

應用於網路教學以 Web 為基礎之多媒體課程教材播放系統

Web-based Multimedia Courseware Presentation System for E-Learning

許政穆 黃仁竑 林意珍 陳九銘 黃吉清

國立中正大學資訊工程研究所

高速網路暨多媒體實驗室

Correspondence: hsujm@cs.ccu.edu.tw

Abstract

本論文主要設計一個以網頁為基礎的多媒體課程教材播放系統，稱為 Web-based Multimedia Course Presentation System，簡稱 WMCPs，並探討實作過程中所遭遇的多媒體同步問題。其原因在於網頁教材下載時間並非固定，會受限於不同網路狀況而有不同下載時間，因而導致多媒體課程教材難以同步播放，無法展現原有教材所要傳達的學習資訊。在此我們提出了 Virtual Clock 的同步機制來消弭網頁下載時間的不確定性所帶來困擾，讓學習者能在不同網路狀況下都能從多媒體網頁教材中獲得某一程度的完整學習內容。目前 WMCPs 已整合至中正大學的網路教學平臺上，提供老師與學生一個多樣化的網路學習教材，讓網路教學不再單調無趣。

關鍵詞：E-Learning、Multimedia Courseware、Multimedia Synchronization、Virtual Clock。

I. Introduction

隨著網際網路的快速發展，網路已成為現代人生活中不可缺少的一部份，因為它不僅可以消弭人與人間的通訊時空障礙，而且在這知識爆炸時代裡，網路同時也是最快速、最重要的知識散播媒體之一。因此當知識傳播不再受時空限制，也會使學習型態有著無限變化與應用，而網路教學便是基於此一特點而倍受重視。

通常透過網路媒體來教學的人，其課程教材大多以網頁方式來設計，所以學習者只要能上網，就能經由瀏覽器觀看教學者精心製作的網路課程教材。目前網路教材雖能在網路上讓人觀看學習，然而這些網頁的課程教材絕大多數還是以靜態網頁為主。然而靜態網頁對學習者來說，不算是很好的學習教材，因為學習

者容易因沒有變化的靜態網頁，覺得內容枯燥乏味，而影響網路學習成效。

以網頁為基礎的多媒體課程教材課程 (Web-based Multimedia Courseware) 即是在教學網頁上加入多媒體串流與老師對網路教材解說動作，讓教材不再只是單純靜態網頁，所以老師可藉由各種錄製裝置將課程解說過程完整記錄下來 [5,6,7]，包括上課影像、講解聲音、教材網頁、及在教學網頁上所做的一連串教學註記動作 (Annotation) [8]，如圈選課程重點部份、標示學習先後順序、甚至是插入補充說明圖片，之後再以多媒體串流 (Multimedia streaming) 技術來播放各種教材。而相關的多媒體串流，如教學影像串流 (Video Stream)、教學旁白串流 (Audio Stream)、與教材網頁上的註記串流 (Annotation Stream)，會藉著多媒體同步 (Multimedia Synchronization) 機制來控制各媒體的播放同步性。這樣學習者看到的整個教學過程就如同老師真正在上課般，所以有了多媒體串流來輔助課程網頁的解說，真的能夠幫助學習者更容易去瞭解課程含意、掌握學習重點。

為了讓網路學習者有更多樣化的學習內容，整合影音、多媒體的課程教材設計已是網路教學上不可抵擋的趨勢與潮流，因此我們設計了一套以網頁為基礎，並配合以多媒體串流播放的多媒體網頁課程教材播放系統稱為 Web-based Multimedia Courseware Presentation System，簡稱 WMCPs。我們設計 WMCPs 的目的就是要利用教學網頁與多媒體特性來吸引學習者注意力，使其學習注意力能夠跟著教學進度來前進，以達到強化整個網路教學的學習成效。

