

TANet 遠距教學同步視訊服務系統之研究與建置

文志超、陳侯君

國立中正大學電子計算機中心
嘉義縣民雄鄉三興村 160 號
Email: wen@ccunix.ccu.edu.tw
chen@ccunix.ccu.edu.tw

陳景章

國立中正大學電機工程系 教授
嘉義縣民雄鄉三興村 160 號
Email: ieejc@ccunix.ccu.edu.tw

摘要

藉由台灣學術網路 (TANet) 的寬頻骨幹上，以 ATM 寬頻網路與 FT-1 窄頻線路之混合網路 (Hybrid Network)，進行 H.320 多點視訊系統的傳輸線路轉接服務，可充分而有效地利用網路資源頻寬。因此，應用 ATM 多工線路模擬 (Circuit Emulation) 的轉接技術，加強標準同步時基參考源 (PRS: Primary Reference Source) 的網路傳輸接取功能，達成在 TANet 的基礎架構上，同時進行多點控制與滿足 CBR (Constant Bit Rate) 視音訊服務品質的目標。

我們以中正大學遠距教學區域服務系統建置為例，規劃 GPS 主要同步時基源，提供視訊傳輸的網路服務。區域服務中心之間透過 TANet / T3 傳輸共同的時基信號，再轉送給區網連線學校之視訊設備。建立以線路轉接為基礎之視訊網路整合應用，經過數次跨區校際合作測試，驗證其可提供高品質的遠距教學服務。

關鍵字：混合網路、多工線路模擬、標準同步時基參考源

一、前言

由於網路技術與多媒體應用的帶動下，使用者對網路頻寬的需求不斷增加，台灣學術網路 (TANet) 骨幹架構則配合提升至 ATM 寬頻網路。目前可提供即時群播遠距教學的網路連線資源，有台灣學術網路 (TANet) 骨幹 ATMT-3 高速網路與中華電信的整合服務數位網路 (ISDN)。在 ATM 高速網路環境下，可利用寬頻壓縮轉換設備 Motion-JPEG AVA/ATV，進行廣域跨區性的遠距教學。另外，ISDN 撥接或是 T-1 專線分割頻寬 384kbps 的網路環境下，一般是利用窄頻壓縮轉換設備 H.320 CODEC，建構遠距教學系統。大部分學校的窄頻遠距教學系統，僅只用於區域校際連線收播。如欲跨區選課收播，有兩種可行的方式，但需面對伴隨而生的問題。其一，是利用 ISDN 長途撥接連線，但收撥學校需擔負長途通信費用，長期考量是很不經濟的。其二，藉由區網中心的寬頻系統轉播，但需要有中間人力操控與配合視訊轉播設備，較缺乏主動與彈性。

因此，提出遠距教學區域服務中心的構想，就是有效利用台灣學術網路頻寬分配的方式，應用線路轉接與虛擬線路模擬的技術，提供視訊系統跨區遠距教學服務。如此，位於本區域的學校可直接與區域服務中心網路連線，並且能夠選擇不同區域的學校，進行遠距教學

與相關校際合作。

本文主要是說明建置一個完整的遠距教學區域服務中心的過程，針對區域遠距教學收播端連線整合，提供多點控制直接連線與線路轉接服務。進而考慮建置跨區的遠距教學服務網為目標，有效利用台灣學術網路頻寬，進行不同區域遠距教學收播端連線整合；加強同步時基系統設置，以滿足雙向互動需求與視音訊的服務品質。首先，提到根據同步即時系統的特性與需求，進行系統架構規劃與建置；其次，瞭解整個服務系統運作的模式與功能的定位；系統操作時，會因為參數設定的差異，產生不同的結果。因此，我們在可控制的條件下，進行點對點雙向測試，分析品質結果，找出可接受的最佳時基系統設定參考組態。

二、系統規劃與建置

即時群播型態的視訊傳輸系統，主要是結合視音訊數位化編碼壓縮技術與網路同步傳輸技術。在應用服務層面上，則提供遠距教學的發展。對於遠距教學區域服務中心的系統規劃，基本上先考慮整個系統架構的特性與需求，然後進行階段性的系統建置。

