

RIA 數位學習系統平台之研究與建置

林憲良

國立台北護理學院資管所

f4094001@ntcn.edu.tw

施建州

淡江大學資訊傳播學系

ccs@mail.tku.edu.tw

林姿瑩

亞洲大學資訊發展處

mo@asia.edu.tw

陳偉

亞洲大學資訊科學與應用學系

wei@asia.edu.tw

張剛鳴

亞洲大學電腦與通訊學系

changkm@asia.edu.tw

摘要

現今由於串流媒體技術(stream media technology)的發展與網路頻寬的提昇，使得數位學習已逐漸邁向動態影音內容提供、即時影音互動以及後端資料傳輸服務等三者整合的時代。近年來有關此三者整合之研究雖有所進展，但多數的研究只集中於某項專業領域之學習應用，對於相關技術、趨勢及系統平台的建構鮮有研討開發。本文冀望藉由串流媒體技術、視訊媒體伺服器、Flash 網頁應用程式、XML 與 ASP 等多項技術的探討及應用，以建構一個多人多方之即時視訊教學、隨選視訊、檔案存取與學習評量等子系統的教學平台，期結合成具有傳統桌面應用程式外觀與功能之 RIA(Rich Internet Application)數位學習系統。透過此豐富化的網路應用程式，不僅可跨越不同的作業系統平台存取各類資訊內容，同時亦能強化教學內容所呈現的視覺效果、提昇參與成員存取資料的效率，並經由平台提供的親和圖形介面(GUI)可促使學習者主動學習之意願，期以作為各領域建構數位學習系統之研議指標。

關鍵詞：數位學習(E-learning)、串流媒體(stream media)、RIA (Rich Internet Application)、視訊伺服器(video server)、隨選視訊(video on demand)

一、前言

在資訊快速變動的時代，傳統課室的學習方式，由於受空間及時間的侷限，已無法提供快速且有效率的學習環境，滿足普羅大眾。現代人若要提昇自我的競爭力，唯有透過資訊化快速更新與領先學習的特性，以取得終生不斷地學習，其中網際網路(internet)的互動式數位學習(interactive E-learning)即是一種快捷而簡便的有效學習方式。況且現今因資訊科技(information technology)的進步及網際網路技術的日益成熟，使得串流媒體技術於網際網路各領域的應用與日俱增(Josh & Dylan, 2001)，尤其在數位學習方面，串流媒體技術於影音資料的傳輸，更扮演著關鍵性的角色。因此本文冀望藉由串流媒體技術、視訊伺服器(video server)、豐富化的 Flash 網頁應用程式操作介面與功能、可存取後端資料庫的動態伺服器網頁(Active Server Page, ASP)等多項技術的探討及實作，以建構多人多方的同步視訊教學、非同步隨選視訊(video on demand)教

學、檔案存取以及學習評量等功能集結於一體的 RIA 數位學習系統。

二、研究背景及目的

在網際網路發展之初，因侷限於網路頻寬的關係，所以網路數位學習只限於文字及圖片，缺乏互動性，且無即時性的回饋，僅能採單向的學習方式，導致課程內容趨於單調；直至網路頻寬的提昇，使得相關數位學習的研究逐漸納入視訊、音訊及動畫等多媒體數位學習元件。近年來，已有學者將視訊、音訊及動畫整合在一起，建構出即時互動的數位學習系統。然而，這些系統需較昂貴的網路設備及高成本的攝影器材，以增加網路頻寬及視訊畫質的流暢(黃國安、楊家豪，2005)，然其成果卻僅達成一對一雙向或一對多單向之視訊教學環境。如今網際網路頻寬技術日趨成熟、光學影像與數位元件日趨進步，串流媒體技術亦臻於成熟，使得攝影機所擷取的視訊畫質，影格數不足、解析度不夠、影質不清晰等問題，已獲得部份改善(陳偉、趙柏榕、林憲良與王曉慧，2006)。

現今發展串流媒體技術的業界主要有四家，分別為 Microsoft 的 Windows Media 9 Series(Tobias, 2003; 劉聖路，2004)、RealNetworks 的 RealSystem (Real Networks; Tobias, 2003)、Apple 的

QuickTime(Apple; Tobias, 2003) 以及 Macromedia 的 Flash Video(Adobe, 2005)，此四家公司所支援的即時式串流傳輸系統分別有其對應之 Server、Player、Encoder 以及 Protocol，如表 1 所示。表中之 RTP 被定義在一對一或一對多的傳輸情況下運作，其目的在於提供時間資訊以及實現串流同步。而 RTP 和 RTCP (Real-time Transport Control Protocol)則是一起提供流量控制和壅塞控制的服務，因為在 RTCP 封包中，具有已發送的資料封包及丟失資料封包的數量統計資料，所以伺服器可利用這些資訊的動態而改變資料傳輸速率(馮寶坤、陳子鴻，2002)。換言之，RTCP 可自動偵測網路頻寬，而做動態的調整；至於 RTSP 則支援伺服器與播放器的雙向溝通，使用者可以透過 RTSP 下指令給伺服器作「暫停」、「快轉」、「倒帶」、「跳到下一段」等動作(經濟部工業局，2004)。而本研究所採用的即時式串流傳輸為 Macromedia 所發展的即時訊息通訊協定(RTMP)，其適用於 Flash Player 與 Flash Media Server 之間的傳送語音編碼格式(mp3)、視訊編碼格式(Flash Video, FLV) 和 Macromedia 的資料編碼 (Action Message Format, AMF，為二進制的壓縮資料)等內容的通訊協定，而且其優先權及壓縮率隨著網路頻寬可做動態的調整(Adobe, 2005)。

表 1 一般常見之即時視訊串流格式(陳偉等，2006)

