

Studio-Based 即時多點群播遠距教學系統與寬頻乙太網路 整合架構之設計與實現

The Design and Implementation for The Integrated Architecture of Studio-Based Real-Time Multicasting Distance Learning System and Broadband Ethernet

葉國良¹ 鍾俊仁² 吳正宇¹ 周利蔚³ 李介中³

¹康寧醫護暨管理專科學校資訊管理科 ²台灣科技大學資訊工程研究所

³康寧醫護暨管理專科學校電算中心

peter@knjc.edu.tw D9215005@ntust.edu.tw cloud@knjc.edu.tw

liwei@knjc.edu.tw eroslee@knjc.edu.tw

摘要

資訊科技的進步與網際網路的普及，不僅影響各個產業，也讓教學方式產生了極大的轉變。經由多種數位網路多媒體融合而成的新媒介，已突破傳統教學在時空上的限制，增進學生與老師之間的互動，為傳統的資訊傳播工具及方法，帶來相當大的變革與衝擊。

在本論文中，我們以教師及學生的習慣為出發點，考量影音多媒體教材製作流程，並參考攝影棚作業模式後，提出一整合視訊與資訊技術的「studio-based 即時多點群播遠距教學系統」架構。經由本系統，在多點群播同步遠距教學結束的同時，隨即產生包括講師授課及相關投影片或其他應用程式的使用等指引動作之影音串流 (Streaming) 教材檔，以作為非同步隨選遠距教學之使用。同時，更可藉由運用 Java script 與 Java applet 技術之 web-based 教材編輯介面，讓助教加入分段大綱索引，幫助學生進行選擇性學習，避免已熟悉課程的重覆學習。本系統亦設計了 web-based 線上影音互動介面，使用者無須安裝任何額外的應用程式，即可透過本系統網頁介面進行線上影音互動，大大降低了使用門檻。

此外，為了發展遠距教學，以及提昇網路效能，我們亦與本校已建設完成，符合教育部「TANET 新世代骨幹網路連線計畫」要求之 Gigabit 光纖校園乙太網路 (Ethernet) 進行整合。實驗結果指出：使用者端以 512kbps ADSL 連線，透過本系統網頁介面，僅需使用 200kbps 影音串流即可順暢的全螢幕播放任何影音教材。

關鍵詞：遠距教學，studio-based，多點群播，串流，線上互動，TANET。

Abstract

In this paper, we propose a "Studio-Based Real-Time Multicasting Distance Learning System"

architecture which integrated video and information technologies by focused on the experience and usage of teacher and students, considered Audio-Video multimedia contents authoring flow, and referenced a studio operation model. With this system, the audio-video streaming files for asynchronous distance learning content which includes the course contents, associated slides, or the operating guidance of applications will be produced right after synchronous multicasting distance learning course finished. In the meanwhile, teaching assistant could segment the index outline through the web-based contents authoring interface which coded with Java script and Java applet techniques. It's could help student's learning with adaptive technique and avoid from the duplicate contents which student already learned and know it well. The web-based online audio-video interface doesn't need install any extra applications on client, students can interact with teacher online via web pages of this system. The easy of use reduce the learning curve of this system.

In addition, for the purpose of distance learning system development and network performance improvement, this system also incorporate with Gigabit fiber ethernet campus network which conform with the requirements of the "TANET New Generation Backbone Networking Plan" from Education department. Experiment result of this system shows that it's could display any audio-video contents smoothly with full screen via web page interface in 200kbps streaming with 512kbps ADSL end user connection.

Keywords: e-learning, studio-based, multicast, streaming, on-line interactive, TANET.

1. 前言

隨著電腦與網路的普及，促成國內外遠距教學的蓬勃發展。在各種不同的遠距教學系統中，影音視訊多媒體儼然成為不可或缺的教材。然而，就在老師們發現影音視訊多媒體的優點，紛紛使用多媒

體電腦以及各種製作設備與軟體進行教材製作的同時，無庸置疑地，老師在設備以及認知不足的情況之下，必須花費相當多的時間去嘗試錯誤與製作教材。面對教材的多樣化，如何縮短教材製作時程以及達成教材資源的共享，儼然成為推動遠距教學的一大課題。