(一)、規劃考量

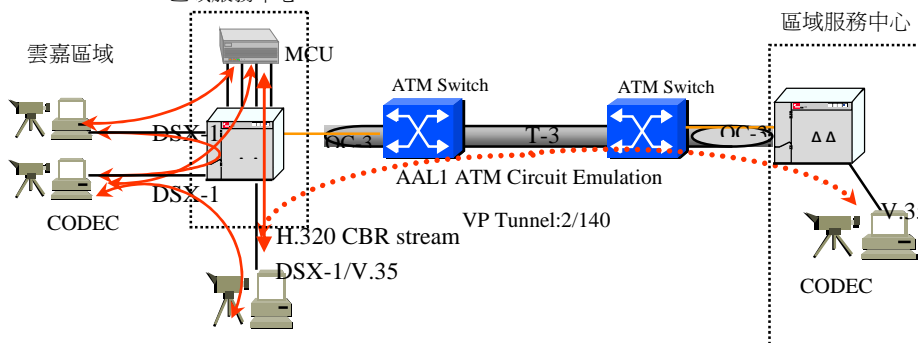
針對即時群播型態的遠距教學視訊系統，在規劃階段中，應先考量系統核心設備的功能規格與網路連線介面的配合。然後是視音訊效果處理與設備整合，最後達到整體操作環境的

建立與系統管理控制。

由於網路傳輸型態之不同，對於核心設備的規格需求，則有不同之選擇。目前同步即時的遠距教學系統，依照視音訊壓縮設備(CODEC)的網路傳輸介面種類，大致上可分成寬頻與窄頻兩種系統，因其視音訊壓縮品質，受到網路頻寬大小限制之故。寬頻系統之核心設備，如 ATV/AVA，具備 ATM 網路介面 OC-3c/155Mbps 傳輸，故採用高品質壓縮技術 Motion JPEG，可直接與 ATM 網路連線。窄頻系統之核心設備，如 H.320 相容之 CODEC 具備 V.35 與 ISDN 網路介面，採用 H.261 之 MPEG-1 壓縮技術，可利用固接式或撥接式的 Nx64Kbps 網路連線[1,12]。

(二)、建置目標

本文的重點，在於服務系統的建置，主要是針對實施遠距教學的學校，對外連線主要是利用 Nx64Kbps 的 FT-1/ISDN 通道式線路[10]，進行點對點及點對多點連線。由於 ISDN 使用者，須負擔撥接之通信費用，做法不是很經濟。而 FT-1 專線切割頻寬的使用者，雖不必付額外通信費，但無法進行跨區遠距學校之收播連線。因此本服務系統之建置主要目標，是建立一個階層式的區域整合遠距教學服務網，使各區網中心可扮演遠距教學之區域通道服務提供者(Channel Service Provider)的角色。



圖一、區域多點視訊連線與 ATM 線路模擬跨區服務

如圖一所示，區域服務中心提供各區域連線學校，以原有 T-1 專線切割頻寬方式連線，匯入服務中心之網接中樞設備 AAC-3[2,3]。區域學校之 CODEC 可傳送 H.320 CBR 視音訊資料，在 Structured DSX-1 線路切割 384Kbps 頻寬連接 AAC3，再由 AAC3 建立通道轉接 MCU 設備進行多點連線控制。

區域服務中心提供線路模擬 (Circuit Emulation) 之跨區服務，利用 ATM 骨幹頻寬分配方式，以虛擬通道 (VP Tunnel) 連接至另一區域服務中心，將 H.320 CBR 資料訊息流轉換成 ATM AAL1 Cell 訊息封包傳送，使兩端 CODEC 設備能達到互通一致 (transparent) 的效果。如此，即可完成窄頻連線與寬頻線路模擬整合的轉接服務。

(三)、階段建置

服務系統建置，是以多點控制與視訊同步時基系統設置為基礎。如圖二所示，分成兩個部份，完成設備安裝與測試。

第一個部份，系統完成建置的項目，包含網接中樞設備 AAC-3 實驗平台架設與虛擬線路轉接功能設定，以及區域多點連線控制設備 MCU 之網路介面整合與連線設定[4]。此服務系統的連線容量，需涵蓋區域遠端 DSX-1 介面與

