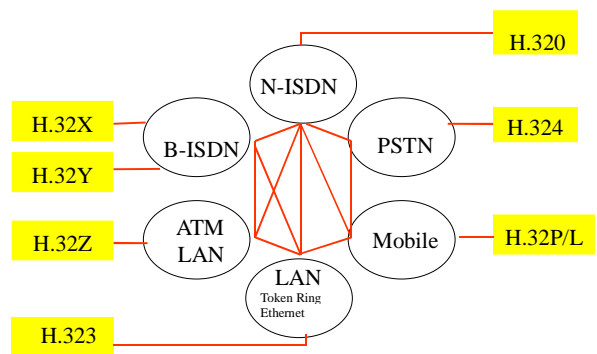
$$\log(256)/\log(2) \text{ (bit/Hz/s)} \times 4.5 \text{ MHz} = 36\text{Mbps} = 23 \text{ 條 T1 專線}$$

由於使用不同的調變技術，Cable Modem 在一個頻道可傳高達 27 Mbps / 36 Mbps，而在 750 MHz 的 HFC 網路中，目前大約有 33 個頻道((750-550)/6)可留給數據資料傳輸，若是以 33 個頻道乘以 27 Mbps 或 36 Mbps，您會發現整體的頻寬實在相當可觀，當然這邊指的是下行的頻寬。

根據製造 Cable Modem 廠商資料顯示 [4]，Cable Modem 傳輸速度上的表現，下行方向傳輸速度介於 64Kpbs 和 40Mbps 之間，而上行方向的傳輸速度介於 96Kbps 和 10Mbps 之間，一般來說上行方向的傳輸速度大都遠低於下行方向(由於 QPSK 調變技術較 QAM 所能攜帶訊息少)，但已較 T1(1.54Mbps)快得多，而這樣的傳輸速度也對將來的遠距教學提供了一個良好雙向傳播的媒介。

二、視訊傳輸標準與視訊資料編碼

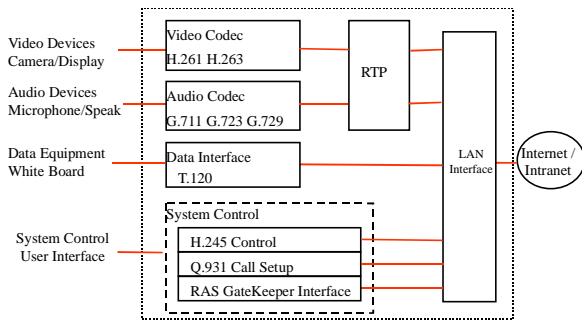
在現今遠距教學環境中，除了使用傳統廣播類比訊號傳輸外，大多藉助視訊會議的器材設備，來輔助我們完成雙向溝通的教學活動。而現行各個視訊會議系統多採用 ITU 所制定的 H.32x 系列標準，圖四顯示各通訊網路上多媒體視訊會議對訊號傳輸之標準。各異質網路間如有連線相通，代表目前已有標準協定來維護兩者之間的溝通。



圖四、通訊網路之多媒體視訊會議標準

B-ISDN (Broadband ISDN) H.32X/H.32Y、ATM H.32Z 和 Mobile H.32P/L 仍在訂定中。N-ISDN (Narrowband ISDN) H.320 已於 1990 年制訂完成。PSTN (Public Switched Telephone Network) H.324 及 LAN H.323 也在 1996 年相繼修定完全。圖五則針

對適用於 LAN 環境的 H.323 內部組成標準元件及信號處理流程作一簡單描述。



圖五、H.323 內部標準元件圖

其中各元件的功能分別詳列如下：

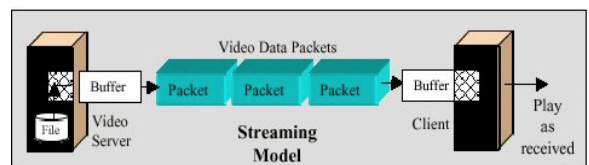
- H.323：說明在區域網路及無法提供 QoS 保證環境下，視訊系統的參考架構及技術需求
- H.261：視訊壓縮演算法及壓縮後視訊資料表示法
- H.263：定義對速率低於 64 kbps 的視訊資料編碼方式
- G.711：定義 64 kbps, 300~3.4 KHz 語音壓縮 (PCM)
- G.722：定義 48/56 kbps, 50~7 KHz 語音壓縮 (ADPCM)
- G.729：定義 8 kbps 語音編碼壓縮
- T.120：包含一系列文件分享、檔案傳送與電子白板的操作等規範