雖然國際上已經有許多網路教材標準，如 IMS [2]、IEEE LTSC [4]、ADL SCORM[5]、DLTS[1]、ULF[7]、LMML[3]等，但因仍發展中，且缺乏整合，不同標準教材間的對應以及與在不同標準學習管理系統（Learning Management System, LMS）平台上的供通性，仍是潛在的問題，我們僅能針對教材屬性及使用權限等一般特性的設定力求符合。

我們一方面嘗試整合視訊以及資訊兩大領域的技術，建構一完整且實用的遠距教學系統架構外，另一方面更希望提供一個便利的使用介面，在順暢的製作流程導引下，使老師無須了解標準的內涵，而製作出豐富且高質感的多媒體影音教材，使得遠距教學環境更佳趨於完善。

2. 相關研究

綜觀遠距教學發展，為求聽得到講師之聲音，並進一步看到影像，早期利用類比廣播之空中大學模式，開啟了一對多遠距教學，但仍欠缺了互動機制；直到網路盛行，由於網路擁有良好的頻寬以及回傳路徑（Return Path）特性，撥接式 ISDN 促成了點對點互動式（Peer-to-Peer Interactive）遠距教學的盛行，此時兩端仍需集會於某一特定場所始得播送及收播教學；接著，藉著視訊會議（Video Conference）技術的精進，應用於 ATM 或 Ethernet 的多點群播（Multicast）互動式遠距教學突破了場地的限制，並且兼顧了互動機制，然而卻因基於傳輸頻寬的考量，選擇較低位元率（Low bit rate）的視訊壓縮技術（H.323），以及採用影像品質較低的網路攝影機（Web-Cam）作為終端設備，必須另行安裝特殊軟體，而犧牲了影像品質與便利性，無法達到遠距教學所需要的「無空間限制」。

為了整合視訊與資訊傳播相關技術，復旦大學網路與資訊工程中心的 Shiyong Z. 等人也利用視訊會議系統以及其所發展之「課體發展工具」（Courseware Development Tool Kit），在教師與輔助教材同步上，提出了值得參考的想法[6]，然而重新組織與教材同步的影音檔，仍然須約 1 分鐘後才可透過網路被存取。

2.1 攝影棚錄影作業模式

現有電視台攝影棚之錄影作業模式中，大多的配套與輔助資料，如字幕、圖卡、大綱及演員資料等都是事先依腳本，利用多媒體電腦與相關軟體製作完成，這些準備動作稱之為前製作（Pre-Production），就如同教師在授課前依據授課

內容所準備的投影片或其他輔助教材。在錄影時即以視訊方式與錄影畫面送至視訊效果機/切換機（Video Effector/Switcher）進行合成為單一視訊。同時，助理亦將相關時間點（Time Stamp）記錄下來，以利分段剪輯（Editing）、動畫效果（Animation Effect）等後製作業（Post Production）使用。

此外，在新聞性、財經或實況轉播，甚至空大的教學性節目常見的雙畫面，亦是將兩個視訊分置於同一畫面的兩旁。如此，以視訊來處理所欲傳送的畫面，成為我們進行同步多點群播遠距教學考量的方式之一。

2.2 影音串流

影音串流技術為一利用串流伺服器（Streaming Server），將依照特定傳輸頻寬所壓縮而成的影音資料，以 metafile 中所定義的時間區段分段於網路上傳送，供使用者擷取播放觀賞的一種技術，metafile 中亦定義了作者、版權、影片名稱等 metadata。影音串流技術具有「即時播放」、「現場直播」、「檔案大小不受限制」、「多點群播」、「影片資料不易被複製」等優點[8]。

面對諸多種類的影音串流編解碼器（Streaming Codec），表 1 依據「畫質」、「佔有率」、「是否預先內嵌於作業系統」以及「伺服器端成本」，提供了選擇的參考，其中我們在畫質部分，分別將「相等的位元率下畫質的良莠」與「在不穩定頻寬下的播放妥善率」一並列入考量。最後，我們選擇 Microsoft Media Encoder 作為影音串流編碼器，檔案格式為 asf 或 wmv 檔。

表 1 Streaming Codecs 選擇考量因素

Consider Codecs	畫質	佔有率	內嵌 OS	成本
Real	***	**	N	High
MS Media	***	***	Y	Low
ISO Mpeg4	**	*	N	High
Non Mpeg4	**	*	N	High

2.3 國際教材標準[1 - 5, 7]