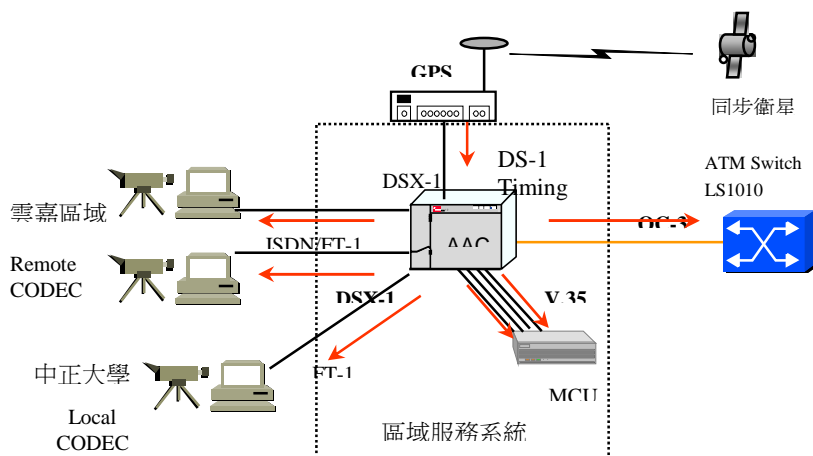
本地 V.35 介面所需的數量，提供區域收播的連線服務[5]。

第二個部份，系統建置完成的項目，主要是增加同步時基設備 (PRS: Primary Reference Source)，以 GPS 衛星定位系統做為標準時序的共同參考源；以及線路模擬功能設定，利用寬頻網路設備之虛擬通道設定，提供跨區的連線服務[6,7,8]。

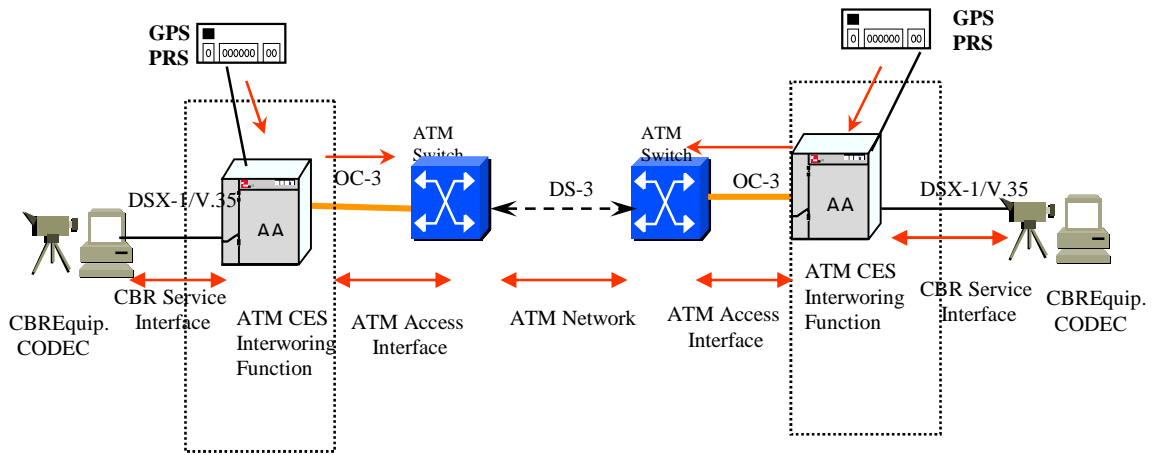
整體服務系統架構雛型的建置已完成，目前與成功大學區域服務中心進行跨區視訊連線，使區域連線學校充份利用 TANet 骨幹網路頻寬資源，提供直接的跨區連線之同步視訊收播服務。

三、系統功能運作

服務系統主要功能是定位在提供低頻寬固定速率流量封包 (CBR Traffic) 的線路服務，包含線路模擬服務與時序同步服務兩個部份。我們根據 ATM Forum 制定的 CES-IS (Circuit Emulation Service – Interoperability Specification) 線路模擬互連標準與同步系統參考模型 [9,10]，說明本服務中心整體系統的服務運作模式，以及系統的連線介面設定與同步時基的參考選擇。



圖二、多點視訊同步時基服務系統



圖三、CES IWF 同步系統參考模型

(一)、IWF 服務模式與連線協定

從 CES 的參考模型對照現行的同步服務系統，如圖三所示，其中 IWF(Inter Working Function)做為窄頻線路匯集的轉接中繼站，連接 DSX-1 線路的 CBR 終端設備，利用 ATM 線路模擬的方式連接 ATM 網路。就元件關係而言，兩端的 IWF 設備(例如：AAC-3)互為對稱，連接到 ATM 骨幹寬頻網路，可延伸兩端相同的 DSX-1 窄頻線路至 ATM 寬頻網路，使得 CBR 終端設備(例如：CODEC)好像相互貫通連接在同一固定線路上，提供點對點或多點的線路服務。