Products Function	Microsoft Windows Media 9 Series	RealNetworks RealSystem	Apple QuickTime Technologies	Macromedia Flash Video
Encoder	Media Encoder	Helix Producer	Movie Encoder	Flash Video Encoder
Server	Media Server	Helix Server	QuickTime Streaming Server	Flash Media Server
Player	Media Player	Realplayer	QuickTime Player	Flash Player
Protocol	MMS-UDP、RTSP	RTP、RTCP RTSP	RTSP、RTP	RTMP

雖然目前網際網路相關網頁應用程式已趨於成熟，但是一般網頁應用程式仍存有瀏覽緩慢與互動性不足的限制，尤其與

桌面應用程式相比較時，更顯得其操作親和力、程式效能與系統功能之不足。更何況現今以 Web 2.0 為號召的時代，網頁應

用程式代之而起的即是以豐富的應用及直覺性的操作，所以 RIA(rich internet application)網頁應用程式因而興起(如圖 1)，以作為網路使用者操作介面設計的基礎。使用 RIA 所建置的系統，其回應與互動功能不僅易於使用，且能多元化的呈現操作介面，讓使用者在操作網頁應用程式的同時，亦有如操作桌面應用程式一般，以迅速反應使用者的操作且提供立即性的回應，可隨時依照使用者的需求，提供其最適合的功能及資訊，所以使用者可因此減少學習、適應與操作應用系統的時間，且提高其使用網頁應用程式的效率，進而讓使用者更樂意於與網路各種應用系統互動。由於 RIA 於網際網路擁有各種應用的優勢，所以近兩年逐漸為企業所重視，台灣雅虎的 web mail 系統即是一個最好的例子。

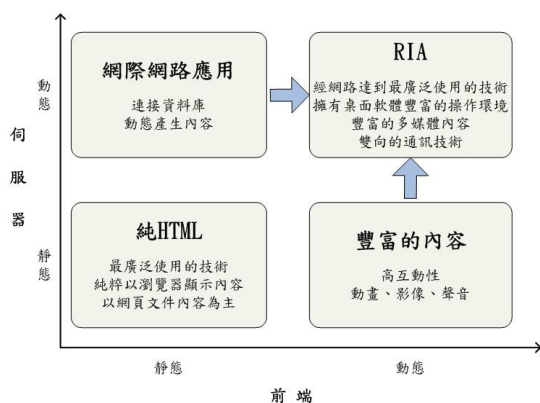


圖 1 網際網路發展趨勢示意圖(顏金杪，2004)

現今之 RIA 可分為 Ajax (Asynchronous JavaScript and XML) 及 Macromedia RIA Solutions(Stearn, B.,2007) 兩大主流的開發軟體，而本研究所使用的 RIA 開發軟體即是 Macromedia RIA Solutions，其應用於網際網路有下列幾項優點：

- 可建立即時資料的同步化與協同作業的應用程式，亦可防止資料的鎖定與減輕伺服器的負載(黃天賜，2006)。
- 使用者在瀏覽網頁時，不需重新整理

網頁頁面。

- 增加與使用者的互動性及更好的瀏覽體驗。
- RIA 應用程式某些功能直接在用戶端判斷執行，因而用戶端與伺服器端可分擔系統執行的負載，進而間接提昇伺服器服務的效能。
- 約有 96% 的使用者已安裝 Flash Player(Adobe, 2007)，而且以 Flash 製作使用者圖形介面，不僅有良好的互動性，亦可增加製作動畫的效果。
- 開發軟體可使用向量圖形，因而可有效減低 RIA 應用程式的大小。
- 所開發出的 RIA 應用程式，不因瀏覽器所使用的版本而有所影響。
- 在開發 RIA 應用程式時，相較於 Ajax 程式碼的撰寫，更加的容易，而且對於程式碼的保護性亦較 Ajax 為佳。
- 支援 3G 手機 RIA 應用程式的開發。

除了上述的優點外，Macromedia RIA Solutions 亦有其缺點存在，如下列三項：

- 瀏覽器的網頁後退功能可能因此而失效。
- 對搜尋引擎的支援度較一般網頁為差。
- 其屬於非標準化的開發系統技術，而且需要額外安裝 Flash Player，RIA 應用系統才能正常的運行。

另一方面，網際網路不僅已成為現代人生活的一部分，而且也是尋求各項知識重要的途徑之一，隨著寬頻網路的普及，以往僅限於文字及圖片的知識來源，已無法滿足大眾的需求，隨之而來的即是以影音視訊將知識、社群及娛樂整合在一起，透過多人多方播放視訊教學影片，並以群組討論的模式，將有助於加速個人知識的內化¹。有鑑於此，本研究冀望藉由串流媒體技術、視訊伺服器(video server)、SWF

¹由顯性知識到隱性知識，以語言、故事傳達知識，或將其製成文件、手冊，均有助於將顯性知識轉換成隱性知識。

網頁應用程式與動態伺服器網頁等多項技術的探討及整合，以建構一個嵌入串流媒體的 RIA(Rich Internet Applications)數位學習系統。此系統不僅以 Flash Media Server(FMS)串流媒體技術改善影音資料於網際網路傳輸的流暢性，同時以 SWF 網頁應用程式建構多人多方的同步視訊教學系統(Macromedia, 2003)，並藉由 FMS 與應用伺服器(application server)的相互連結及充分的分工，以及豐富化的網頁應用程式介面與操作功能，不僅可跨越不同的作業系統平台存取各項資訊，同時亦能強化教學內容所呈現的視覺效果，提昇參與成員存取資料的效率，促使學習者因友善的系統介面與群組討論的功能而增進其主動學習之精神，以加速其個人知識的內化。

三、系統架構與系統建置

本研究規劃之系統架構可分為教學端、伺服器端及學習端等三部分，如圖 2 所示。在教學端，系統可藉由數位攝影機(digital video camcorder, DV-Camcorder)、網路攝影機(web camera)、以 2.4G 無線接