對於以網頁為基礎多媒體課程教材的製作，我們也設計了一套多媒體教材編輯系統，稱為 Web-based Multimedia Courseware Authoring System，簡稱 WMCAS。WMCAS 可以讓教學者將講解課程教材時的教學影像、教學旁白及在教材網頁上的教學註記都會

被錄製下來，並存成 XML/SMIL 格式[1,2,3]讓 WMCPs 來播放。不過本論文主要是探討 WMCPs 播放媒體課程教材時所遇到的同步問題。因此本論文不會對 WMCPs 多加詳述，在[5]中有進一步詳細的相關資訊介紹。

當 WMCPs 播放已錄製好的多媒體課程教材，因多媒體課程教材是以網頁為基礎的，所以在教材網頁上所做的註記動作及用來輔助解說的影像聲音，都必須等網頁教材下載完成後才能開始同步播放，這樣的播放課程教材才會有意義。然而網頁教材是放置於網路上，所以 WMCPs 下載網頁時間會隨不同網路情況、網路傳輸速度、硬體設備、瀏覽器設定等因素，使網頁下載時間變成一段無法預估的變動時間，這樣會造成播放的網頁教材下載時間與錄製的網頁教材下載時間不同，導致多媒體資料串流間發生播放時間偏差，使得多媒體資料流無法做到同步播放效果。因此在 WMCPs 的播放過程，就必須依實際網頁教材下載所花時間，來調整多媒體串流的播放時間與同步時間，以確保每一多媒體串流能符合原先設定的展示效果。對於此一同步問題我們提出一個虛擬時間同步(Virtual Clock Synchronization)方法來處理多媒體資料串流間的同步問題，同時也能用來解決網頁下載時間不確定所帶來的問題。

本論文主要是探討以網頁為基礎的多媒體課程教材播放時所遭遇的同步問題為主，而本論文的架構在第二節對播放多媒體網頁教材的同步問題有詳細描述，在第三節中將會對多媒體網頁教材的同步問題提出一個 Virtual Clock Synchronization 的方法解決，而在第四節裡，我們會介紹 WMCPs 的架構與實作，最後我們會做一結論與未來工作探討。

II. Synchronization Problems for Web-based Multimedia Courseware

為了強化網路教學的學習效用，現今網路教材大都已多媒體化[4,7,14]，而與以往靜態網頁教材的最大不同，在於多媒體網頁教材製作整合了各種多媒體串流來強化教材學習內容。但是有了多媒體串流後也使得教材播放就必須加入多媒體同步問題的處理，才會讓多媒體教材特性發揮極至。例如教師在教材上的註記動作沒有對應到正確的講解旁白，或是教學影像中教師的嘴形動作與聲音讓人感覺到有不對嘴，這些多媒體同步問題都會影響學習者對教材的理解而降低學習效果。

一個好的多媒體網頁教材播放系統播放多媒體課程教材時，必須能夠維持每個串流與

原本錄製網頁教材時的時間關係，因此播放多媒體網頁教材需要考慮到下列這兩層面的同步問題，分別是單一串流內同步問題(Intra-stream Synchronization)和不同串流間同步問題(Inter-stream Synchronization)[9,13]：

(1) 單一串流內的同步問題

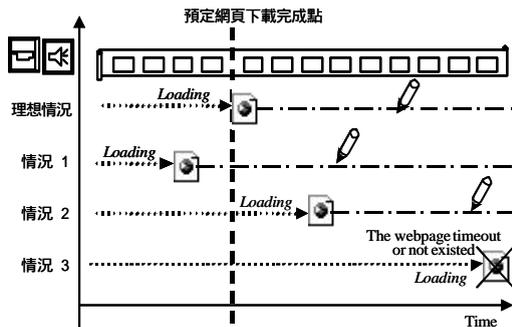
多媒體串流是由許多的媒體單元(Media Units)所組成，以影像串流為例，其媒體單元即為一張張的影像畫面(frame)，並依據錄製每秒張數的速率來持續播放，這種播放關係可視為串流內部的同步動作。雖然多媒體串流在錄製時就能記錄播放的時間關係。而我們在實作 WMCPs 時發現多媒體串流在播放一段時間後會有延遲的情形發生，尤其是在媒體單元播放間隔精確度較高的資料串流上最為明顯。其大部分原因是作業系統不支援即時程序所產生，而使用者的電腦運算能力也會影響此問題。