從 IWF 窄頻線路模擬協定層(Protocol Layer)架構來看，如圖四所示。IWF 具有連接兩個不同實體層介面的功能。一端是 PDH 窄頻線路介面(EIA-449、V.35、DSX-1)，另一端是 ATM SONET/SDH 寬頻介面(STM-1/OC3c)。CBR 線路實體層須有 AAL1 轉換層的映射功能(Mapping Function)，將 CBR 線路介面的位元資料串能夠 1 對 1 映射，轉換成 ATM 封包格式，達到線路模擬與轉換的功能。

(二)、連線介面與虛擬通道服務

IWF 需具備多重通道連線介面，提供 CBR 終端設備之通道轉接服務(channel relay service)與 ATM 線路模擬服務(CES: Circuit Emulation Service)。AAC3 中樞設備具備 IWF 的功能條

件，可建構服務中心的核心架構，整合區域與跨區連線。

1. 連線介面—CBR / DSX-1 / V.35

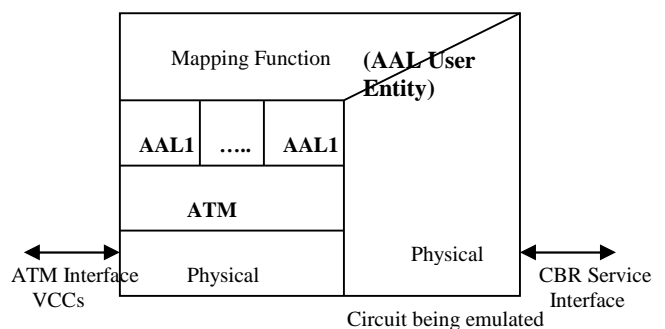
窄頻連線服務應用於 Nx64Kbps 連線之 CBR 終端設備，如語音設備 PBX(Private Branch Exchange)與視訊壓縮設備 CODEC。因此，AAC3 需要設定 DSX-1 與 V.35 連線介面參數。

2. 寬頻連線介面與虛擬通道服務

Cell/OC-3c/STM-1 介面參數與 ATM 虛擬通道設定，多點虛擬通道連線為提供視訊多點連線的服務，可將 MCU 設備連上 AAC3，並建立虛擬通道轉接連線之映射表(Connection Mapping Table)。

(三)、同步時基系統運作

IWF 具備同步時序設定的功能，可接收網路連線的同步時序參考源。因此，AAC3 對於 PRS 同步時序的運作，可應用下列的方式取得



圖四、IWF 窄頻線路與虛擬線路模擬協定層

不同介面所產生的信號參考源，做為系統時序 (System Clock)。

1. Network Clock Source：利用 AAC3 與 ATM 網路連線介面，設定系統主要時序 PRS 來源於 ATM OC3 介面，從 ATM 網路上獲得同步時序。
2. External clock source：利用外部標準時序參考源 GPS PRS 設備，將 DS1 的時序信號連上 AAC3 DSX1 線路介面或相關網路設備對應之專屬 clock port，取得共同的時序信號。
3. Internal clock source：設定 System Controller，由 AAC3 本身之振盪器產生精準度為 stratum 3/4 的時序，作為系統參考時序源。

四、同步時基系統測試

從 IWF 服務模型運作的功能上，得知 CBR 線路轉接服務的特性。其中 CES IWF 之 AAC3 設備與 CBR 服務連線介面的 CODEC 設備，需要取得同步時基參考源。針對取得同步信號來源的不同方式，我們與成功大學 AAC3 服務中心之網路系統連線測試。在端點對端點 (End-to-end) 的環境下，以不同參考源組合的同步方式，進行同步視訊傳輸的效能測試，找出

