

互動式有線電視網路建置與管理

朱國志、胡軫境、孔令洋

成功大學電機工程系

臺南市大學路一號

TEL:(06)2757575 EXT. 62311

EMAIL:ChuKC@sparc4.ee.ncku.edu.tw

李維聰

南台技術學院電子技術系

臺南縣永康市南台街一號

TEL:(06)2548728

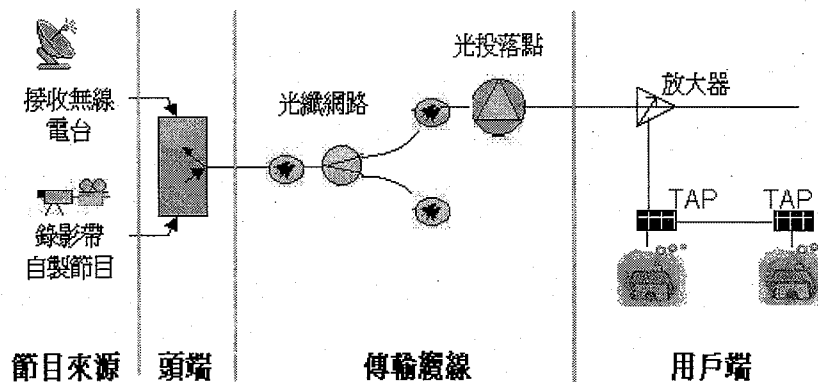
EMAIL:wtleee@sparc4.ee.ncku.edu.tw

摘要

近年來，有線電視網路一直被視為解決家庭連外網路頻寬不足的一大利器。本篇論文循序漸進的從如何規劃、建立及管理互動式有線電視網路，和大家做一個經驗上的分享。之後，我們附上一些運作的數據資料，以供參考。最後，我們將探討國內業界現今遭遇到的問題和未來可能的發展及應用。

1. 有線電視網路簡介

國內有線電視網路是源自於六十年代的社區共同天線（即第四台業者）[1]，整個網路系統乃是由頭端、傳輸纜線及用戶端三大部份所組成。運作方式是由第四台頭端接收無線電台訊號或播放本身的錄影帶與自製節目，再將這些訊號經過調諧、調變、組合等處理，利用傳輸電纜將這些訊號送到用戶端家裡，供用戶選擇收看。整個系統如圖一所示：



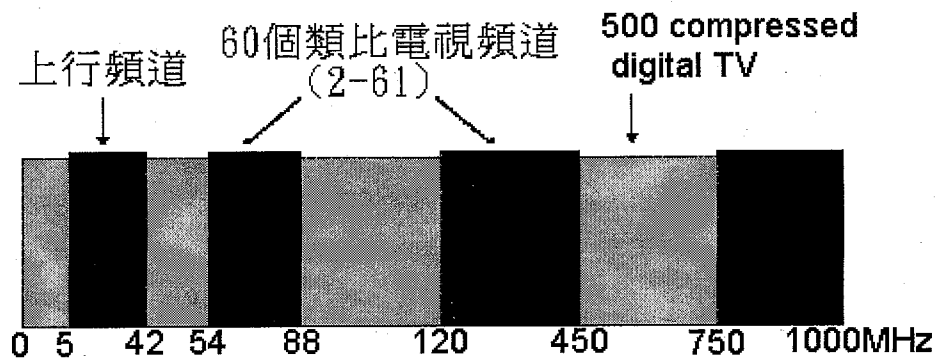
圖一 有線電視網路系統圖

近年網際網路的興起，有線電視網路挾著設備普及率高、符合可擴充性、投資成本低及效益高的優點，已成為家庭存取網際網路資料的最佳方法之一。

在有線電視網路上，訊號傳輸方式乃是採用分頻道多工（FDM，Frequency Division Multiplexing）的方式，每 6MHz 的頻寬分成一個頻道，由頭端送訊號到用戶端所使用的頻道稱下行頻道，反方向則為上行頻道。目前常見的頻譜分割方式，主要可分為以下三種[2]：