(2) 不同串流間的同步問題

在播放多媒體網頁教材時，會有許多因素影響到串流間的時間關係，像網路傳輸狀況的不確定性，使得欲播放的媒體單元無法事先準備完成。為了維持每個串流間的播放關係，則必須要與其它媒體串流來協調，並調整播放速率以達成多媒體的同步播放。而且在多媒體網頁教材上的同步播放問題裡，又以網頁下載時間的不確定性所造成的影響最大，而這部分的處理也將是我們設計 WMCPs 最主要重點。對於多媒體網頁教材播放時所遭遇到的各種串流同步問題如下所列：

a. 網頁下載時間問題

由於受網路學習者所在的網路頻寬、電腦運算能力等因素影響，多媒體網頁教材中的網頁下載時間是一段無法預期時間[6]，這樣會使網頁註記串流的播放時間比錄製時間來的快或慢，而產生媒體串流間歪斜(skew)現象，就如同圖一中所示。因此在理想播放情況下，所期待網頁下載時間應要與其錄製時的下載時間相同。因此當網頁下載較快，而影像聲音的播放相較於網頁註記的播放就會顯的變慢；反之網頁下載較慢時，網頁註記又會跟不上影像聲音的播放速度。而有時也會因網頁下載時間超過瀏覽器逾時處理的限度，或是下載網頁找不到，都會造成無法播放網頁教材內容，這樣學習者也就無法獲得完整的學習資訊。



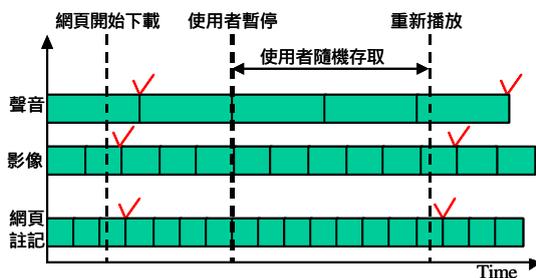
圖一、不可預期之網頁下載時間

b. 線上瀏覽問題

當學習者從網路上觀看多媒體網頁教材，有時會因頻寬不足與網路壅塞，而造成影像聲音的緩衝區不足而無法正常播放。為了解決此問題所造成的同步影響，就必須要決定是否降低播放品質以減少資料傳送量，或讓播放暫停以等待緩衝區接收足夠資料量後再恢復播放，這樣才能滿足先前預設的多媒體同步要求。而且此類問題通常以影像串流最容易發生，因為其所需頻寬跟其它資料串流都比都要來的多很多。

c. 媒體串流起始時間差異問題

通常多媒體網頁教材是由許多網頁段落 (Section) 所構成的，而我們的 WMCPs 也是以每一網頁的起始下載時間點當作每一播放段落的起始點，同樣其它影像聲音串流也會有起始播放點。由於每個串流的媒體單元大小與播放速率均不同，所以各自的起始時間點就有些許誤差存在。而這種情形同樣也會發生在隨機播放情況下 [11]，就如圖二中所示因各個串流起始時間不一致破壞了各串流間原先的時間關係。



圖二、各個串流間起始位置差異

d. 影音同步問題

多媒體網頁教材中的教學影像與旁白說明是分成兩個不同的資料串流來儲存，但在播放時必須使旁白聲音與教師嘴形同步，因此這兩者播放時間差必須要在一般人無法察覺的範圍之內才行 [10]。

