

結合線上互動與離線自我學習之遠距教學系統

The On-line Interactive and Off-line Self Learning Distance Learning System

楊政遠 李昱賢 曾黎明*

Zeng-Yuan Yang Li-Shen Lee Li-Ming Tseng

國立中央大學資訊工程研究所
 Department of Computer Science and Information Engineering
 National Central University, ChungLi, Taiwan, R.O.C
 {zyz, colin}@dslab.csie.ncu.edu.tw

摘要

電腦網路遠距教學之所以優於傳統遠距教學在於其提供非特定時地的群組關係與高度互動的能力。今日多數電腦網路遠距教學系統，雖然在教學的情境共用已經滿足一般的需求，但因網路頻寬不足、成本過高等限制，難以在廣域網路上普遍實施；因此本系統提出新的遠距教學通訊模型—鬆耦合同步遠程執行及預先分散配置課程資訊等階層式通訊機制，來解決上述難以兼顧情境共用與頻寬有限的問題。此外，我們亦認知課後複習也是學習過程中的重要一環，因此本系統提供課程錄製與播放功能，學生得以錄製整個課程內容，以供課後複習與缺席者使用。文中將說明系統架構及各項組成，並介紹實作之 DSLAB Teach 系統的現狀；此模型因使用高階訊息遠程執行故能大幅降低網路頻寬的需求，特別適用於電腦使用課程的遠距教學活動上。

關鍵字：遠距教學，事件驅動，遠端執行

Abstract

Most of computer based distance learning systems provide hearing and visual context sharing via live video transmission that lead to high cost and heavy network load. The economic consideration and network bandwidth prevent these systems from wide area network prevalently. In this paper, we propose new distance learning communication model -- "event driven, loosely coupled synchronous remote execution" to reduce network communication cost. By deploying teaching material beforehand and hierarchic event relay agent, we can apply this system over wide area network. Besides, we acknowledge review after class is importance part of learning activity. Therefore, we implement event recorder to record lesson activity during class. We also illustrate the system architecture and introduce the current state of system named "DSLAB Teach."

一. 導 論

遠距學習 (Distance Learning) 或遠距教育 (Distance Education) 的特色為學習者可以與教師在不同的地點經由間斷的溝通管道 (如印刷、通信、廣播或它種形式) 進行學習活動，其形式從百年前的書信函授、本世紀初的無線電廣播到 50 年代起的電視廣播教學，這些遠距教學模式最大的缺點為缺乏方便的師生雙向溝通管道，即使今日運用電話、傳真、電子郵件 (E-mail)、電子布告欄 (BBS) 等設備亦無法提供即時的互動 [Sherry94]。近日，由於電腦網路的快速普及，利用電腦網路進行遠距學習，漸有取代傳統遠距教育的趨勢。電腦網路遠距教學提供群組關係 (group membership) 與高度互動 (interaction) 的能力，群組關係模擬出一般教室之共用情境 (context sharing)，而互動能力提供了高度的參與感，大幅地提高學習興趣與效果，彌補了傳統遠距教學之不足 [Hiltz93] [Inkpen94] [Moshell94]。

審視今日諸多電腦網路之即時互動教學系統 [Juell94a] [McCann94] [Little95] [Tobagi95] [Maly97]，我們發現這些實驗性系統不是侷限在小地理區域 (如同一教室)，就是面臨通訊成本高昂而無法普遍的問題。其原因在於遠距教學中情境共享的營造，不論是影像、聲音的傳送亦或是畫面的共享，皆需要大量的網路頻寬與特殊考慮的通訊協定，這些因素導致電腦輔助教學系統，無法在遠距低頻寬的廣域網路上使用，因而限制其使用場合與使用彈性。

針對這些限制，本文提出一個適用於遠距、低頻寬網路環境的遠距教學系統，並提供適當的上課流程控制與自我學習系統。在第二節中，我們對情境共享與遠距教學系統加以分類，並加以討論。第三節描