1. 次分割（Sub-Split）：上行頻道 5-30MHz;下行頻道 54-550MHz
2. 中分割（Mid-Split）：上行頻道 5-112MHz;下行頻道 150-550MHz
3. 高分割（High-Split）：上行頻道 5-174MHz;下行頻道 234-550MHz

台灣是採用延伸次分割（Extended Sub-Split）的方式，它是把原本次分割的上行頻譜擴充為 5-42MHz，其頻譜分佈如下圖所示：



圖二 有線電視頻譜分佈

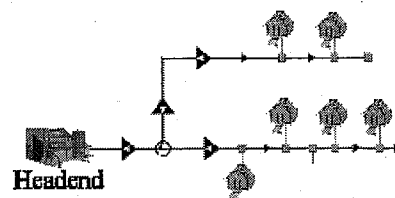
2. 互動式有線電視網路的建置

建置一個互動式有線電視網路，主要的考量點有網路的架構、網路的線材、纜線數據機及頭端設備。以下我們將對這些考量點做一個經驗分享，之後將對整個我們的互動式有線電視網路做一個介紹。

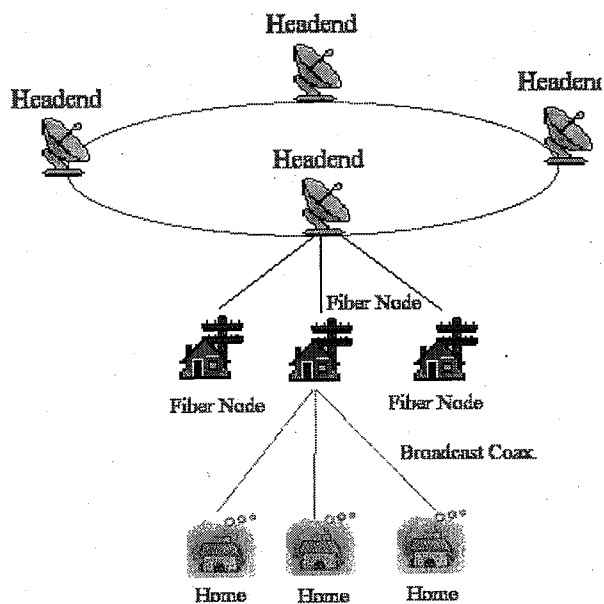
2.1 有線電視網路架構

一般的有線電視網路線路的配置方式，大多如圖三的樹狀分枝架構，及圖四的環星狀(Ring star)結構兩種方式為主。國內的有線電視網路大多為樹狀分枝架構，至於環星狀的網路結構，則是近年來為了有線電視的互動性，所設計出來的新的架構。

一般而言，小區域的有線電視網路使用樹狀分枝結構即可滿足需求。大的區域則可利用環星狀結構的環形架構，將許多不同區域及頭端連在一起，如此可達到容錯及資訊交換的優點。



圖三 樹狀結構圖



圖四 星環狀架構圖

2.2 有線電視網路線路的選擇

現行使用在有線電視網路的傳輸介質，可分為光纖及同軸電纜兩種介質，以下是這兩種介質的比較：

比較項目	同軸電纜	光纖
使用信號	電	光
傳輸距離	較短	較長
信號衰減	較高	較低
受雜訊干擾程度	較大	較小
需放大器的距離	較短	較長
安裝難易	較容易	較困難
價錢	較低	較高

表一 同軸電纜和光纖的比較

傳統的有線電視網路是使用同軸電纜線來鋪設整個網路，但同軸電纜線卻容易受到雜訊的干擾，進而影響到整個線路的品質。光纖雖具有較佳的特性，但因為其成本較高，故廠商一般多只能在網路幹線(Trunk)上鋪設光纖，其他在饋線(Feeder)及投落線(drop-in)的部分則仍使用同軸電纜，以節省成本，對於這種同軸電纜及光纖混合的網路架構，則被稱為 HFC(Hybrid Fiber/Coaxial)架構的網路。