由視訊週邊設備輸入的類比信號轉換成美規 NTSC (National Television Standards Committee)、歐規 PAL (Phase Alternation Line) 或高畫質電視 HDTV (High Definition TV) 信號後，可依照不同的網路環境而採取不同的壓縮(解壓縮)策略：如依可用頻寬大小，分別採行兩種資訊格式，CIF (Common Intermediate Format) 與 QCIF (Quarter CIF)。CIF 格式以 352x288 像素來表示亮度，而以 176x144 像素表現色度；QCIF 格式則以 176x144 像素來表示亮度，而以 88x72 像素對色度作表示。下表列出視訊會議系統中常用之 H.261, H.263 對解析度所採取的策略：

Format	H.261 Resolutions	H.263 Resolutions
Sub-QCIF :	-	128x96
QCIF :	176x144	176x144
CIF :	352x288	352x288
4CIF :	-	704x576
16CIF :	-	1408x1152

在畫面的播放速度方面，則需視電腦 CPU 的運算速度及作業系統的處理能力而定。通常都有 3~60 fps (frame per-second) 的播放速度。例如 H.261 規格中其播放速度可以是 7.5, 10, 15 或 30 fps。

而在 VCD, DVD 或甚至往後的數位電視的環境，大部份的影像和視訊壓縮皆以 MPEG 為主要標準。MPEG (Moving Picture Experts Group) 標準來自於國際標準組織 (ISO)，目前訂定有 MPEG-1, MPEG-2 及 MPEG-4。雖然經過數位化壓縮後的視訊已較一般 PC 上 Windows 所支援的 AVI 檔小，但要播放一個 30fps 的 MPEG-1 (解析度 352x240) 檔案，仍需 1.5Mbps 資料傳送頻寬，MPEG-2 (解析度 720x480) 則更高達 4-9Mbps 資料傳送頻寬！所以在一般以專線連接的國際網路環境中，要平順地播放幾乎是不可能的，而必須透過所謂「Video Streaming Technology」(如圖六) 才能達到；若要多人同時收視，則更須輔以「Multicasting」技術[18]。



圖六、視訊資料以 Streaming 模式傳送概念

三、寬頻 HFC 雙向互動遠距教學系統實驗方式

為實踐寬頻 HFC 網路在雙向互動遠距教學上的能力，我們分成三部份說明建置與實驗過程：(一) 主播教室對收播教室；(二) 主播教室對個人收視戶；(三) 非同步虛擬教室。

1. 主播教室對收播教室

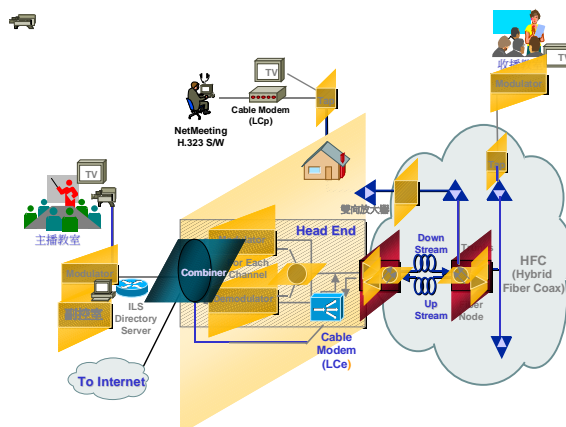
由於面對的是一班學生，在一般視訊會議系統產品的術語來講，即所謂“多人 ROOM BASE”級；此處我們不擬將視訊數位化後再傳送，而使用原有線電視廣播技術，透過調變器(modulator)將收播教室攝影機、麥克風的基頻訊號(BaseBand)轉為射頻訊號(RF)，由上行的六個頻道之一傳回頭端機房，再利用一組解調變器(demodulator) / 調變器(modulator)傳至混波器(combiner)與主播教室訊號及原有線電視節目頻道混為一路射頻訊號在特定的收視範圍內播出；如此無論在主播教室或各收播點，只要以一台選台器外加電視機即可收看分配在不同頻道的收播教室人員或課程！

若不考慮原有線電視節目頻道，而此 HFC 網路又能全頻使用的話，則可使用中分割(上行 5-112MHz，下行 150-550MHz)甚至高分割(上行 5-174MHz，下行 234-550MHz)，可使用頻道數則更多，更能達到多點即時互動的效果。當然由於此種環境所需機器設備投資較大，所以較適合多人同時在一空間(如收播教室)時使用。