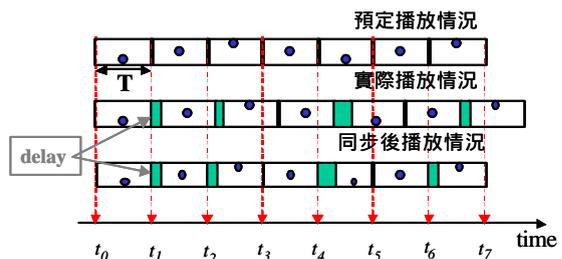
從上述探討得知在播放多媒體網頁教材時會有不同的同步問題存在，為了解決這些同步問題，我們提出一個稱為「虛擬時間同步方法」(Virtual Clock Synchronization) 來解決同步問題所帶來的影響。

III. Virtual Clock Synchronization

由於多媒體系統大部分都有支援同時播放多個媒體串流的功能，通常播放的媒體之間會有一定程度的時域關係(temporal and special relation)[13]。所以製作多媒體系統必會遭遇到如何讓媒體串流能依預定的時域關係作同步播放問題，因此須藉著一些同步機制來矯正播放多媒體所產生時間漂移現象(Time Drift)。

一般多媒體串流特色就是會依據播放時間不同而呈現出不同資訊內容，所以媒體串流很重視媒體播放時間的精確度，也就是說每個媒體播放單元都必須遵守其原先預定的播放時間來播放。然而在大部分的作業系統中其時間值會因系統的內外因素造成時間漂移現象，所以在播放媒體串流時會有與原本預定播放時間不準確的情況發生，進而影響到媒體呈現效果。舉例來說，圖三中為播放一段皮球跳動的影片，原本預定播放每張畫面時間為 T_D ，假設因系統時間發生漂移而造成該畫面實際播放時間為 T_R ，若 T_R 值大於 T_D 值，則影片的延遲時間為 $t = T_R - T_D$ ，反之如果 T_R 值小於 T_D 值，則影片則提早了 t 就播放了，不管是播放時間延遲或提早都將造成播放時間精確度不準的情況發生。

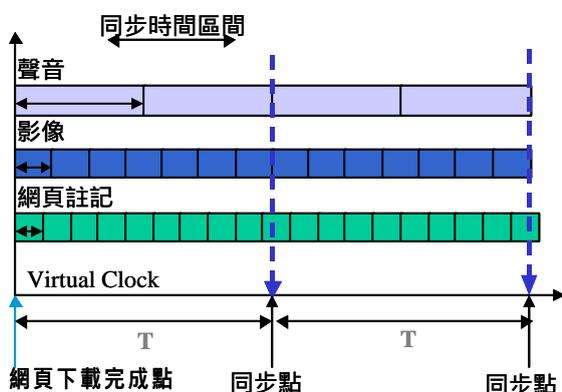
為了解決上述問題，我們使用消減累計時間差方法將播放時間不準情況加以調整，其基本概念就是將前一次播放所造成的延遲或提早時間交由這次播放動作來彌補。換句話說就是利用調整這次播放時間間隔，以減少上次播放所造成偏移時間的影響。以上述播放影片例子來說，假設前一次播放造成偏移時間為 t ，此次播放時間間隔就必須變更為 $T_D - t$ ，如此便能調整上次播放所造成的偏移時間，讓多媒體系統能精確地依照原本預定時間來播放。



圖三、Intra-Synchronization 修正方法

由於消減累計時間差的方法只能解決單一媒體串流播放時間精確度的問題，並無法保證多個媒體間的播放動作也能依其預定時間關係來播放。因此我們使用了虛擬時間同步機制(Virtual Clock Synchronization)來解決不同媒體間播放同步問題。Virtual Clock Synchronization主要是提供一個虛擬時間基準(Virtual Clock)給播放中的媒體串流作為同步的依據，使播放中的媒體串流能根據相同時間基準來做同步，這樣便能確保不同媒體串流間能依照原本的時間關係來播放。