目前國內大多數的有線電視公司，還是以全同軸電纜網路為主，只有少數的公司將他們的網路系統改成 HFC 網路。但根據經驗，使用全同軸電纜的網路在傳遞數位資料時，信號品質不易控制，

故不能連接太多的用戶。所以如要實現讓所有的有線電視用戶，都能夠傳遞數位資料，將線路更改成 HFC 網路是一個必要的過程。

2.3 纜線數據機的選擇

電腦上的數位資料，要經由纜線數據機(Cable Modem)的調變，才能將資料送到有線電視網路上，所以纜線數據機的選擇，攸關整個系統的數位傳輸效率。目前市面上的纜線數據機，主要可以分成兩類，分別為：

- 1.對稱式纜線數據機 (Symmetric Cable Modem)
- 2.非對稱式纜線數據機 (Asymmetric Cable Modem)

對稱式和非對稱式纜線數據機的主要不同點在於：對稱式纜線數據機的上、下行頻道的頻寬是一致的，一般常見的有上、下行頻道頻寬均為 10Mbps；非對稱式纜線數據機下行頻道的頻寬則和上行頻道的頻寬不同，一般都是下行頻道遠大於上行頻道的頻寬，且以目前的產品而言，上行頻道都是十分狹窄的，一般常見的有上行頻寬為 1.5Mbps，下行頻寬則為 30Mbps。

採取對稱式設計的纜線數據機，主要的著眼點在於：未來隨著有線電視網路的普及，大家都有可能利用有線電視網路在家中工作，那就會利用家中有線電視網路的上行頻道，傳送大量的資料到公司或是一些客戶，如此只有對稱式寬大的上行頻寬才能滿足這種需求。換個角度來看，在對稱式的結構中，我們可以把伺服器分散到用戶端，而不必全部集中在頭端，這種分散式的服務型態，使得在使用上更具彈性。

但非對稱式纜線數據機的著眼點，主要是考量現行主從式(Client-server)的網路架構中，一般所提供的應用服務，資料的流量多是集中在單方向，如 WWW 的服務中，我們就可以看出下行所需的頻寬，遠大於上行所需要的頻寬，如使用對稱式架構，將會造成許多上行頻寬的閒置及浪費，所以為何不讓下行的頻寬大於上行的頻寬，那不是更可以展現出現今網路使用的特性。目前市場上最新推出的產品多認同這種說法，而使用非對稱式的結構。

總而言之，整個網路所被賦予的預期功能為何和伺服器的所在位置，將是選擇對稱式和非對稱式纜線數據機的關鍵點。

2.4 頭端設備

所謂的頭端設備，就是指放在有線電視公司內的設備。傳統有線電視的頭端設備包括接收器、調變器、混波器及節目播放機器等這一類的設備。但如要傳送數位資料，則還需要接收用戶端纜線數據機信號的頭端纜線數據機，及控制用戶端纜線數據機註冊和運作的電腦。

目前在數位的有線電視網路上，因為還沒有一個協定被制訂出來，所以不同廠家的纜線數據機就不能互連。一旦你購買了哪一家廠商的纜線數據機，就一定也要搭配該纜線數據機所對應的特定頭端設備，如此整個數位網路才能運作。