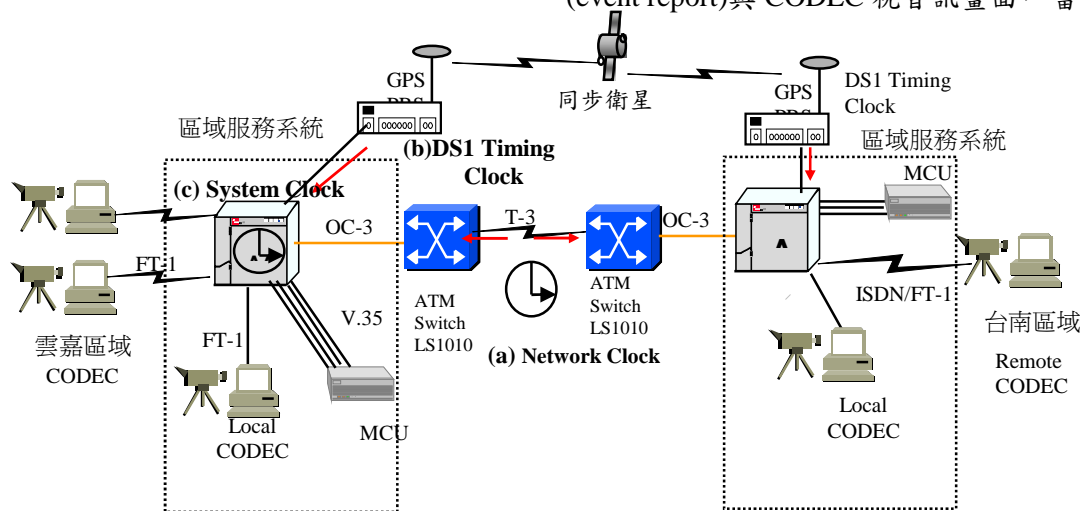
最佳的時基系統設置組態，如圖五所示。

(一)、三種同步系統測試組態

1. 網路時序(Network Timing)同步組態— AAC3 的時序參考源設定在 ATM/OC3 介面 up link 端的 ATM 網路，當做系統同步參考源。
2. 外部時序(External Timing)同步組態— 標準的時序參考源由外部時序設備 GPS PRS 提供，以 BITS (Building Integrated Timing Source)方式[6]，接到 Fore ATM Switch 的時序介面模組，或利用 AAC3 之 DSX-1 介面直接匯入。再由 AAC3 每一個 CBR 連線介面，將 port transmit clock 分配給各窄頻連線之同步終端設備。
3. 自激式內部時序 (Internal Timing)同步組態— 當無法取得前兩種同步時序源，或是對時序源之精準度要求不高時，則用 AAC3 本身提供內部時序源，當成系統同步時序，分配給各連線之同步終端設備。

(二)、互通性測試 (Interoperability Test)

在不同測試組態下，進行同步系統端點互通測試[11]。我們以 AAC3 即時訊息回報 (event report)與 CODEC 視音訊畫面，當做雙



圖五、(a) 網路時序源同步組態 (b) 外部時序源同步組態 (c) 內部時序源同步組態

向互通測試之觀測點 (Monitor point)，監控連線狀態與品質的變化。

1. CBR 傳輸品質結果

利用 CC3 網管監測程式，蒐集測視狀態結果。發現每隔 6-7 分鐘，在 AAC3 CBR 介面產生 "Output FIFO Underflow" 訊息，如圖六所示。不同的同步組態下，線路介面產生的異常警訊(alarm)間隔時間則不同。

2. CODEC 視音訊畫面品質觀察結果

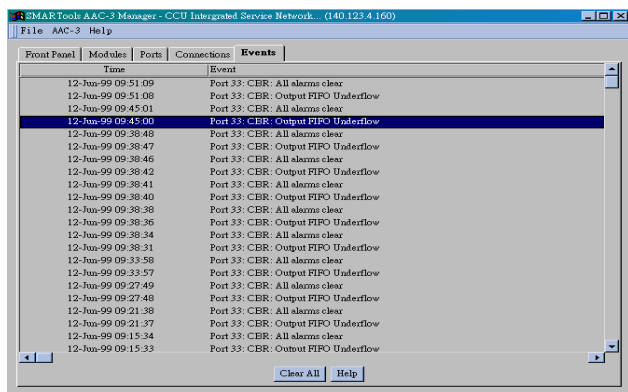
我們嘗試對兩端同步時序組態改變，選擇外部與內部同步源不一致的情形，比較測試其傳輸畫面的視音訊品質影響程度，以及觀察畫面品質的可靠度。當兩端選擇相同的參考時序源為測試組態，則以 AAC3 內部系統時序的同步品質穩定度高，產生的畫質最佳。而相較之下，GPS PRS 雖然時序精準度高，由於受到連線介面處理的影響，使時序較不穩定，造成畫面品質不如預期的效果，請參考表一目測觀察的結果。