地點	時間	相同	不同
相同		傳統學習模型；傳統之學校教學。	交替學習模型；罕見的情況；因身分認證 (如考試)、珍貴教材、昂貴設備等考慮，因之必須輪替使用。
不同		虛擬教室模型；遠距教學的一般情況，運用網路將感官資訊加以散布，營造出一致的學習情境，以利遠距教學的進行。 [Juell94a] [McCann94] [Little95] [Maly97]	自我學習模型；學習者自行透過電腦網路擷取教材，及透過資訊交換系統 (如 E-mail, bullet board, WWW) 交換討論。 [Dimitri] [Juell94b]

表格一

述本系統的設計與架構，第四節則闡述 DSLAB Teach 系統的實作，最後我們將討論未來發展方向與結論。

二. 情境共享與遠距教學

2.1 情境共享之時空要素

情境可依時間(time)、地點(place)兩相正交的次元(dimension)分成四種獨立的時空情境[Grudin94]；其中相同時間、相同空間為真實之情境(real context)，而其他三類則統稱為虛擬情境(virtual context)，因情境時空背景的不同，在教學環境上亦會對應到不同的教學模型，分別如表格一所示。其中唯有虛擬教室模型能在虛擬的情境下提供即時的互動能力，故其為受到普遍重視的遠距教學模型[Hiltz93]，我們在 2.2 節將對此模型再加以討論。而自我學習模型則是學生自行取得研讀教材，再透過資訊交換的方式，和其他學生或老師進行討論，此模型類似本文所實作的自我學習系統。

2.2 虛擬教室模型之分類

虛擬教室模型目前幾已成遠距教學的主流，因為其能夠充分利用電腦網路即時傳送感官資訊的特性，克服空間上的距離模擬出相同的感官背景。然而虛擬教室因課程的特性、硬體設備的成本與課程參與人數等因素，而有不同的形態。在[Szyperski93]

的報告中對多人互動多媒體程式依其特性加以分類，其中並無可以直接適用於虛擬教室模型，故我們參照其分類標準並加以擴充運用於遠距教學之虛擬教室模型上，並將之分列如表格二：

2.3 遠距教學之感官資訊

而對遠距教學有助益的感官資訊可分成影像(video)、聲音(audio)、螢幕工作區域(workspace)等三大範疇[Schooler96]，而螢幕工作區域又可細分成圖像(graphic)、文字/文件(text/document)兩類，所以我們將感官資訊分成四類。因這四類媒體的本質對感官的刺激有所不同，其對遠距教學的有效性(effective)、效率性(efficient)、成本/效能(cost/performance)有著不同的貢獻與限制。所以我們將其有效性、媒體本質、必要性、網路成本等分別列表討論之(表格三)。

2.4 感官資訊之共享法則

在遠距教學系統中，影像與聲音的共享需要特殊的硬體，如攝影機、影像擷取卡、音效卡、麥克風、喇叭等。圖像與文字的共享，通常借用特殊設計的群組合作系統(CSCW)來達成，CSCW 大致可分成兩種：Cooperation-aware 與 Cooperation-unaware。Cooperation-aware 需要重新設計新的多人使用應用程式，其缺點在所有欲共享的軟體皆須重新發展；而

形態	多媒體教室形態	研討會形態	個人電腦形態
參加點數	<10 ¹	<10 ²	>10 ²
每點人數	10 ²	10 ¹	10 ⁰
特性	運用高速網路使不同教室能共享相同的上課情境與教學資源，須在有特定設備的地點進行	運用視訊會議技術，讓相同興趣的數個小組，得以共用一個討論情境	透過撥接或其它低階網路，提供即時的師生互動，與學習者間的相互討論
適用對像	一般性教學	專業科目及小組討論	在職進修與基本教學
代表性地點	多媒體教學教室	實驗室	辦公室、家庭
設備	特殊的硬體需求，如攝影機、電視牆、影像多工器等。	一般視訊會議設備的個人電腦或高階工作站	基本多媒體設備的網路電腦
頻寬需求	高頻寬	中速網路	中速頻寬主幹、低頻寬周邊網路