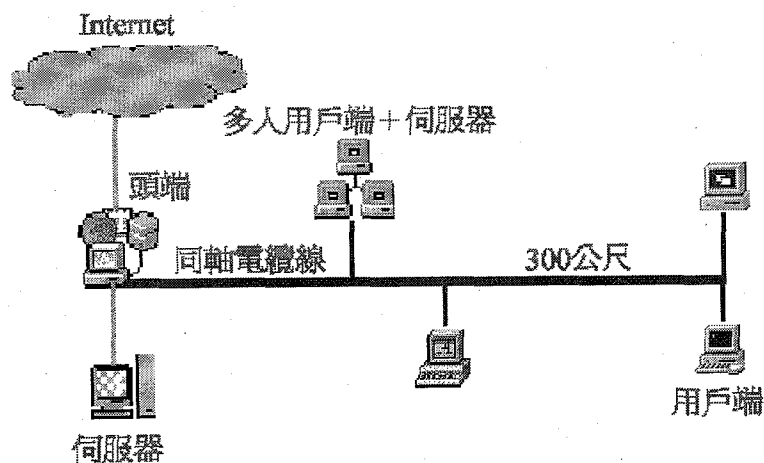
2.5 成大互動式有線電視網路的架構

本實驗計畫最終目標，是建立一個連接成大電機工程系、工程科學系及資訊工程所的互動式 HFC 有線電視網路，最後再將這個經驗及成果和一般有線電視業者合作，推廣到社會的每一個用戶。目前

計畫執行了一年，我們先在成大建立起一個如圖五所示的實驗網路，這個實驗網路目前是用全同軸電纜所構成的樹狀分枝結構。在纜線數據機的選擇上，因為我們的最終目標是要在三個系所設立各自的伺服器，所以我們選擇了使用 LANcity 公司的對稱式纜線數據機[3]，這是一種上、下行頻寬均為 10Mbps 的纜線數據機。

目前我們在上述的網路架構中，執行的一些應用有隨選視訊(VOD)、線上遊戲、線上 KTV 及視訊會議，並且經由校園網路和台灣學術網路連接，執行上面的一些應用服務，如：WWW、BBS 和 FTP 等。

整個系統經由頭端連接上台灣學術網路。有線電視網路除了實體層和資料連結層和傳統乙太網路略有不同外，網路層及傳輸層則都是執行 TCP/IP 協定，此外現今的頭端設備都具有乙太網路的介面，所以在連接時只要由頭端設備拉出一條網路線，直接連接已連接學術網路的乙太網路交換器上，便能使整個有線電視網路都能存取台灣學術網路的資源。



圖五 實驗網路邏輯架構圖

3. 互動式有線電視網路的管理

有線電視網路和校園中常見的乙太網路，除了架構上的差異外，在管理上也明顯的不同。乙太網路是採分散式的管理，就是由用戶端自行控制資料傳送的動作；但在有線電視網路卻為集中式的管理，就是由頭端統一控制用戶端資料傳送的動作。

互動式有線電視因為是採集中式管理，所以管理者管理頭端得當與否，將對整個網路的效能有極大的影響。底下我們將對管理的方式做一個說明：

1. 伺服器的位置 如果使用的是非對稱式纜線數據機，因為上行頻寬都十分的狹窄（現今大多只有 1.5Mbps），所以所有的伺服器最好都架設在頭端；如果使用的是非對稱性的數據機，伺服器的位置除了放在頭端外，也可以放在使用者端。
2. 頻寬的分配 頭端設備都會附有一些管理用戶的軟體，如：LANcity 公司的 Lcn。這些管理程式能用來設定每一個用戶存取資料的優先權及最大允許使用頻寬，因此我們可以把一些需要即時服務的用戶優先權設高一些；對於另外一些只需要一般網路存取的用戶，則就可以

把他的優先權及最大使用頻寬均設低一點，如此可滿足不同使用者的需求，並達到網路的最大使用效率。

3. 使用支援 SNMP 的網管軟體 目前大多數的纜線數據機都支援 SNMP。管理者除了可以利用一般支援 SNMP 的網管軟體，做一些基本的網管功能外，還可以利用 SNMP 達成一些原本不是 SNMP 所提供的功能，如：當某一頻道的使用率過高時，我們可以藉由 SNMP 的幫助，將使用在該頻道的某些用戶，移轉到其他的頻道上運作，以達到負載平衡的功能。

目前在有線電視網路上，並沒有一套理想的網管軟體，所以我們都只能對整個有線電視網路做一些較簡單的管理工作，很難做到較深入的網管。其實在有線電視網路這個領域，除了硬體的需求，軟體的開發也是迫切需要的。