收器接收訊號的無線攝影機、PTZ 攝影機(pan、tilt、zoom camera)或是其他攝影裝置，連接到個人電腦上，以擷取這些攝影裝置的影音資料，並透過網際網路或企業內部網路連接至伺服器端；之後，伺服器端再將擷取或已錄製完成之串流媒體資料傳送至學習端。在伺服器端可分為應用伺服器、Flash 媒體伺服器(FMS) 以及支援此兩種伺服器之使用者資料庫、數位教材資料庫、學習評量題目資料庫與視訊資料庫等。而教學端及學習端即是藉由 HTTP 通訊協定與 RTMP(real-time messaging protocol)通訊協定分別連接至網頁伺服器及 Flash 媒體伺服器，同時與此兩種伺服器之後端資料庫產生互動，而達成修習課程、學習評量、同步視訊教學、使用者驗證作業以及非同步隨選視訊等 RIA 數位學習系統運作之一連串過程。此外，在同步視訊教學時，伺服器端之 Flash 媒體伺服器，可將來自於教學端之串流媒體資料，即時地將其壓縮編碼；當串流媒體資料壓縮編碼完成後，即可透過 RTMP 通訊協定，再經由網際網路，將這些串流媒體資料，傳送至學習端的設備，如 3G 手機、PDA、筆記型電腦以及個人電腦等。

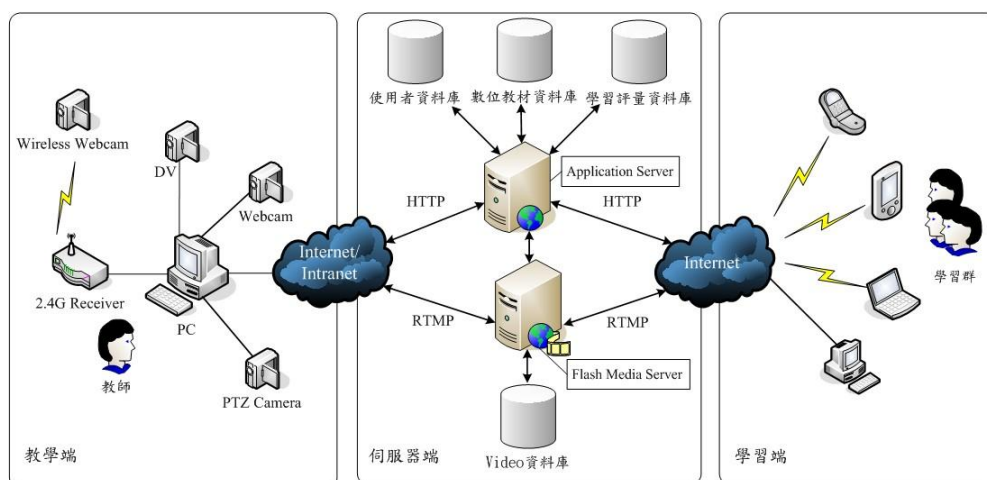


圖 2 本研究之系統架構圖

本研究之系統架構係採用三層式的主從架構(three-tier architecture client/server of the system)，此架構可分為 client、server 及 database 等三個階層。在 client 階層的

使用者可藉由瀏覽器執行 HTML、Flash Player、SWF 以及包含於 SWF 網頁應用程式的 client-side ActionScript，透過這些文件及應用程式，使用者即可透過瀏覽器所

顯示的使用者介面輸入欲存取的資料，再經由伺服器階層的網頁伺服器與 FMS 接收及處理後，回傳至瀏覽器將結果顯示出來。server 階層則是 client 階層與 database 階層溝通的橋樑，其提供使用者網頁及資料串流存取的服務，其中 web server 以 IIS 作為網頁伺服器，並以 ASP、ODBC 及 ADO 物件存取 database 階層的使用者資料庫、學習評量資料庫及數位教材資料庫；

而 FMS 則是以 server-side ActionScript、XML 與 shared objects 控制及處理 database 階層 FLV 視訊資料庫的存取。在 database 階層的 DBMS 則是儲存 server 階層所需的資料，其中使用者資料庫、數位教材資料庫及學習評量資料庫為 server 階層 web server 存取資料的來源，而 FLV 視訊資料庫則是 FMS 存取視訊資料的來源。此三階層的主從式系統架構，如圖 3 所示。

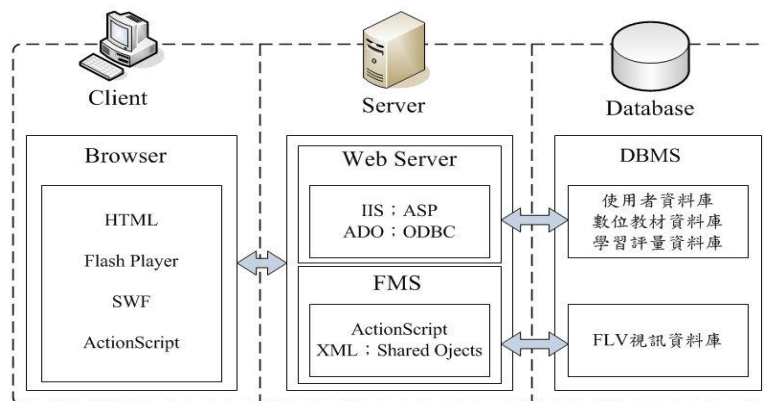


圖 3 本研究三階層的主從式系統架構

本研究在上述的系統架構下，建構使用者驗證、多人多方同步視訊教學、學習評量與非同步互動式學習等四個子系統，透過此四個子系統，使用者即可經由系統驗證存取其授權範圍內之資料，而且可營造出與傳統課室一樣的互動式學習環境，使學習者在學習課程時，能向教學者提出疑問或重新講解的建議，或者教學者在授課過程中，可即時的向學習者發問。教學者在授課進行一個階段後，亦可評量學習者的學習成效，此學習成效會即時的回饋教學者與學習者。此外，透過非同步互動式學習子系統之隨選視訊 (video on demand)、討論區及上傳/下載等功能，即可達成影音教學、回溯學習、互動式學習及學習資源共享等目標。此四個子系統建置之方法與目的分述如下：