2. 主播教室對個人收視戶

若學生人在家中或宿舍裏不到學校也能上課，又能與教師達到即時雙向互動，乃本文所主要探討與實作的部份。

同上，由於講授課程的主播教室有許多視聽設備，如教師鏡頭(也可能雙機作業)、教材提示機畫面、教材講義電子檔(PowerPoint)、錄影帶、CD、LD、VCD、DVD 等，為配合使用主播教室導播機作切換，所以仍以視頻(基頻, BaseBand)訊號為處理對象較為簡單，之後再以調變器將所選擇畫面轉為射頻訊號，透過混波器將課程實況即時在 HFC 網路上播出。學生只要利用電視(或在個人電腦加裝一塊 TV 卡)，選定頻道即可在家收視上課內容。至於教師要如何看得到學生？此處不同於多人使用環境，而得透過桌上型視訊會議系統，經有線電視纜線數據機由 HFC 網路上行線路與在主播教室的老師溝通互動！整個架構如圖所示：



圖七、寬頻 HFC 雙向互動遠距教學系統架構圖

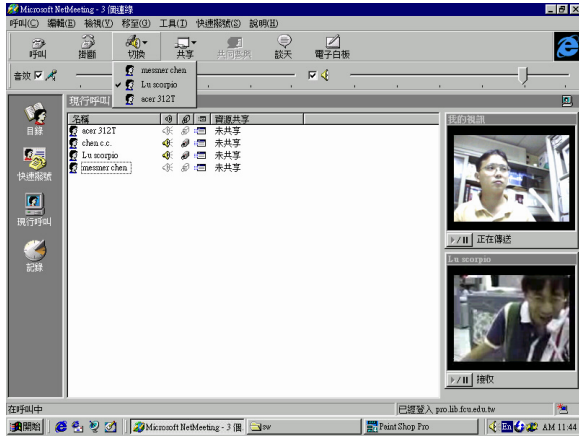
此次實驗所採用的 LANcity(LCe)有線電視纜線數據機，屬對稱型纜線數據機，其傳輸速度上、下行皆可達 10 Mbps，所以對這種要將學生畫面上傳回頭端副控室，上行頻寬需求較大的應用，應比其他非對稱型纜線數據機適用於本環境。

在檢視許多桌上型視訊會議系統後，我們選擇了 Microsoft Netmeeting™作為我們實驗用軟體，此乃因 Netmeeting™ 擁有下列幾個優點：

- 免費
- 支援 H.323 協定
- 同時提供電子白板、文字交談(Chat)、檔案傳送、資源共享等功能
- 支援 LDAP 目錄服務

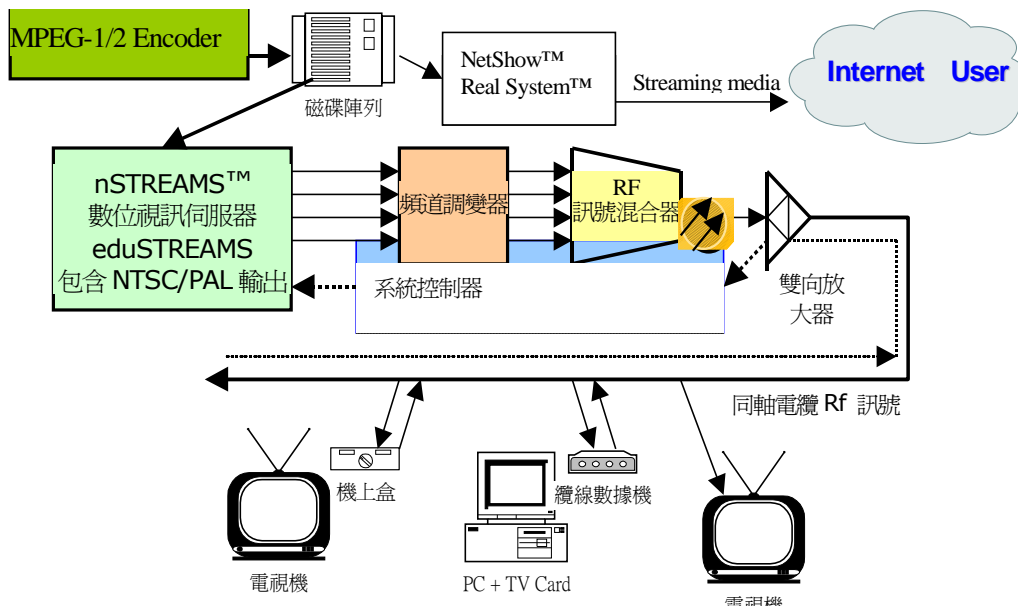
因此個人收視戶(學生)端，僅需準備一台電腦(內含音效卡、TV 卡及影像擷取卡)、CCD 攝影機、麥克風，外加一台纜線數據機(LCp)即可。