在眾多國際教材標準中，雖然發展還未臻成熟，但我們參考了這些標準，透過 Java Script/Applet 的整合，加入了 SCORM 所強調的「reusable」、「accessible」、「durable」、「interoperable」等概念，並對教材加入部分教材資訊以及使用權限等屬性。

2.4 TANET 新世代骨幹網路連線計畫

有鑑於對外傳輸量的增加，我們將對外連線由原來的 T1 擴增至 Gigabit Ethernet，並完成「TANET 新世代骨幹網路連線計畫」中相關資訊安全要點。

在教育部「TANET 新世代骨幹網路連線計畫」申請作業中規範了以下幾項要點：

1. 將「教育部校園網路使用規範」納入單位規範及建立處理機制。
2. 製作統計流量圖表。
3. 公佈前 30 名 IP 位址使用量。
4. 建立 Abuse 與 Security 帳號
5. IP 使用及異動作登記管理
6. 建立對廣告信件或網路攻擊行為反應處理機制
7. 阻擋犯罪與色情之資訊或網頁

3. 系統設計與實作

本計畫為教育部補助之九十一年度「技專院校發展學校重點特色暨提昇教學品質專案輔助計畫」。為了即時產生教師講授視訊與投影片輔助教材同步之影音串流，我們檢討影音多媒體教材製作流程，並參考攝影棚作業模式後，將整個架構及製作流程規劃成如圖 1 之示意圖，分成攝影棚 (Studio)、後製作中心 (Post Production)、壓縮編碼器 (Encoder)、管理、編輯與教學平台 (Platform)、網路播送 (Multicast)、教材資源庫 (Storage) 以及資料庫 (DB) 等。

架構中所有伺服器接採用 Win2000 Server，資料庫則採用 MS SQL 2000。

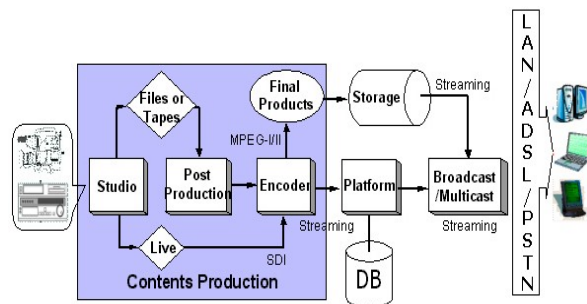


圖 1 架構及流程示意圖

3.1 攝影棚 Studio

在攝影棚端，為了便利教師操作輔助教材，我們將電子白板、多媒體電腦以及實物投影機整合為一「多媒體講桌」（如圖 2 所示），教師可以任意開啟瀏覽器或其他任何範例程式及影音教材，並可利用電子白板隨時對著前述教材做標記，這些動作及畫面都將被合併成 VGA 信號，與實物投影機所產生之 VGA 信號一起提供教師彈性選擇作為輔助畫面。多媒體講桌所送出的信號將被轉換成視訊，與教師授課影音一併送至視訊交換機，並送至錄影及編碼設備（如圖 2 與圖 3 所示）。

我們並利用圖 2 中之電子場記機，透過 web-based 之管理平台，於即時多點群播時記錄教師切換輔助教材之相對時間點，以利隨選課程教材中索引之製作。

在此值得一提的觀念是：要維持影音串流畫面的品質除了選擇良好的壓縮編碼設備外，任何訊號

格式的轉換都會影響畫質。甚至在相同系統設備下，視訊來源的畫質絕對會嚴重影響壓縮結果（專業攝影機與家用 DV 或專業錄影帶 Betacam 與家用錄影帶 VHS 是有天壤之別的）。