在 Virtual Clock Synchronization 中有一個必須考慮的重點就是同步點配置的問題，Virtual Clock 雖然提供了共同的時間基準，但卻不會主動要求媒體串流與自己作同步處理，所以我們必須給媒體串流一些額外的同步資訊，來通知播放中的媒體串流必須和目前 Virtual Clock 作時間校準動作。而且同步點間的時間間隔將大小也直接影響同步播放的準確度，雖然縮短時間間隔可以提高播放準確度，但相對也增加播放系統的負擔，所以同步點的配置必須是根據多媒體系統需求的不同來選擇合適的同步點時間間隔。在我們的 WMCPS 系統中，同步點的配置方式是在教材網頁起始下載後每隔一段時間加入一個同步點。主要原因在於 WMCPS 是依據每個網頁起始下載點當作分段點，所以當其他媒體串流播放到此分段點時，媒體串流就會被設定新的起始時間及播放區間並重新調整播放動作。換句話說，當播放到分段點時，媒體串流會先停止先前的播放動作，然後依新的起始時間與播放區間播放下一段媒體資料，這時各媒體串流同時也會作一次同步處理，就如圖四中所示的。因此利用上述兩種多媒體同步方式便能確保在 WMCPS 系統在播放多媒體網頁教材其媒體串流能依照預期的展現效果來呈現。

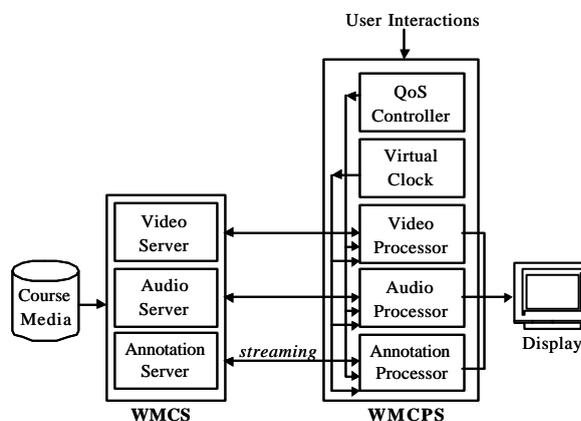


圖四、Virtual Clock Synchronization

IV. Implementation of WMCPS

對於多媒體網頁教材的編製與播放，我們共有兩套系統：WMCAS 用來錄製整個多媒體教學課程以及 WMCPS 用來播放 WMCAS 錄製的多媒體網頁課程教材。在 WMCAS 中，我們會以影像擷取、聲音錄製等裝置分別將教學者影像、旁白錄製成教學影像串流與教學旁白串流，並且將教學者在切換教材網頁以及教材網頁上做的註記動作(包括滑鼠移動、圈選重點、載入補充圖片、電子白板的輔助說明、標示學習先後順序等註記)，並以 XML/SMIL 格式將這些註記動作與各媒體間的資訊關係儲存起來。而 WMCPS 利用多媒體同步與 Virtual Clock 機制播放出以 WMCAS 錄製的多媒體網頁教材，而重現整個教學經過。除此之外，WMCPS 也提供暫停播放、停止播放等的 VCR-Like 功能，以供學習者能調整自己所需的學習點來反覆播放觀看。

圖五為我們實作 WMCPS 系統架構圖，其中 WMCS (Web-based Multimedia Courseware Server) 是由提供各媒體教材的伺服器所組成。因此教學者可將以 WMCAS 錄製好的多媒體網頁教材資料儲存於 WMCS 中，而學習者只要使用 WMCPS 連上 WMCS 後，便可將多媒體網頁課程資料以串流形式傳送至 WMCPS 來播放。