由於實驗中並未建置 Gatekeeper 或 MCU 等相關設備，要如何達到多點互通的效果？在此我們架設了一台 Microsoft "Internet Locator Server"™ 作為學生登入(進入教室)依據，再以 Netmeeting™ v2.1x 版所提供「主持會議」及「切換」的功能來達成；由副控室人員主持會議，老師及學生加入該會議，即可經由副控室人員協助切換，而達到任一點學生皆可與老師作雙向同時互傳視訊的效果(如圖所示)。



3. 非同步虛擬教室

在非同步虛擬教室部份我們則提供了 Web Course 及課程隨選。Web Course 的建置乃提供所謂的網路式教材，為輔助教學最主要的部份；Web Course 容易將邏輯上的相關資訊以超連結(Hyperlink)組織起來，方便學習者透過網路以交互參考的方式作課程瀏覽[17]。課程隨選方面，則是將遠距教學授課過程錄影後數位化存檔(可採 MPEG-1 或 MPEG-2 格式)，再透過適合的隨選視訊(VOD)系統，如 nSTREAMS™ System [16]，學習者可透過一般電視定時收看、複習，或者利用電視與機上盒(Set-Top Box)、電腦加 TV 卡搭配 Cable Modem 即可隨時收視課程！架構如圖所示：

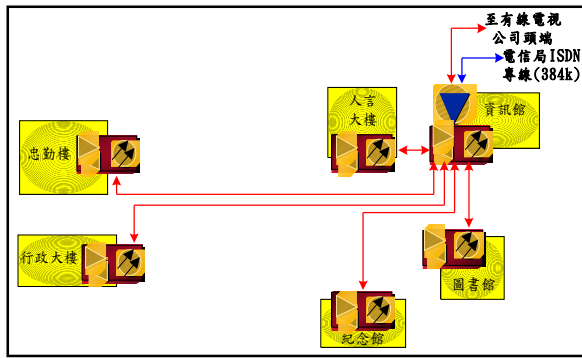


圖九、寬頻 HFC 網路系統下課程隨選示意圖

或者利用 Real System™ 或 Microsoft NetShow™ Server 建構適合網際網路等窄頻管道使用的課程隨選系統，學習者可使用免費下載的 Real Play™ 或 Windows Media Player™ 播放工具收看。

四、逢甲大學校內建置現況

逢甲大學經過對 ISDN 系統與 CATV 系統之比較後，於八十七年四月提出「多點式雙向互動遠距教學網路系統」產學合作計畫，第一階段主要建置一個整合式的寬頻光纖同軸混合型(HFC)網路系統，提供校園網路一個能容納更多視訊效果與多媒體資訊環境。同年九月隨即成立“遠距教學小組”專責推動遠距教學相關業務，並持續建設第二階段校園「光纖同軸混合型(HFC)寬頻有線網路系統」(如圖十)；目前一、二階段皆已完成，現有頭端機房、雙向光接收點(Fiber Node)四點、主播教室一間、收播教室四間、收播點八處、校外產學合作企業收播點四處，並整合 ISDN 系統已可進一步與跨縣市學校進行遠距教學活動。接續工作重點仍放在校園寬頻網路擴建，並增建專用主播教室、收播教室數間，並著手研發各種相關系統軟體，以充份利用寬頻網路帶來的便利及功能。



圖十、逢甲大學各大樓光纖佈線狀況

肆、教學發展

一、校內課程推出

本校於八十七學年第二學期開始在校內推出數門課程，並與傳統方式教學作比較，對授課的教師與受過兩種教學方式的學生發問卷調查，從中修正部份缺失，預計八十八學年起推出更多課程，使教師除了研究外，能有更多時間將教材內容充實。另一方面積極規劃適用遠距教學方式之課程或本校較具特色科系所開設的課程，推動與其他學校進行遠距教學合作，借此觀摩各校的教學特色、方法與技巧，同時又可增加學生修習多樣化課程的機會。