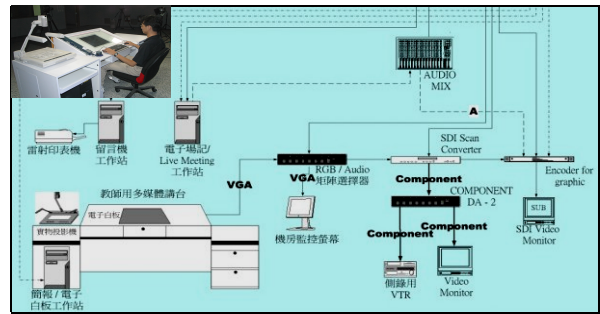


圖 2 多媒體講桌訊號圖

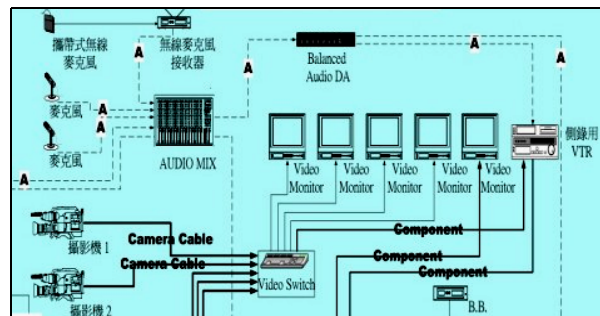


圖 3 攝影棚訊號圖

3.2 後製作中心 Post Production

後製作中心提供教師針對教材資源利用多媒體軟體進行進一步新整合以及編排，以達資源的重複使用 (reuse)，減少教材製作時程，並提供更精美的多媒體教材。

3.3 壓縮編碼器 Encoder

在即時多點群播遠距教學時，我們將教師授課視訊以及輔助教材視訊接編碼成 200kbps 之影音串流檔進行直播，同時儲存一份高解析度 (High Resolution/Bit-Rate) 之影音檔，以利日後在利用 (因高解析度影音檔可轉換成低解析度影音檔，反之則不然)。編碼器中之視訊擷取/壓縮設備的良莠將嚴重影響壓縮品質。

3.4 管理、編輯與教學平台 Platform

平台提供教師、學生、校務 (課務與註冊) 管理者、錄影作業以及系統維運人員完全 web-based 操作介面。考慮校務作業流程，本平台與校內教務系統連接，校內生透過教務系統選課，可至本平台接收遠距教學課程，而校外生可透過本平台註冊選課。教師編輯教材，於任一可連接網際網路的電腦，即可進行視訊與投影片教材同步之打點

(Time Stamping) 作業亦透過此 web-based 介面完成，無須額外進行任何應用軟體之安裝。

圖 4 為即時多點群播之學生端畫面；圖 5.a 為教師進行教材編輯之打點畫面；圖 5.b 為教師進行教材編輯後之預覽畫面（與學生端畫面同）。

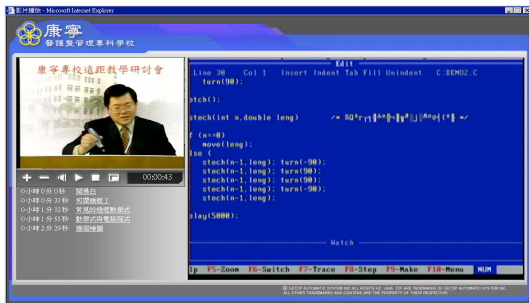


圖 4 即時多點群播學生端畫面



圖 5.a 教師進行教材編輯打點畫面

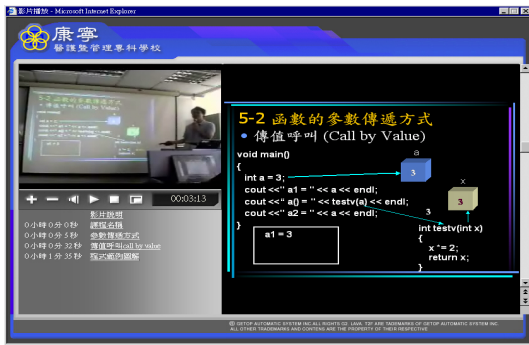


圖 5.b 即時多點群播學生端畫面

教師若已自行完成課程影音串流檔及投影片教材檔之製作，已可自行透過此編輯管理平台上傳至教材資源庫，在上傳完畢且登錄完教材資料 (Metadata) 後，系統亦將賦予該教師編輯該教材之權限，而教師亦可指定將教材與其他教師分享，達到資源共享之目的。