(一) 使用者驗證子系統

使用者驗證子系統主要目的在於讓系統管理員、教學者及學習者以其帳號及密

碼登入系統，再經由系統驗證後，以存取其授權範圍內之資料，如圖 4 所示。由於 RIA 應用程式內已撰寫 ActionScript 程式碼，所以在使用者登入帳號及密碼時，會事先判斷使用者是否已填寫帳號或密碼，當使用者任一項目未填寫時，RIA 應用程式會自行判斷並顯示錯誤訊息予使用者，因此可減低資料於網際網路傳遞時，所造成頻寬的耗費，所以使用者端可因此分擔伺服器執行系統的重責，進而間接提昇伺服器服務的效能。



圖 4 RIA 數位學習系統登入頁面

當使用者輸入正確的帳號及密碼後，本系統之 Flash 網頁應用程式會將使用者的帳號及密碼傳送至應用伺服器，同時與使用者資料庫比對，在比對無誤後，系統會依照資料庫所記載的使用者授權等級，而導入於授權範圍內的頁面，同時系統以變數暫存的方式，將使用者的帳號及密碼在其權限範圍內的頁面間傳遞。此外，若使用者還未註冊使用者個人資料時，系統

會自動判斷使用者是否已經註冊；若未註冊，系統將自行導入註冊畫面，讓使用者登錄個人基本資料，以利後續個人基本資料之管理與通訊。此外，當使用者登入後，亦可透過維護使用者資料(由管理者存取)與管理個人資料(由教學者/學習者存取)，以維持使用者資料庫於最新之狀態，如圖 5 所示。



(a) 系統管理員維護使用者資料頁面



(b) 學習者/教學者管理個人資料頁面

圖 5 使用者驗證子系統-使用者資料管理頁面

(二) 多人多方同步視訊教學子系統

自串流媒體技術興起後，數位學習已邁入同步視訊教學的時代，但是現今的同步視訊教學系統，大都止於一對多單向的多點廣播，教學者雖然很盡力的教授課程，卻無法得到任何學習者的回饋與即時瞭解學習者的學習狀況，所以現今的同步視訊教學系統與傳統課室的互動學習環境，確有相當大的差距。有鑑於此，本研

究嵌入串流媒體於 RIA 網路應用程式而建置多人多方的同步視訊教學系統，以營造出與傳統課室相同的互動學習環境。使每位學習者在學習課程的同時，亦能向教學者提出疑問或重新講解的建議；同樣的，教學者在授課的同時，亦可向學習者發問，以了解學習者是否已吸收課程內容。此系統之 RIA 應用程式可分為教學端與學習端兩部分，其主要之差異在於教學端多了「發佈」功能，如圖 6 所示。



(a) 同步視訊教學子系統(教學端)



(b) 同步視訊教學子系統(學習端)

圖 6 多人多方同步視訊教學子系之畫面

由圖 6 可確知本研究之多人多方同步視訊教學系統能設定十位學習者與一位教

學者於同一時間使用，而且透過系統左下角的數字按鈕，學習者或教學者可雙向提

問。在此系統中，右方較大的視訊畫面即是課程教材的顯示畫面，此課程教材可由教學者以上傳/下載檔案的網頁應用程式，將已轉換為 SWF 格式的簡報檔上傳至數位教材資料庫，以讓學習者於此系統的文字欄位輸入課程教材的檔名後，能觀看教學者上傳的課程教材，而教學者亦可以同樣的方式開啟已上傳的課程教材，此時課程教材是以非同步的方式顯示於每個網點，所有使用者皆能自行控制課程教材瀏覽的速度。課程教材的顯示畫面除了可播放 SWF 課程教材外，亦可播放即時的視訊(如教學者直接在課室上課的畫面)或之前已錄製完成的視訊(如教學者與課程教材的視訊整合畫面)，藉此三種匯入課程教材的方式，教學者可彈性的選擇授課的教材。此外，在授課期間，教學者及學習者覺得「教學者的視訊畫面」覆蓋在課程教材的畫面時，可藉由系統「隱藏視訊」、「縮小教學者視訊畫面」或「移動教學者的視訊畫面」等功能，而不影響課程教材的瀏覽。因此，藉由此種同步視訊教學的方式，即可有效的營造出傳統課室般的互動式學習環境。另一方面，學習者與教學者在使用同步視訊教學系統之前，需以「設定攝影機」網頁應用程式，設定其各自的攝影機裝置，其中包括串流編號、解析度及每秒傳送的影格數(fps)等參數，使得學習者及教學者可依其連線的頻寬，彈性地調整視訊畫面品質，而達到影音畫質的流暢，如圖 7 所示。



圖 7 同步視訊教學子系統-設定攝影機之操作頁面

在使用同步視訊教學時，教學者可啟

動「錄製」功能(教學者的電腦必需安裝類似 Camtasia 的螢幕擷取軟體)，將教學過程錄製下來，以利未能於同一時間學習課程的學習者，日後能以隨選視訊的方式，收看還未學習的課程。因此，在系統的教學端，增加「發佈」的功能(如圖 8)，透過此項功能教學者即可將已錄製完成的教學視訊檔案上傳，並儲存於視訊資料庫中，而且在上傳完成後，教學者只要填寫表單，系統即會自動產生 XML 文件於系統中(如圖 9)，以使隨選視訊應用程式可直接讀取 XML，學習者即可以直接點選課程列表的方式，瀏覽課程內容。