在非同步遠距教學的方面，教師教材上網不但可以減少書寫黑板的時間，又可掌握更多的授課時間，修課學生更可利用此教材重複溫習，也可以提供非修課同學充實的園地，是一個非常重要的網路應用；除了推動教材上網外，為配合遠距教學實施，同時在 BBS 電子佈告欄上成立專屬的討論版，供選修遠距教學相關課程的師生交換學習心得；在 WWW 全球資訊網上建置包含教材、教師連絡信箱、作業及學習評量等遠距教學資訊。最終希望達到只要透過網路，就可以隨時隨處學習各類知識。

教育改革成功的關鍵，繫乎終身教育體系的建立，終身學習是一種教育思潮，也是一種學習運動，因此各種非正規的終身學習機構及非正式的終身學習活動相繼出現，本校也將運用遠距教學方式提供此種教育方法，建構終身教育體系，培養出二十一世紀的終身學習者。

二、企業界課程

現行企業內部的訓練方式將不敷目前和未來學習型組織實際的需求，因此，以強調多元化、尊重個別差異性和加強終身學習概念的教育訓練，若再配合資訊、傳播、網路和通訊科技，企業內學習環境將會是一個開放而符合新世紀時代潮流的學習環境。

配合「財團法人中華民國國家資訊基本建設 NII 產業發展協進會」推動產學互動遠距教學，中部地區由本校負責，並於八十七年七月開始與國內其他四所大學院校(台灣大學、交通大學、成功大學、高雄科學技術學院)及二十家企業全省連播，共播送二十餘門課程。預計下學年起將持續推動第二階段計畫，以充分運用各區學校的教學資源，提供企業界員工訓練及在職進修等一系列課程，方便企業界就近收視，而落實產學合作與互動，以有效強化企業體質，提升企業競爭力之目的。

伍、結論

逢甲大學將成立專責單位負責繼續推動遠距教學相關業務，預計以三年至四年時間，整合校園網路系統、電話通訊系統、校內保全系統、無線電系統(包含 GIS 系統)、群播遠距教學、視訊會議、網路課程隨選、線上註冊、電子圖書館及其他網路相關應用系統，建置一個高速而穩定的資訊化校園環境；進一步發揮 HFC 網路寬頻特性，並結合有線電視網路之高普及率的特性，帶動臨近社區之教育發展。

遠距教學最終的目標在與其他各地的遠距教學系統連接，達到提供給每一個人適時學習及全球教學服務的學習環境，使得每一個人都可以在任何時間和任何地點，進行跨校、甚至跨國的課程研習。

參考資料：

- [1] <http://www.databeam.com/h323/h323primer.html>
- [2] 楊豐瑞、吳傳華、爾大衛，”多媒體網路通訊”，松崗電腦圖書，一九九八年十月。
- [3] 趙子宏等，”電腦與通訊---數位視訊技術專輯”，工研院電通所，民國八十八年四月。
- [4] <http://www.cabledatcomnews.com/cmhc/cmhc4.html>
- [5] 葉國賢，”有線電視傳輸網路下數據通道之研究”，交通部委託案期末報告，民國八十七年九月。

- [6] 李維聰、朱國志、胡軫境、孔令洋，”互動式有線電視網路建置與管理”，TANET'97 研討會論文集，p177-185。
- [7] 林信鋒，”有線電視”，臺灣書店，民國八十八年三月。
- [8] 呂海涵，”有線電視系統”，碁峰資訊，一九九四年十月。
- [9] 莊友欣等，”新世代會議---視訊會議的現況、應用和未來”，電腦世界 121 期，p26-58。
- [10]http://www.cisco.com/warp/public/732/net_enable/iptv
- [11] <http://www.microsoft.com/Theater/default.htm>
- [12]<http://www.microsoft.com/ntserver/media/serv/default.asp>
- [13] <http://www.microsoft.com/windows/netmeeting/>
- [14] <http://www.hgc.com.tw/marketing99/advence-1.asp>
- [15] “NetShow™ 2.0 Streaming Multimedia Solution Technical White Paper”
- [16] <http://www.nstreams.com/products/applinfo.html>
- [17] 周文正，吳誠文，呂忠津，”TANet 非同步教學環境之建置”，
<http://thccx5.cc.nthu.edu.tw/wjchou/tecpaper/adic/index.html>
- [18] <http://www.compaq.com/solutions/streaming/videostreaming-whitepaper.html>
- [19] <http://madonna.cc.fcu.edu.tw/index2.html>