伍、結果分析

根據上節測試的結果，所產生之異常情況，歸納原因，提出分析說明如下。

(一)、時序速率偏差因素(Clock Rate Deviation)

異常現象：AAC3 CBR Output Buffer



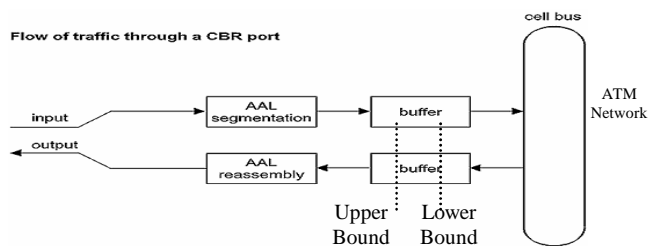
CCU AAC-3 時序選擇	NCKU AAC-3 時序選擇	同步時序偏差對視音訊品質之影響
CCU GPS PRS	NCKU AAC3 Internal	影像畫面瞬間閃動 聲音雜訊噪音強
CCU AAC3 Internal	NCKU AAC3 Internal	影像畫面穩定但偶爾閃動 聲音較清晰雜訊噪音較少
CCU GPS PRS	NCKU GPS PRS*	影像畫面穩定但偶爾閃動 聲音較清晰雜訊噪音增加
CCU AAC3 Internal	NCKU GPS PRS*	影像畫面偶爾停格閃動 聲音雜訊噪音嚴重

表一、同步源選擇對視音訊品質影響之程序 Underflow。

分析說明：由圖七得知，當 Output Buffer 儲存的 ATM 封包數量低於下限值 (lower bound)，系統則發出 Output FIFO Underflow 警訊；若高出上限值 (upper bound)，則表示 Overflow。造成 Output Buffer Underflow 之原因如下：

1. 兩端同步時序速率不一致，使接收端因速率較高，造成 Output Buffer Underflow；相對地，傳送端因速率較低，造成 Input Buffer Overflow。
2. 傳送端資料流量速率 (data rate) 超過 CBR 連線頻寬設定範圍，則產生 Input Buffer Overflow。AAC3 將超出數量的封包丟棄，因而造成接收端 Output Buffer Underflow。
3. 當接收端 Buffer Underflow 等待資料，而傳送端並無 Buffer Overflow 現象，則表示網路傳輸的問題，使資料錯誤被丟棄；或網路流量擁塞，造成資料遺失。

圖六、同步源對 CBR 傳輸品質影響—AAC3 異常訊息



圖七、CBR Output Buffer Underflow/Overflow 示意圖

(二)、同步源差異因素(Synchronization Difference)

異常現象：CODEC 畫面停格跳動，聲音雜訊干擾嚴重。

分析說明：當兩端 AAC3 各自採用不同的時基系統，當成主要同步時序參考源時(如 NCKU→GPS,CCU→AAC3；NCKU→AAC3,CCU→GPS)，使 CODEC 終端設備接收視音訊資料，解碼取樣頻率偏差，造成信號漂移(Slips)現象。其原因如下：

1. 兩端 CODEC 之解碼頻率隨系統時序差異而不同，造成資料信號到達時間間隔差距改變。
2. CODEC 與 AAC3 之間同步時序 DCE/DTE 介面設定錯誤。

(三)、時序相位偏差因素(Timing Phase Deviation)

異常現象：CODEC 畫面間歇性閃動，聲音稍有間斷。

分析說明：兩端 AAC3 雖然採用相同的時基系統，當成主要同步時序參考源時(如 NCKU→GPS,CCU→GPS；NCKU→AAC3,CCU→AAC3)，但是時序精準度差異，長期累積的時序信號相位偏移(Phase Deviation)，造成 Jitter and Wander 現象。其原因如下：

1. 由於 GPS PRS 直接與 AAC3 DSX-1 port 連線，匯入 Unstructured DS1

1.544Mbps 時序信號，經過系統切割成 ATM Cell，再以時序還原(Clock Recovery)方式，成為系統之同步時序。使 DS1 時序結構破壞，因此精準度降低之故