圖 8 已錄製完成的教學視訊上傳系統的畫面



圖 9 經由發佈課程視訊檔案所產生的 XML 文件

(三)非同步互動式學習子系統

本研究所採用的數位學習類型為混合式數位學習系統²，所以系統中的應用程式可讓使用者依學習的需要而彈性運用。尤其在學習者無法參與同步視訊教學時，即

²混合式數位學習系統兼具同步與非同步學習之特性

可藉由非同步互動式學習子系統收看已錄製存檔的教學課程內容，而達到非同步之隨選視訊學習與回溯學習。此外，本研究之非同步互動式學習系統亦包含學習討論區、系統公告、檔案上傳/下載等各項功能，以期學習者與教學者不僅能以同步視訊教學的方式互動，亦可透過非同步的互動學習功能，以提昇學習者的學習能力及加強教學者的教學成效。例如在系統公告部分，系統管理及教學者可透過此項功能，發佈有系統狀況、系統使用事項及其他有關課程方面的訊息，以使參與數位學習系統的使用者能快速得知系統與課程的相關訊息，如圖 10 所示。



圖 10 非同步互動式學習子系統-系統公告之畫面

除了系統公告讓學習者得知相關課程訊息外，在學習討論區，教學者亦可發佈相關的課程訊息或解答學習者的問題，而學習者亦可以匿名的方式提出有關學習課程上的疑惑，以促使較沉默的學習者，發表其個人意見或課程上的疑惑。藉由此項功能可使學習者彼此討論課程上的知識，而提昇學習者的自我學習能力，如圖 11 所示。



圖 11 非同步互動式學習子系統-學習討論區之畫面

通常於學習課程過程中，教學者未必以考試測驗的方式，評量學習者的學習成效，有時亦會透過系統實作或繳交報告的方式，完成成績的評量，所以在 RIA 數位學習系統中，可經由上傳/下載檔案的方式，讓學習者於遠端上傳作業、系統實作檔案或下載數位教材，所以教學者亦可透過此項功能輕易的獲取學習者的作業或系統實作檔案，以作評量，如圖 12 所示。



圖 12 非同步互動式學習子系統-上傳/下載檔案之畫面

當同步視訊教學子系統發佈已錄製完成的視訊檔案後，系統會自動產生 XML 文件，使隨選視訊應用程式可直接讀取 XML 文件，同時將 XML 所儲存的課程視訊路徑，載入到隨選視訊應用程式的播放清單中，使學習者可經由點選的方式，將視訊教材資料庫內所儲存的視訊，嵌入至隨選視訊應用程式中播放，如圖 13 所示。此種方式與一般熟知的隨選視訊略有不同，其主要之特點在於系統只需建構一個隨選視訊的 RIA 應用程式，配合系統所產生的 XML 檔案，即可瀏覽所有的課程視訊檔案，如此不僅可減低系統儲存容量的負荷，其共享物件的方式亦可降低系統的負載。



圖 13 非同步互動式學習子系統-隨選視訊之操作畫面

四、學習評量子系統

學習者經由此系統之學習評量後，系統會計算出學習者的學習成績，讓學習者立即得知其學習成果，並顯示哪些

評量題目答錯。此外，教學者亦可經由「更新評量題目」、「刪除評量題目」、「發佈評量題目」選單，以維護學習評量題目，使教學者建構學習評量題目更為彈性與多樣，如圖 14 所示。



(a)線上評量成績及答案公佈之畫面

(b)選擇欲修改評量題目之畫面

圖 14 學習評量子系統-線上評量與更新評量題目之畫面

四、結果與討論

(一)系統之量測與分析

由於多人多方同步視訊教學系統之視訊畫面品質設定，包含 160*120:15 fps、160*120:30 fps、320*240:15 fps、320*240:30 fps、640*480:15 fps、640*480:30 fps 等六種。在實驗系統量測時，雖然可藉由使用者上線及設定來完成；然而，在評估過程中，可能因為參與

評估的使用者設定錯誤，而導致量測數據的誤差，所以為求較精確的系統評估與結果分析，系統評估之視訊來源，則是以 12 種不同的視訊片段，藉由 Flash 8 Video Encoder 的 On2 VP6 編碼器，轉換為以上六種視訊畫面品質，以掌控系統量測的精確度。在編碼器的設定畫面，其最大資料速率設定為 150KB/秒，每種格式的音效品質則是以 MPEG Layer III(mp3) 8KHz 32kpbs 編碼，如圖 15 所示。



圖 15 Flash 8 Video Encoder 的視訊編碼器設定畫面與 12 種不同的視訊片段

由於多人多方同步視訊教學系統的 server 端，需同時處理來自各網點的視訊串流，而且需即時地將各網點的視訊串流

轉送予其他使用者，所以每個網點視訊解析度的大小，不僅影響網路流量的大小，亦會影響視訊伺服器的負載。因此，每位

參與同步視訊教學系統的使用者同時上線時，究竟會耗用多大的網路流量，而且視訊解析度應設定的值為多少，才能使系統負載減至最低；使用者若在 client 端連線同步視訊教學系統時，究竟需要多大的網路頻寬才能讓視訊畫面流暢的呈現；這些問題的探究即是本研究系統量測的重點。系統量測之視訊伺服器軟硬體環境，如表 2 所示。

表 2 本研究視訊伺服器之系統量測環境

系統元件	類型描述
中央處理器	Intel Xeon 3066MHz x2
視訊介面卡	ATI RAGE XL PCI 8MB
隨機存取記憶體	2048MB
作業系統(OS)	Microsoft Windows Server
檔案系統	NT File System(NTFS)
資料庫(DB)	Microsoft Access 2003
網路卡	BCM5703 Gigabit Ethernet