圖 6 為新增教材資料及上傳教材之畫面，此時共有「單影片介面」、「單影片介面含教材指定」、「雙影片介面」以及「線上研討會介面」等四種學生端瀏覽模式可供選擇。

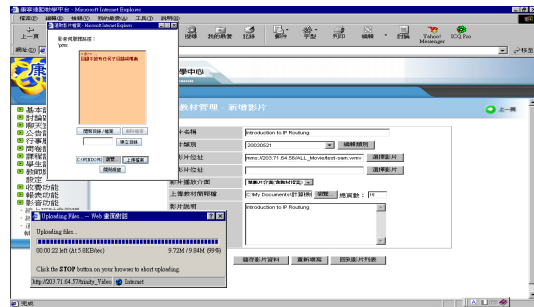


圖 6 教師新增教材資料及上傳教材畫面

3.5 教材資源庫 Storage

影音串流檔以及其他種類的教材檔是遠距教學的重要資源，因此我們規劃了一大容量的網路磁碟，作為 Media Server 的附加磁碟，同時亦作為教師上傳教材之儲存。對於每位老師個人之教材皆設定了存取權限，而每位教師可透過此系統字型指定其所屬教材之分享權限，使得在智慧財產權的考量之下，亦達到資源共享的目的。

3.6 網路播送 Multicast

所有影音串流檔接透過 MS Media Server 播送至網路上，校內的網路架構為光纖幹乙太網路，而對外連線亦以光纖連接區網中心，為了提供良好服務品質，亦建構兩路 E1 Trunk 連接至 Hinet 以作為備援線路。

圖 7 與圖 8 為整體網路架構示意圖及伺服器群部署圖。由圖中可見，我們為了不讓影音串流的流量影響內部網路，而將遠距教學伺服器群建構在對外主路由器 (Core Router) 上，如此一來，對於 Web 或 Mail 等校園服務的存取便不易受遠距教學影音串流流量而影響，亦可分攤同一路由器介面之流量。

此外，在異地備援處，我們亦規劃了分流 (Load Sharing) 機制，除了來自學術網路的存取，全都導向非學術網路之異地備援處，以因應非學術網路之大量存取。

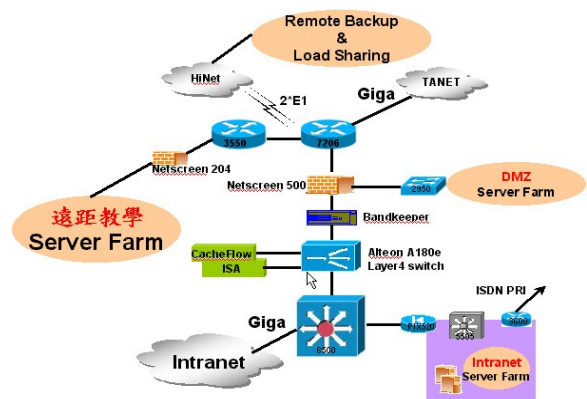


圖 7 網路架構示意圖

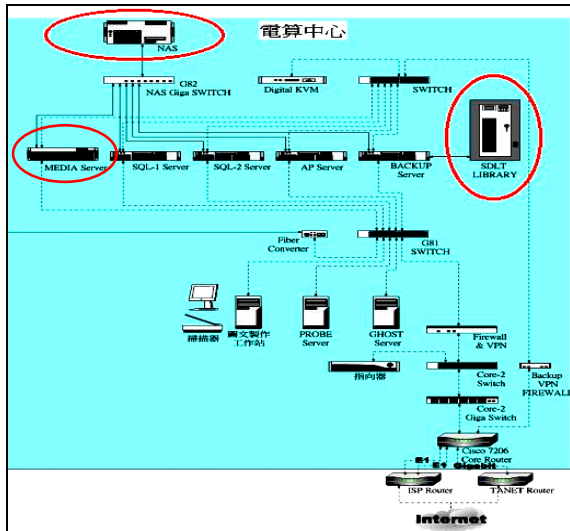


圖 8 伺服器群部署圖

3.7 資訊安全

在資料安全方面，基於資訊安全的考量，我們將包括教材資源、資料庫以及作業系統等，備份至一大容量網路磁碟，再利用備援軟體備份至一磁帶櫃，在我們的備份政策下，可一年不用更換磁帶以必面人為疏失（如圖 8）。除了本地備援之外，我們異地備援亦在我們的規畫之中，我們同時藉由異地備援分擔了整體影音串流流量。

3.8 即時多點群播流程

1. 前製作：完成腳本分鏡等準備，並準備好輔助教材。
2. 利用圖 6 介面登錄課程及教材資料，輸入分段大綱（如圖 9），並完成教材之上傳。
3. 進行即時多點群播時，助理依分鏡表利用圖 5 介面，進行時間分段點打點作業。
4. 播出完成即產生隨選課程教材。