表格二

	Video	Audio	Graphics	Text/Doc
感官刺激(對教學之潛在有效性)	強烈；因而可以提升注意力，相對提高遠距學習的效果。	強；搭配 Video 更可大幅地刺激參與者的感官，提升其注意力。	可；通常會與 audio 配合以利講解。	弱；特別是純文字(plain text)文件。
必要性	可以視教學的內容與環境情況而省略，或降低影像品質。	必要	極必要；基本需求。	極必要；基本需求。
網路頻寬	高 (M bit/s)	中 (10 ¹ K bit/s)	低 (K bit/s)	極低 (bit/s)
媒體特性與傳輸要求	即時；利用人眼視覺暫留的特性，所以接續的畫面必須在適當的時間送抵每一個參與者。	即時；極短暫而極低頻率的資訊遺失，因言語的連貫性，並不會造成太大的困擾。	可靠；不論是對映還是向量圖像，過度的資料遺失，足以造成資訊的失真。	可靠；文字資訊片段的遺失與次序的混亂，足以造成資訊的大幅失真。

表格三

Cooperation-unaware 又可稱為 shared window system[Thomas95]，它最主要的功能是提供基礎的視窗共享機制，使原來為單人設計的軟體不需要加以任何的修改，就可以達到程式視窗共享的效果。

2.5 遠距教學系統之基本要件

為使遠距教學活動得以順利進行，一個遠距教學系統必須具備有下列的要件，分述如下：

Media Transport：將感官媒體資訊，依其媒體的特性，以適當的方式傳送到目的端。如文字與向量圖形的傳送，因其資料傳輸量少且強調其完全的正確性與次序性，所以 TCP[RFC]非常適用；而影像與聲音的傳送因其傳輸量大並著重於即時特性的保持，所以 IP Multicast 之 RTP[RFC1889]協定是廣為接受的選擇。其中 Hongyi Li 對多媒體之 Multicast Protocol 做了很好的綜覽[Hongyi95]。

Session Control：一個課程的進行，我們稱之為一個 session，session control 的責任在於公告課程與其它相關網路資訊，如網路位址、時間、網路協定、使用軟體等，並保留適當的網路資源；在課程進行中追蹤參與者的狀態，並保證課程的進行不被干擾、中斷。Session Control Protocol 中較為知名的為 SDP[SDP]。

Floor Control：隨著課程的進行，課程的主導權必須做適當的控制與轉換，以確保課程順利進行；在教學時，只有教師能有發言權；指定發言時，發言權必須轉移到適當的學生端；而在討論時，發言權則不做任何控制。Floor control 通常會與 session control 密切合作以達成此任務。

Concurrent Control：為了共享相同的虛擬教室情境，我們希望在適當的代價下保持各個參與者的虛擬情境是一致的。在廣域網路上特定媒體(如影像)的嚴格一致性的維持，代價高昂，所以我們必須視不同的教學目的與媒體提供不同程度的一致性控制。並為特定的發言權控制狀態(如自由討論)，提供適當的共時(concurrent)性控制，以避免一致性被破壞。

Application Sharing：為表現文字與圖像的共享，我們利用 shared window system 讓現有的應用程式得以不須修改就即可使用。

2.5 系統目標

經由上述的分析，我們可知遠距教學會因不同感官媒體、情境共享模型、參與者的人數、使用的場合、對象、網路設備而有完全不同的考量。在此我們希望提供一種低成本、低傳輸頻寬需求、廣域網路適用、可以普遍實施的遠距教學系統。所以我們選擇了最具彈性的個人電腦形態的虛擬教室模型為設計的基礎，為了低頻寬的考慮故捨去了影像動畫的情境共享，我們相信在大數的情況下，為了能

在廣大的地域上使用，犧牲影像動畫情境共享的代價是值得的。為了能夠善加利用目前多樣的應用程式，我們選擇以 cooperation-unaware 的方式，來達成文字圖像的應用程式共享。最後為了供課後複習與缺席者使用，我們亦需要提供課程錄製與播放功能。