4. 實際網路測試

為了測試我們的有線電視網路網路，和其他網路系統連接時不會產生問題，所以我們從有線電視網路的頭端連接上了台灣學術網路，我們發覺在有線電視網路的用戶端，都可以順利存取網際網路的資料。所以我們可以將整個有線電視網路的實體部份，看成是整個成大校園網路中的一部份，與傳統的網路並無不同。

接下來，我們分成了幾個項目來做測試，因為有線電視網路是屬於家庭連外的網路，所以我們想找現今其他由家庭連外的網路來做一個比較，但是我們馬上發現如表二所示，它們的頻寬和有線電視網路的差別實在太大了，因此這樣的比較將顯得沒有太大意義。

數據機種類	傳輸時間
9.6-Kbps 電話數據機	2.3 小時
14.4-Kbps 電話數據機	1.5 小時
28.8-Kbps 電話數據機	46 分鐘
56-Kbps 電話數據機	24 分鐘
128-Kbps ISDN 數據機	10 分鐘
1.54Mbps T-1 專線	52 秒
4Mbps 纜線數據機	20 秒
10Mbps 纜線數據機	8 秒
30Mbps 纜線數據機	2.6 秒

表二 不同數據機傳送 10M Byte 資料的理論時間比較

所以我們拿有線電視網路和傳統 10BASE-T 網路來做測試比較，看看兩者是否有很大的差異存在，以下是我們所做的一些測試結果。

4.1 傳統盡力式網路頻寬測試

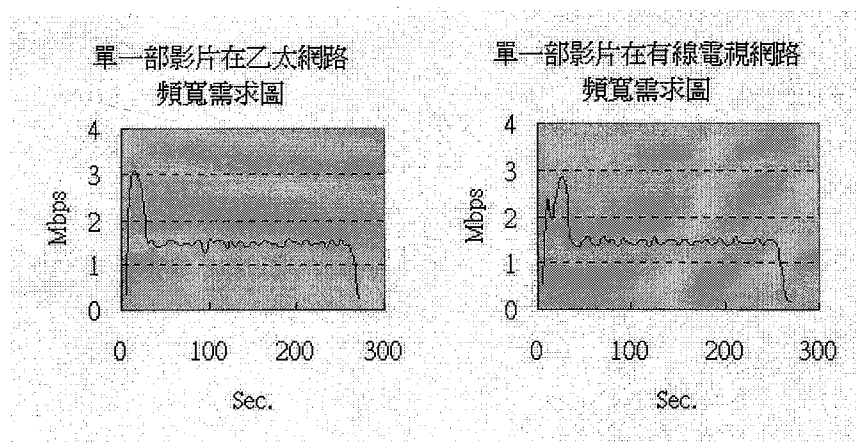
針對目前我們所架構的有線電視實驗網路，我們發現以往的網路應用，例如：Ftp、Telnet、WWW 等等，都能正確無誤地執行。我們發現盡力式(Best-effort)的應用，例如：Ftp，其速度與 10BASE-T 的乙太網路相近，並無太大的差別。（其原因為 LANcity 公司的纜線數據機採用上下行頻道，皆為 10 Mbps 的對稱式傳輸方式）

4.2 具即時性多媒體資料網路頻寬測試

互動式有線電視網路，除了能提供傳統盡力式的網路服務外，我們也嘗試提供多媒體即時性的服務，例如：互動式視訊隨選系統、視訊會議、網路電話等。這兩種服務不同的是，在盡力式的服務中，頻寬不足代表的是使用者需要花更長的時間，去等待系統的回應，但那還不至於使所想表達的意念產生錯誤；但在即時性的服務，聲音影像資料一旦來不及傳送，就會使得使用者無法觀聽到正確的訊息。我們的網路系統是否有能力提供足夠的頻寬去傳送即時性的資料呢？針對這個疑問，我們利用成大工科所黃悅民老師所設計的隨選視訊系統，做了一個多媒體影片播放的實驗，並將與使用傳統的 10BASE-T 乙太網路的實驗結果作一比較[4]。