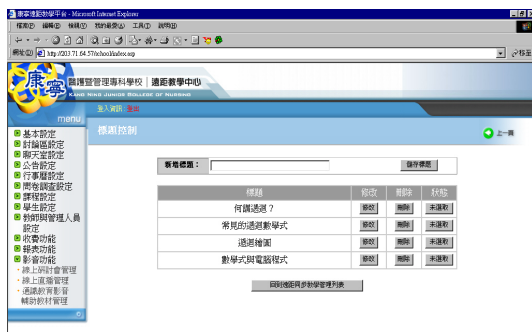


圖 9 直播分段大綱輸入畫面

3.9 隨選課程製作流程

1. 前製作：完成腳本分鏡等準備，並準備好輔助教材。
2. 利用圖 6 介面登錄課程及教材資料，輸入分段大綱，並完成教材之上傳。
3. 依分鏡表利用圖 5.a 介面，進行時間分段點打點作業。
4. 若於步驟 2 未輸入分段大綱，可利用圖 10 介面進行輸入，即完成隨選課程教材製作。



圖 10 分段大綱輸入畫面

3.10 線上研討會

利用線上研討會介面，指定遠端影音來源 IP，並輸入相關資料，即可與遠端進行線上影音互動。透過本系統 web-based 介面，無須進行任何應用程式安裝，即可與遠端進行影音互動。圖 11 與圖 12 分別為線上研討會資料輸入介面，以及線上研討會瀏覽畫面。

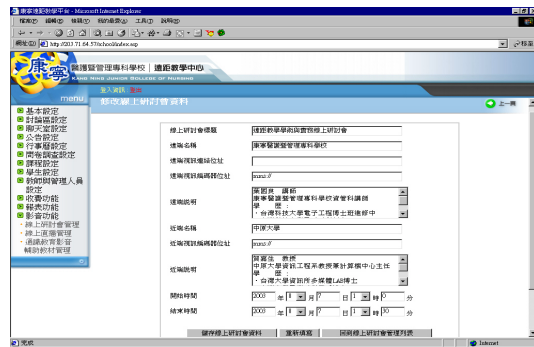


圖 11 線上研討會資料輸入介面

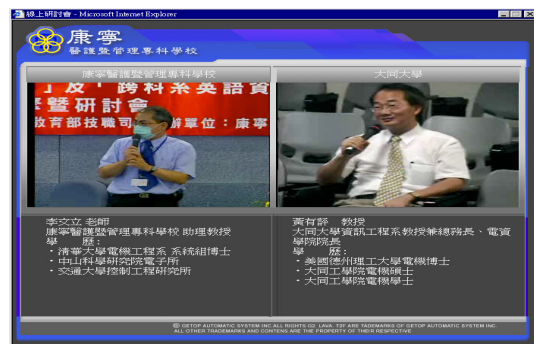


圖 12 線上研討會瀏覽畫面

圖 13 為線上研討會架構示意圖，A、B 端分別為本地端與遠端。我們利用一工作站接收遠端影音訊號，經訊號轉換器將 VGA 訊號轉換為視訊後，與本地端影音訊號分別送入編碼器，瀏覽畫面則分別擷取兩端影音串流。要注意的是：應避免兩端聲音的回授（Feedback）導致的迴音（Echo）效應。

在圖 13 中，遠端得視訊因需經訊號轉換器，故必須將遠端的聲音經過延遲以使影音同步。同理，因遠端的延遲，為避免 A、B 兩端的時間差過大，本地端之影音訊號先經過延遲，進入編碼器進行串流處理，遠端的聲音及本地端的影音所需延遲的時間依遠端距離的不同而定。故於線上研討會開始之前，通常需先進行同步調整，如同以衛星上下鏈（Up-Down Link）傳送影音訊號時，需先進行延遲調整般。