圖五、WMCPS 系統架構圖

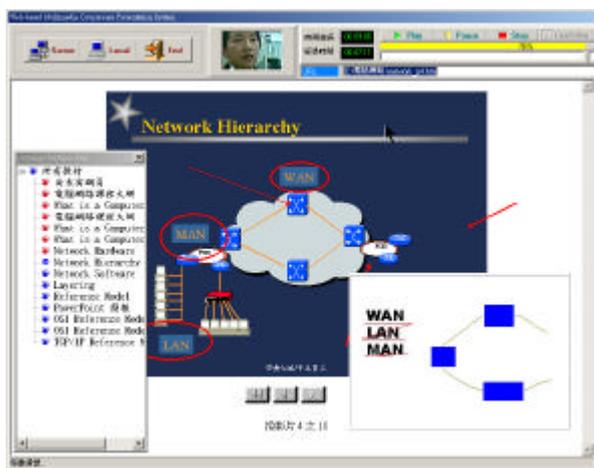
由於多媒體串流在網路傳送過程中多少會受所處網路環境所影響，如果發生網路壅塞或是學習者上網得頻寬不足時，WMCPS 可能會因媒體資料無法順利送達導致無法順利進行播放[12]。因此在 WMCPS 中設計出一個 QoS Controller 來解決此問題。QoS Controller 會針對目前媒體串流(如教學影像串流、教學旁白串流)封包接收情況來決定往後的播放品質，並將此決定回饋(Feedback)給 WMCS，讓 WMCS 能依目前網路狀況傳送最合適的媒體內容，並以動態方式調整播放品質使整個播放

過程較為平順，這樣學習者也能獲得較充足的學習內容。

對學習者在觀看多媒體網頁教材課程時，教學旁白串流重要性往往遠大於教學影像串流。當網路狀況無法滿足目前播放需求時，QoS Controller 就會先將教學影像串流品質降低一個等級，以減低傳輸負荷與頻寬需求。如果教學影像串流的播放品質已被降到零還無法達到一定的播放流暢度，便會開始降低教學旁白串流品質。反之，網路恢復通暢後 QoS Controller 會自動提昇教材的播放品質。藉著 QoS Controller 可彈性調整播放品質，讓整個教學播放過程更能依目前網路狀況來調整，以達到最佳的播放狀況。然而 QoS Controller 能有如此彈性，全仰賴各媒體資料串流是以分流方式錄製，否則當網路壅塞或網頻寬不足情況發生時，媒體資料串流可能會被完全犧牲掉。

另外從圖五中可以看到每個多媒體串流都有自己的 Media Processor，而 Media Processor 最主要工作就是負責單一串流的同步處理。其是利用消減累積時間差方法來解決單一串流同步問題，使得每一媒體單元皆能在其預定的時間內做播放。而 Virtual Clock 就像整個系統的同步裝置，它提供給 Media Processor 同步基準點的時間資訊，使每一 Media Processor 皆能依照 Virtual Clock 來調整目前的播放進度，讓媒體播放內容與 Virtual Clock 的時間點相同，藉此來達到多媒體串流間的不同步處理。

圖六為 WMCPS 系統實作畫面，學習者可從 WMCPS 中觀看網頁化教材，並從中獲得教授者對教材的解說旁白、教學肢體語言、與教材上的教學指引。而圖六中的左下角可以看到一個學習指引表(Learning Guideline Map)，學習者也可透過點選方式直接跳到欲學習進度點來學習，而此種設計可以讓學習者能有較佳的學習指引以利學習進行。



圖六、WMCPS 系統實作畫面

V. Conclusion and Future Work

本論文我們介紹了多媒體網頁課程教材播放系統(WMCPS)的設計理念，並對 WMCPS 在實作過程中所遭遇的多媒體同步問題，分別作詳細探討與提出解決方法。對於因作業系統本身時間漂移所造成的多媒體串流內部同步偏差問題，我們設計了 Media Processor 以消減累積時間差方法來完成媒體串流的內部同步。至於因課程網頁下載時間不確定所造成多媒體串流間同步問題，則以 Virtual Clock Synchronization 來解決。透過 Virtual Clock 所提供的同步基準點，讓多媒體串流間能依此基準點來做同步播放；而在網路變動的環境下傳送多媒體資料串流，則以 QoS Controller 來作動態調整媒體串流的播放品質，以達到最佳的播放效果。