本研究採用之網路流量量測軟體為 NetLimiter 2 Pro v.2.0.9.1，其特點可監控及累計每種軟體的網路流量，而且累計網路流量後，亦可將其歸零。不過在量測的過程中，時間上的控制則需要依靠作業系統的「日期和時間」程式，以監控每分鐘的網路流量。所以在量測網路流量時，必須在遠端以兩部電腦進行網路流量的量測，其中一部以作業系統之「遠端桌面連線」程式，連接至伺服器開啟 NetLimiter 及「日期和時間」應用程式，以進行計時與網路流量的監控；另一部則是連線同步視訊教學系統，以執行視訊串流的存取。在量測時，每執行一分鐘，會立即切斷視訊串流的存取，以取得串流連線個數的網路流量，而且每執行一次則刪掉一個串流檔案(減少一條串流連線)，並且將累計後的流量歸零。因此，可以取得每分鐘串流連線個數的網路流量，並計算出每秒鐘串流連線個數的網路流量。系統量測所得到的數據與統計結果，如表 3、圖 16 所示。

表 3 依視訊畫面品質所量測之每秒鐘串流連線個數的網路流量

單位:KBytes/sec(取小數點第 2 位,並 4 捨 5 入)

連線個數 視訊品質	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
160*120:15fps	24.5	48.9	73.7	93.8	100.9	127.7	151.4	169.8	194.3	219.4	242	269
160*120:30fps	25.2	49.3	73.8	95	103.6	129.8	153.9	174.2	198.9	225.7	249.6	276.6
320*240:15fps	26.6	52.8	78.4	108.5	119.4	145.3	173.6	199.2	226.5	253.3	280.9	303.6
320*240:30fps	26.7	52.7	77.6	108	118.1	145.4	172.8	199.3	227.5	253.9	285.3	307.3
640*480:15fps	29.3	61.1	90.5	124.6	140.4	170	200	235.4	272.7	298.9	329.2	371.1
640*480:30fps	31.9	71.5	105.1	145.1	157.3	192.4	221.4	264.2	307.3	341.3	373.1	404

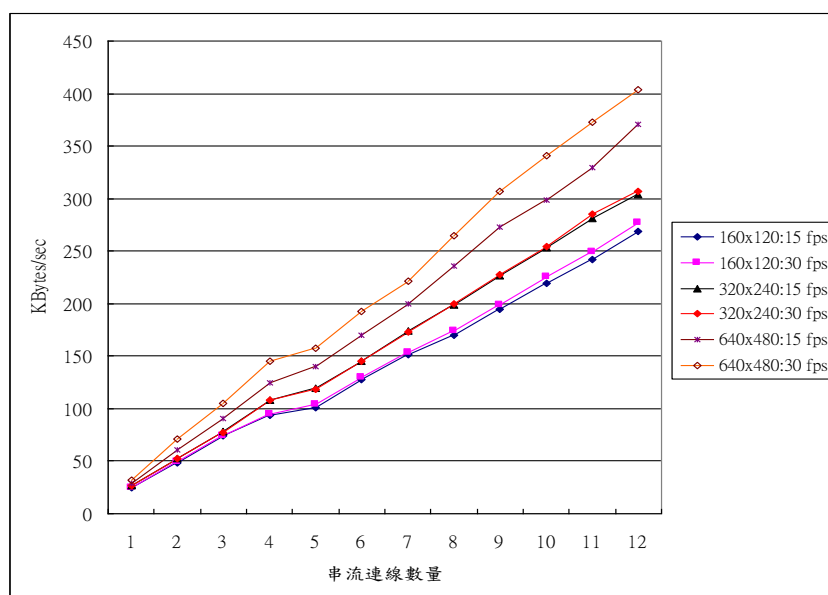


圖 16 六種不同視訊畫面品質，其每秒鐘串流連線個數的網路流量

表 4 六種不同視訊畫面品質，其視訊串流的網路平均流量

160*120:15fps	160*120:30fps	320*240:15fps	320*240:30fps	640*480:15fps	640*480:30fps
176 kbps	180 kbps	201.6 kbps	202.4 kbps	238.4 kbps	268 kbps

根據以上所量測的數據，當多人多方同步視訊教學系統的課程教材畫面以 SWF 檔案載入顯示時，每位使用者所需耗用的網路頻寬，如表 5 所示。表 5 所需耗用的網路頻寬，其計算方式即是以每種不同視訊畫面品質的網路平均流量乘以 12 所求得，例如每位使用者所設定的攝影機視訊畫面皆設定為 160×120:15fps，則其所需耗用的網路頻寬為 176 kbps×12=2112 Kbps，如公式(1)。其中 T 係指每位使用者所需花費的網路頻寬；S 則為不同視訊畫面品質及影格速率的串流平均流量；i 則表示串流的個數。

$$T = \sum_{i=1}^{12} S_i \text{ (Kbytes/sec)} = \left(\sum_{i=1}^{12} S_i \right) \times 8 \text{ (Kbits/sec)} \quad (1)$$

表 5 課程教材畫面以 SWF 檔案載入顯示時，每位使用者所需耗用的網路頻寬

同步視訊教學系統	所需耗用的網路頻寬
160×120:15fps stream traffic×12	2112.0
160×120:30fps stream traffic×12	2160.0
320×240:15fps stream traffic×12	2419.2
320×240:30fps stream traffic×12	2428.8
640×480:15fps stream traffic×12	2860.8
640×480:30fps stream traffic×12	3216.0

由表 5 得知每位參與同步視訊教學系統的使用者，若將攝影機的畫面品質設定為 160×120:15fps，則每位使用者所需耗用的網路頻寬最低，約為 2112.0 Kbps ÷ 2.06 Mbps。但是，若將攝影機的畫面品質設定為 640×480:30fps，則每位使用者所需耗用的網路頻寬最高，約為 3216.0 Kbps ÷ 3.14 Mbps。所以同步視訊教學系統的課程教材畫面以 SWF 檔案載入顯示的情況下，每