1. 單一具即時特性資料影片的網路頻寬測試

下圖是單一部影片在乙太網路和有線電視網路上的頻寬傳輸圖（橫軸是時間，縱軸是實際傳輸速率）。由於隨選視訊系統在傳輸之初，先會從隨選視訊系統伺服器內，全速下載資料到使用端的記憶體（Buffer），一直到客戶端的記憶體快要被填滿的時候，此時客戶端的流量控制功能便開始發揮效用，使得網路傳輸速率穩定的維持在 MPEG-I [5]要求的平均速率 1.5Mbps 左右。



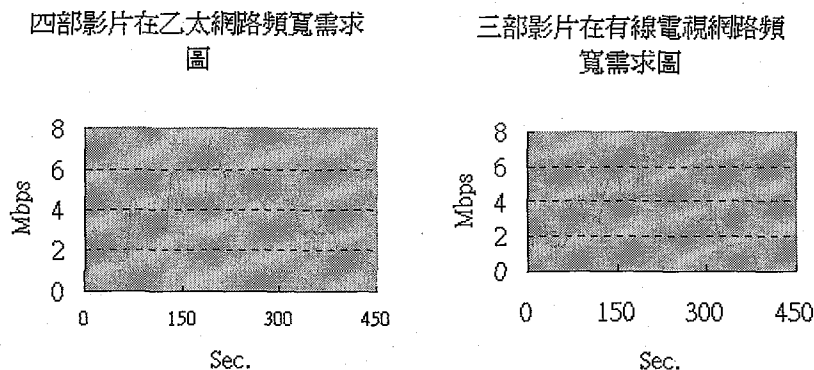
圖六 單一影片在乙太網路和有線電視網路上的頻寬傳輸圖

比較乙太網路跟有線電視網路的實驗圖表，我們發現兩者的傳輸曲線大致上是相同的。特別說明的是，有線電視網路在起初下載資料到記憶體時，中途有一點突然下降，這應該只是網路上的突發狀況。

2. 同時多部具即時特性資料影片的網路頻寬測試

為了探討 10 Mbps 的頻寬在實際網路上，同時能提供多少人觀看 MPEG-I (1.5Mbps)的影片，所以我們設計了一個實驗：當播放第一部影片後，每隔一分鐘就讓另一客戶端加入，點播不同的另一部影片，如此持續到失真為止。由實驗結果發現，乙太網路的上限是四部影片，而有線電視網路在前三

部影片播放時，聲音影像都很平穩，但當第四部影片加入時，就偶爾會出現影像跳格或聲音斷續的失真現象。詳細的測試結果，如下圖所示：



圖七 同時多部影片在乙太網路和有線電視網路上的頻寬傳輸圖

以 10Mbps 的傳輸速率而言，應該是可以提供同時六部影片(10Mbps 除以 1.5Mbps 約為 6)播放。但實際上的有線電視網路，受到網路上各層協定的額外頻寬負擔，真正能傳送資料的頻寬約是 6Mbps。這樣看來隨選視訊在有線電視網路上，似乎不太可行。事實上，情況並非如此悲觀，因為這數據只是針對一個頻道而言，真實的有線電視網路是具有多頻道的。其次，因為我們是使用 LANcity 公司的纜線數據機，他的下行頻寬就只有 10Mbps，目前有許多其他公司的纜線數據機，下行頻寬都可高達 30Mbps，所以傳送即時性的多媒體資料，在有線電視網路上看來還是有發展的空間。