對於多媒體課程教材，雖有多媒體網頁課程教材錄製系統(WMCAS)與多媒體網頁課程教材播放系統(WMCPS)。但美中不足的是缺少了課程教材後製工具，以提供給教學者能夠剪輯、續錄、或再編輯功能來修飾已錄製的教學課程，讓整個教學課程更能完美的表達出教學意境。

除此之外，目前 WMCPS 只支援播放單一影像串流與單一語音串流，對善用多媒體方式上課的教學者而言是不夠的。因為教學者可能會想再用其他聲音串流或示範影片來輔助教學，所以 WMCPS 未來也考慮提供更強大的編輯播放功能，如支援多聲音串流的混音或同時播放多影像串流的能力，讓教學者能以更豐富、多樣化、有彈性的方式來設計教學課程。

VI. References

- [1] Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL2.0) Specification, W3C Recommendation, 2001, available at <http://w3c.org/TR/smil20/>.
- [2] Y. Terashima, K. Yasumoto, T. Higashino, K. Abe, T. Matsuura, and K. Taniguchi, "Integration of QoS guarantees into SMIL and its flexible implementation," in Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Quality of Service Workshop, 2000, pp.164 -166.
- [3] Y. Terashima, K. Yasumoto, T. Higashino, K. Abe, T. Matsuura, and K. Taniguchi, "Extension of SMIL with QoS control and its implementation," in Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2000, pp. 1683 -1686.

- [4] H. Y. Ying, "Web-based Multimedia Courseware Authoring System," Master Thesis, Department of Computer Science and Information Engineering, National Chung Cheng University, Chia-Yi, June 2001.
- [5] Y. Aoki, F. Ando, and A. Nakajima, "Web operation recorder and player," in Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Parallel and Distributed Systems, 2000, pp.501 -508.
- [6] C. R. Sastry, D. P. Lewis, and A. Pizano, "Webtour: a system to record and playback dynamic multimedia annotations on web document content," in Proceedings of the 7th ACM international conference on Multimedia, 1999, pp.175 - 178.
- [7] Chen H. Y. Chen, G. Y. Chen and J. S. Hong, "Design of a Web-based Synchronized multimedia lecture system for distance education," in Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems, Vol.2,1999, pp.887 -891.
- [8] S. Koch and G. Schneider, "Implementation of an annotation service on the WWW-Virtual Notes," in Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Parallel and Distributed Euromicro Workshop 2000.,1999,pp.92 -98.
- [9] C. C. Yang, "User-interaction supported data-retrieving engine for distributed multimedia presentations," in Proceedings of IEEE International Conference on Communications, 2001, pp.3244 -3250.
- [10] I. Kouvelas, V. Hardman, and A. Watson, "Lip Synchronization for use over the Internet: Analysis and Implementation," in Proceedings of IEEE GLOBECOM, 1996.
- [11] C. M. Huang and C. Wang, "Synchronization for interactive multimedia presentations," IEEE Multimedia, Vol.5, 1998, pp.44 -62.
- [12] M. Claypool and J. Tanner, "The effects of jitter on the perceptual quality of video," in Proceedings of the seventh ACM international conference on Multimedia, 1999, pp.115 -118.
- [13] G. Blakowski and R. Steinmetz, "A Media Synchronization Survey: Reference Model, Specification, and Case Studies," IEEE Journal On Selected. Areas in Communications, Jan. 1996.
- [14] N. S. Chen and Y. C. Shih, "Stream-based lecturing system and its instructional design," in Proceedings of IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2001, pp. 94-95.