位使用者的視訊畫面品質設定為 160×120:15fps，可使視訊伺服器與使用者的網路頻寬耗用較低，而且使用者的網路頻寬為 ADSL 2Mbps /128Kbps 以上時，系統所顯示的視訊畫面，均可流暢的呈現。

以上即是同步視訊教學系統的課程教材畫面，以 SWF 檔案載入情況下，視訊伺服器與使用者網路頻寬耗用的情形。若是同步視訊教學系統的課程教材畫面，教學者改以視訊顯示，而且其視訊畫面品質要求較高(640×480 pixels)的情況下，每位使用者所需耗用的網路頻寬，如表 6 所示。其計算的方式如公式(2)所示，其中 T 係指每位使用者所需花費的網路頻寬；S

則為不同視訊解析度及影格速率的串流平均流量；i 則表示串流的個數；W 則為視訊教材串流的平均流量。

$$T = \sum_{i=1}^{12} S_i + W \text{ (Kbytes/sec)} = \left(\sum_{i=1}^{12} S_i + W \right) \times 8 \text{ (Kbits/sec)} \quad (2)$$

由表 6 得知同步視訊教學系統的課程教材畫面以 640×480:15fps 的視訊畫面品質顯示，同時每位使用者的視訊畫面品質皆設定為 160×120:15fps 的情況下，可使視訊伺服器與使用者的網路頻寬耗用較低。若使用者的網路頻寬為 ADSL 2Mbps /512Kbps 以上時，系統所顯示的視訊畫面，即可流暢的呈現。

表 6 課程教材畫面以視訊顯示時，每位使用者所需耗用的網路頻寬

同步視訊教學系統	所需耗用的網路頻寬
160×120:15fps stream traffic×12+640×480:15fps stream traffic	2350.4 Kbps
160×120:15fps stream traffic×12+640×480:30fps stream traffic	2380.0 Kbps
160×120:30fps stream traffic×12+640×480:15fps stream traffic	2398.4 Kbps
160×120:30fps stream traffic×12+640×480:30fps stream traffic	2428.0 Kbps

(二) 視訊影格速率對於網路流量的影響

由上一節的表 3 可發現 320×240:15fps 與 320×240:30fps 兩種視訊解析度，其視訊串流數量於 2、3、4、5、7 等五次量測，320×240:15fps 的視訊串流網路流量高於 320×240:30fps，乃是因為其轉換後之 FLV 視訊串流檔案較 320×240:30fps 大，尤其在 5 條視訊串流連接個數時，320×240:15fps 高於 320×240:30fps 的網路流量達到 1.3Kbytes/sec=10.4Kbps，究其原因主要在於第 5 個視訊串流檔案的視訊畫面變動率³較少(如圖 17)，以致於轉換為 320×240:15fps 的 FLV 視訊串流檔案較 320×240:30fps 來得大，網路流量亦相對的增大。此現象之所以發生，在於 On2 VP6

的壓縮編碼技術其支援動態補償(motion compensation)技術(On2 Technologies, Inc., 2004)與影格間的壓縮(inter-frame compression)技術，這兩種技術皆為時間壓縮(temporal compression)法。其中，動態補償即是記錄兩張視訊畫面內改變的像素與相關的動作變化，而影格間的壓縮其基本概念在於利用一個關鍵影格(key frame)以儲存整個畫面的資料，再以兩個關鍵影格間其畫面的一些差異，以剔除畫面中看起來相同的部份，因此可以大大減少視訊檔案儲存的資料量，所以在 320×240:30fps 解析度下，因為其每秒有 30 個影格(frame)，使得其影格之間畫面差異的預測更為精準；在此情形下，壓縮編碼技術只要處理兩個影格之間有差異的部分，視訊串流檔案因此而更為精簡。

³所謂畫面變動率係指某一影格與其下一個影格之間畫面變動的程度。

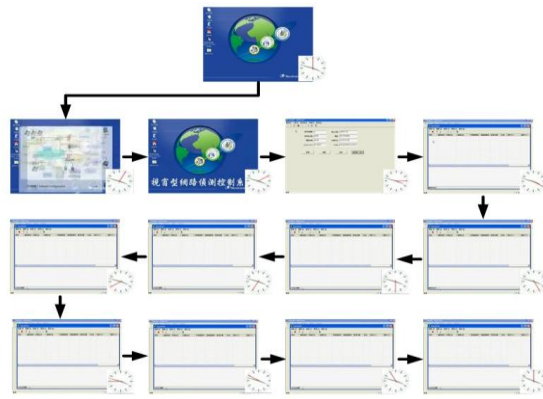


圖 17 第 5 個視訊串流檔案由 0 秒至 60 秒每隔 5 秒鐘視訊畫面變動之示意圖

此外，在 160×120 pixels 及 640×480 pixels 兩種解析度下，亦有此種現象發生，而且隨著解析度愈高，其轉換後之視訊串流檔案的差異愈大，如表 7 所示。雖然 160×120:15fps、320×240:15fps 及 640×480:15fps 的第 5 個視訊串流檔案，較 160×120:30fps、320×240:30fps 及 640×480:30fps 來得大，但是在網路流量量測時，只有 320×240:15fps 的網路流量大於 320×240:30fps 的情況發生，反而在 160×120:30fps 與 640×480:30fps 解析度的網路流量，皆分別大於 160×120:15fps 與 640×480:15fps，究其原因主要在於 160×120:30fps 與 640×480:30fps 其他視訊串流的網路流量，可分別抵消 160×120:15fps 與 640×480:15fps 第 5 條視訊串流所相差的網路流量，所以 160×120:30fps 與 640×480:30fps 每次網路流量的量測數據，始終大於 160×120:15fps 與 640×480:15fps。