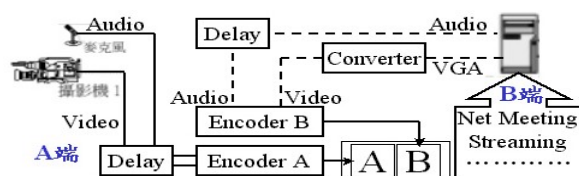


圖 13 線上研討會架構示意圖

3.11 流量統計與影音品質

在本系統中，我們依據使用者頻寬，提供了窄頻（100kbps）以及寬頻（200 或 250kbps）兩種影音串流（使用約 77%頻寬），圖 14 為利用 Web-Trend 流量統計軟體，針對本系統 Media Server 中系統記錄檔所作六個月期間內之存取統計。實驗結果指出，當使用 1Gbps 網路介面卡時（連接至網路設備之光纖介面），若完全提供 200kbps 串流服務，系統所能容納之最大使用者數目約為 4500。

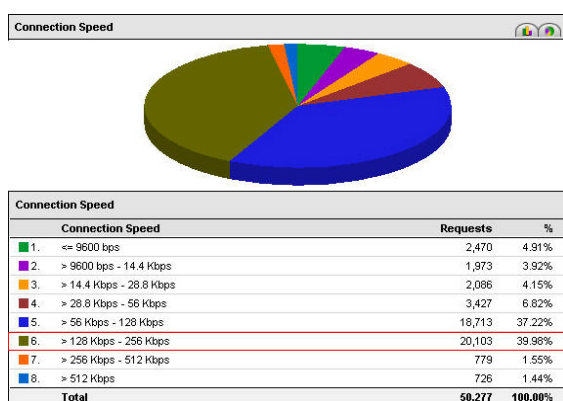


圖 14 Media Server 流量分析統計圖

實驗結果也指出：使用者端以 512kbps ADSL 連線，透過本系統網頁介面，僅需使用 200kbps 影音串流即可順暢的全螢幕播放任何影音教材。當然，由圖 2 得知：要提供良好的影音品質，在流程

中從原始影音來源的品質，以及攝影機、麥克風、影音擷取、後製、到串流播送等設備，設置用戶端播放器的良莠，都將造成嚴重的影響。

4. 結論與未來工作

在本計畫中，我們以教師及學生為出發點，考量影音多媒體教材製作流程，並參考攝影棚作業模式後，整合 Gigabit 光纖乙太網路，提出「studio-based 即時多點群播遠距教學系統」架構。經由本系統，在多點群播同步遠距教學結束的同時，隨即產生包括講師授課及相關投影片或其他應用程式的使用等指引動作之影音串流（Streaming）教材檔，以作為非同步隨選遠距教學之使用。

同時，更藉由運用 Java script 與 Java applet 技術之 web-based 教材編輯介面，提供助教加入分段大綱索引，幫助學生進行選擇性學習，避免已熟悉課程的重覆學習。而「雙影片介面」的設計，更使得本系統對於影音串流的處理，完全應用於「線上研討會」，無須安裝任何額外的應用程式，即可透過本系統網頁介面進行線上影音互動，更加證實了本計畫之架構規劃的可行性。

實驗結果也指出：使用者端以 512kbps ADSL 連線，透過本系統網頁介面，僅需使用 200kbps 影音串流即可順暢的全螢幕播放任何影音教材。

然而，對於軟體平台而言，並未完全符合任一國際標準，我們將持續對軟體平台進行修改，以期符合發展成熟之國際標準。此外，對於目前將時間分段點寫入資料庫的處理方式，我們希望能以 XML 標籤實作，將其視為教材物件之屬性之一。並且，對於教材製作以及多點群播遠距教學之作業流程，於累積經驗後進行檢討，使其更加順暢。

參考文獻

- [1] DLTS(Distance Learning Technology Standards), <http://www.xauat.edu.cn/dlts>.
- [2] IMS Global Learning Consortium. <http://www.imsproject.org/>
- [3] LMML(Learning Material Markup Language), <http://www.lmml.de>.
- [4] LTSC(Learning Technologies Standardization Committee.), <http://ltsc.ieee.org>.
- [5] SCORM(Sharable Content Object Reference Model), <http://www.adlnet.org>.
- [6] Shiyong Zhang, Jie Wu, Shen Zhen, Jingjing Wang, "VSCHOOL-A Platform for Distance Learning", *First AEARU Network Education Workshop*, pp.12-23, Nov. 2002, Taipei, R.O.C.
- [7] UFL(Universal Learning Format), <http://www.saba.com/standards/ulf>.
- [8] Windows Media Technologies and Tools. <http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/>.