至於在一般非即時性的資料傳送，有線電視網路挾著其具有多個 10Mbps 頻寬的頻道，在限制每個頻道最多用戶數的策略搭配下，將可使整個網路呈現令使用者滿意的速度。

5. 未來發展與結論

目前我們的實驗計畫進行了一年，雖然已經建立起一個互動式有線電視的網路，並在上面運作了一些應用。但是整個網路未來還可以朝以下幾方面去做改善：

1. 網路線材的改進

目前我們的網路是採全同軸電纜線，未來將改成 HFC 網路，以提升傳送的品質及增加連接的戶數。

2. 更換更快的纜線數據機

現今我們使用的 LANcity 纜線數據機上、下頻寬均為 10Mbps，未來數據機的下行頻寬，因利用 QAM64 技術將可達 30Mbps，更換更快的纜線數據機將可使一個頻道擁有更多的頻寬。

在將整個研究成果，推廣到業界的過程中，我們發現到目前有線電視公司，都遭遇到以下的問題，這些問題都亟待解決：

1. 現行法律的限制

現今的法律並不允許有線電視台業者，經營數據資料的傳輸。所以目前有線電視台業者，尚無法利用他們的有線電視網路來傳送資料，這急需修法才能解決。

2. 缺乏雙向網路

國內現今不到 1%的有線電視網路，是可以做雙向的資料傳送[6]。從單向網路更改成雙向網路，這牽涉到整個網路的放大器更換，目前業者的腳步似乎慢了點。

3. 線路品質問題

數據資料的傳送對網路品質的要求比傳送類比資料高了许多。國內有線電視線路品質，一向為人所詬病，現今只有少數的幾家有線電視業者，通過了政府的線路檢測。如不正視這個問題，未來國內將只有少數的有線電視業者，可以提供傳送數位資料的雙向服務。

國內有線電視網路的普及，使得互動式有線電視網路在未來的應用，十分的普遍及看好，我們簡述如下：

1. 商業運用

利用互動式有線電視網路，我們將可以提供隨選視訊、線上購物及視訊會議等多項商業服務。

2. 教育運用

除了遠距教學外，我們還可以利用有線電視網路取代目前的專線，從各區域網路中心連接到各國中及國小，提供他們高速及廉價的對外網路。

3. 醫療運用

利用有線電視網路的普及性，我們可以實現遠距醫學、居家醫療及現場急救指導等服務。

4. 文化運用

只要將有線電視網路連接上學術研究單位及社教機構，將可提供用戶在家中看網路畫展等文化性的服務。

5. 娛樂運用

有線電視網路也可以讓你和不同地方的朋友，同時享受線上遊戲及線上 KTV 的樂趣。

有線電視網路擁有普及率高及高頻寬的特性，如果能夠把握時機，充分利用有線電視網路的特點，相信有線電視網路將會對整個社會，掀起另一波新的網路革命。

參考文獻

- [1] 黃進芳，有線電視系統與量測技術，全華書局，民國 85 年 8 月。
- [2] IEEE 802.14 "Cable TV MAC/PHY Protocol Working Group Functional Requirements", Oct 19 1994.
- [3] <http://www.lancity.com/>
- [4] 王志民、劉相君、黃悅民、丁建文、林嘉慶，"在 CATV 上之視訊隨選系統效能實測"，一九九七分散式系統技術及應用研討會論文集，pp165-172.
- [5] MPEG(ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11), "Coding of Moving Pictures and Associated Audio for Digital Storage Media at up to about 1.5Mbit/s", ISO CD 11172, Nov. 1991.
- [6] 楊中傑，"搶商機 Cable TV 需做全盤規劃"，網路通訊，pp.40 - 43，Apr. 1997.
- [7] 戴元任、包元輝、曾黎明，"校園網路 - CTAV 視訊教學系統規劃及應用"，TANet' 95 研討會論文集，pp. F35-F39.
- [8] <http://www.cablelabs.com/>
- [9] <http://www.catv.org/>
- [10] <http://rpcp.mit.edu/~gingold/cable/>
- [11] Jeffrey L. Thomas, "Cable Television Proof-of-Performance", Prentice Hall, 1995.
- [12] 余逸光、楊鴻岳，"有線電視網路上之資料傳輸技術"，電腦與通訊，pp.24-37，Nov. 1996.