表 7 在不同解析度與影格速率下，第 5 個視訊串流檔案(長度 9 分 13 秒) 的大小

影格速率 解析度	15 fps	30 fps
160×120 pixel	3675Kbytes	3487Kbytes
320×240 pixel	5414Kbytes	4561Kbytes

640×480 pixel	8132Kbytes	5405Kbytes
---------------	------------	------------

綜上所述，以 On2 VP6 作為視訊串流的壓縮編碼技術，在視訊畫面變動率少的情況下，表 7 所述之三種解析度，以 30 fps 的影格速率設定視訊串流，可使網路流量降低。此外，使用者在使用使用者系統時，其呈現個人視訊畫面的背景較為固定，所以視訊畫面的變動程度不致於太大，若視訊畫面的影格速率設定為 30 fps 將有助於網路流量的降低；至於課程教材的視訊畫面不僅較大，而且在力求清晰的原則下，其視訊畫面要求的品質自然較高，所以視訊教材畫面的解析度需設定為 640×480 pixels，而影格速率的設定則需要依據場景變動率的大小。若是場景變動小，影格速率設定 30 fps 較為適合；若是場影變化大，影格速率則設定 15 fps 較為適合，如此即可降低視訊伺服器與使用者網路頻寬的耗用，而且可間接提昇視訊伺服器運作的效率。

五、結論與未來展望

本研究藉由 RIA、數位學習、串流媒體技術、網路通訊協定技術、視訊伺服器、資料庫管理系統以及應用伺服器等各項相關技術的探討，已實作出一個完整的數位學習系統雛型，此系統不僅整合動態影音內容提供、即時影音互動以及後端資料傳輸服務，而且可跨越不同的系統平台，並且提供類似桌面軟體的操作環境，使學習者有更親和的使用體驗。是故本研究具體之研究成果如下所示：

- 嵌入串流媒體於 RIA 同步視訊教學系統與非同步視訊教學系統之隨選視訊應用程式，即可經由即時串流的方式，解決 HTTP 通訊協定 stateless 的缺點。
- 透過即時群播的互動學習方式，模擬傳統課室的學習情境，不僅突破空間限制，同時可增強師生教學的互動關係。

- 透過視訊教材隨選方式，可達成非同步之多媒體影音學習與回溯學習。
- 透過多媒體影音教學活動，可強化(reinforce)學習者主動與互動之學習精神。
- 經由系統量測的數據顯示，在320×240 pixels 解析度以下，其影格速率15fps與30fps的設定，對於視訊串流的網路流量，並不會有太大的影響；但是在640×480 pixels 解析度以上時，影格速率15fps與30fps的設定，對於網路流量，便有較明顯的差異。

此外，在系統量測的結果中發現，在視訊畫面變動率小的情況，以30 fps的影格速率設定視訊，有助於網路流量的降低；但是視訊畫面變動率究竟在多少的情況下，設定影格速率為30 fps，才能降低視訊的網路流量，此項議題值得進一步探討。因此，對於本研究未來的展望，冀能進一步規劃視訊畫面變動率與影格速率的關聯性研究，使得研究人員在開發此類系統時，不僅能考慮到視訊解析度與網路流量的關係，也能進一步考量視訊畫面變動率與影格速率的相關性，然後針對系統實際之需求，而設計出更具效率及強健性(robust)的RIA數位學習系統。

六、參考文獻

- [1] 陳偉、趙柏榕、林憲良、王曉慧，影音串流系統之研製與應用－以遠端視訊即時監控系統為例，2006 電子商務與數位生活研討會，2006。
- [2] 黃天賜，開發篇－開發 Web 2.0 豐富使用者體驗的新技術，iThome，2006，<http://www.ithome.com.tw/itadm/article.php?c=39987&s=6>。
- [3] 黃國安、楊家豪，串流媒體隨選系統應用在小學環境的可行性初探，「南大學報」第39卷第2期數理與科學類，pp.17-33，2005。
- [4] 馮寶坤、陳子鴻，數位影音串流寶典，初版，金禾資訊，2002。
- [5] 經濟部工業局，2003 數位內容產業年鑑，2004，http://www.digitalcontent.org.tw/files/top_3/1/3.1.pdf。
- [6] 劉聖路，Microsoft Windows Media Service 應用，Windows Server 2003 電子雜誌，2004，<http://www.msservermag.com.tw/win2003/article/M041203305.pdf>。
- [7] 顏金杪(Luar Yen)，Flash ActionScript 2.0 RIA 應用程式開發，上奇，2004。
- [8] Adobe, Flash Media Server Documentation, 2005, <http://www.adobe.com/support/documentation/en/flashmediaserver/>.
- [9] "Adobe Flash Player Penetration," Adobe Systems, 2007; www.adobe.com/products/player_census/flashplayer/penetration.html.
- [10] Apple QuickTime, <http://www.apple.com/quicktime/win.html>.
- [11] Josh, B. and Dylan, T., Designing Web Audio, O'REILLY, First Edition, 2001.
- [12] Macromedia, Managing Flash Communication Server (Macromedia Flash Communication Server MX 1.5), Second Edition, 2003.
- [13] On2 Technologies, Inc., WHITE PAPER "Advantages of TrueMotion VP6 Technology", February 17, 2004.
- [14] Real Networks, <http://www.realnetworks.com/>.
- [15] Stearn, B., "XULRunner: A New Approach for Developing Rich Internet Applications," *IEEE Internet Computing* Vol. 11, Issue 3, May-June pp. 67-73, 2007.
- [16] Tobias, K., Streaming Media, Technologies, Standards, Applications, John Wiley & Sons, 2003.