2. AAC3 之 CBR 傳輸介面 Output Buffer 參數調整設定，將影響 Cell Delay 與 Cell Delay

Variation 之效能。

六、結論

由建置的線路轉接服務系統測試的測試分析中，發現到窄頻與寬頻同步視訊系統的一些品質不穩定現象，包括時序不同步、畫面閃動與雜訊干擾間歇性的問題等。這些現象的分析，需仰賴相關標準文件與研究報告的解釋，並根據實際經驗觀察判斷。我們希望將來以量測儀器，詳細蒐集測試數據，做精確的分析。以下歸納補充兩項問題點探討：

(一)、問題探討

1. 網路同步時基 (Synchronization)—同步時基系統對網路即時性的應用服務是非常重要的，在於確保即時資料傳輸的品質需求，尤其是與時間敏感度(Time-Sensitive)相關的視音訊。當網路兩端的設備需設定時序同步一致，取得共同的時序參考源，由其是連線服務之 IWF 網路中樞設備，方能避免信號傳輸造成的相位偏移，使資料產生閃動(Jitter)與漂移(Wander)[13]。因此，骨幹網路設備升級，必須考慮具備時序接收與提供的能力。
2. ATM 交換機 AAL1 線路模擬—ATM 交換機可滿足各種服務等級(Service Class)的訊息處理能力，做輸出優先順序的訊息流量管理(Traffic Management)，與重要資訊的服務品質(QoS: Quality of Service)控制。目前 ATM

交換機已具備線路模擬(Circuit Emulation)的功能，因此可提供 CBR /AAL1 的訊息(如：語音、影像)優先處理。當流量超載(Overload)，將使連續性的資訊流(Stream)不會受到影響，造成延遲(Delay)或閃動。未來應在 ATM 網路規劃上，設定線路模擬與時序同步，需重視提供滿足使用者服務品質的考量。

(二)、未來方向

TANet 流量日益成長，雖然骨幹寬頻已提昇至 ATM T-3/45Mbps，但仍然呈現擁塞不敷使用情形，以有限頻寬是無法滿足不可預期的流量成長。本服務系統的建置目標，強調資源整合，使各區域學校分享 TANet 提供的遠距教學、視訊會議等應用服務。不在於如何減少流量與限制頻寬；而是在於有效利用 TANet 頻寬，朝多功能的服務網路發展。由上述的問題探討，我們重申唯有發揮 TANet ATM 骨幹網路的功能與加強同步時基的系統建立著手，方能解決目前所面臨的問題。遠距教學區域服務中心的雛型架構已逐漸完成，目前整合服務的範圍，包括雲嘉區域與跨區服務的成功大學。未來期望能推廣區域服務中心的設置，增加網路教學的服務品質。

參考文獻

1. "CODEC: Encoder/Decoder, PictureTel Venue 2000, Administrator's Guide".
2. "AAC-3 ATM Access Concentrator 3 Manual, Planning Guide & Installation Guide", ADC Kentrox, Portland, Oregon.

3. "The Role of ATM Access Concentrators in ATM Network Deployment", white paper, ADC Kentrox, Portland, Oregon.
4. "DSU/CSU, Loop-T Telecommunication equipment manual".
5. "MCU: Multiple Control Unit, PictureTel Montage, Administrator's Guide".
6. "Synchronizing Telecommunications Networks: Fundamental of Synchronization Planning", Hewlett-Packard Application Note 1264-3.
7. "Network Timing and Clocking", Litton-FiberCom Doc. No.79000000, Jun 1997
8. "GPS and Precision Timing Application", Hewlett-Packard Application Note 1272.
9. "Circuit Emulation Service Interoperability Specification Version 2.0", The ATM Forum Technical Committee, Jan. 1997.
10. "Low Speed Circuit Emulation Service (LSCES)", The ATM Forum Technical Committee, May 1999.
11. "Introduction to ATM Forum Test Specifications", The ATM Forum Technical Committee, pp. 9-13, Dec. 1994.
12. "Narrow-band visual telephone systems and terminal equipment", The ITU-T Recommendation H.320, pp. 2-15, Jun. 1997.
13. "The Control of Jitter and Wander within Digital Networks which are based on the 1544 kbps hierarchy", The ITU-T Recommendation G.824, Jun. 1997.