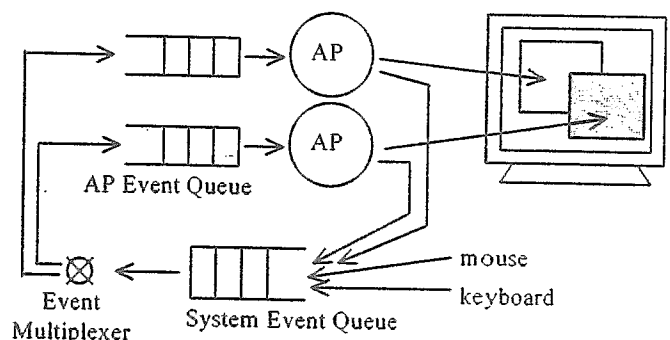
三. 系統設計與架構

3.1 單一執行與多份執行

共享視窗系統的設計策略中，可分為單一執行與多份執行兩種[Thomas95]。單一執行即應用程式只在一台機器上執行，而其他的參與者的影像輸出皆為此份程式執行結果的複製影像(replicated image)；而多份執行則是每個參與者皆執行同一份程式，經由輸入事件的複製與導向，使每一份執行程式皆有相同的輸出與執行狀態，因而達成應用程式共享的目的。單一執行的最大好處就是因其輸入被序列化(serialize)，故沒有一致性的問題，但是其參與者數目的擴充性有限；而多份執行的好處則是來自於它只需要極少的網路流量，因為只有輸入事件會在網路上傳遞，而這些輸入事件通常只是一個簡單的訊息，比如說按下了一個按鈕或是在某個位置畫了一個圓，只需要少量的資料來代表，所以在網路上傳遞的資料自然也就相對的很少。兩種方法都有其優缺點，但是我們的設計強調於低傳輸頻寬需求、廣域網路使用，所以比較注重的是在網路流量的考量上面，因此採用多份執行的方法。

3.2 事件驅動(event driven)與遠端執行(remote execution)

今日的視窗作業環境多為 object based 的系統，其內部之運作係以事件(event)來驅動其應用程式，稱之為事件驅動(event driven)模型；系統內有兩種佇列(queue)用來緩衝事件：一為系統佇列(system event queue)，一為應用程式佇列(application event queue)；系統佇列只有一個，用以緩衝 mouse、keyboard 或其他 AP 所產生的 event，這些被緩衝的事件再經由事件多工器(event multiplexer)將事件轉送到各個應用程式所配有的佇列，每個應用程式再依其預先所設定之事件處理函式(event handler)，對不同的事件做不同的處理，並將其結果顯現在標的周邊設備上。一般的 object based 視窗系統之事件處理流程如圖一所示。

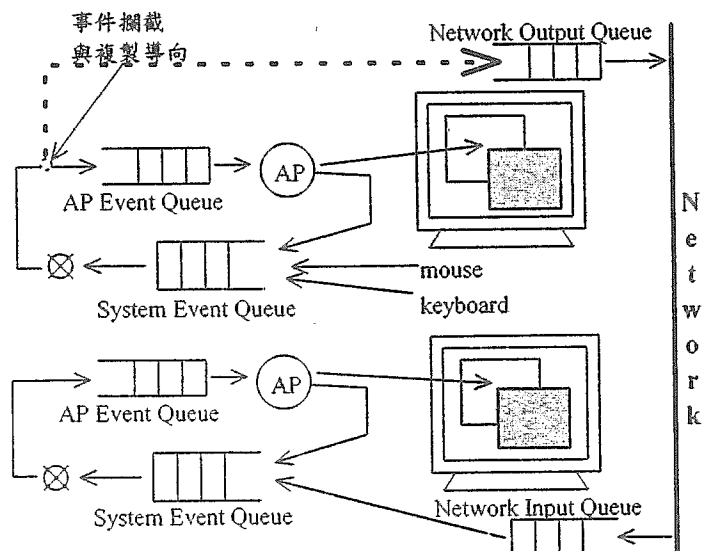


圖一

應用程式為有限狀態機(Finite State Machine, FSM)的延伸，因不同的外界事件刺激，而改變內部的狀態(internal state)；如果兩個 FSM 經過同步的程式，使內部狀態一致後，接受相同的外界事件刺激，經有限的時間演遞後，兩個 FSM 之內部狀態終將一致[Ullman79]；所以兩個應用程式開始執行後就同時接受相同的事件刺激，兩個程式之演遞過程將一致，如果兩個程式分別在條件相當的機器上執行，幾乎在同一時間內我們將看到同步執行的效果，達成 Graphic、Text、Document 等三種感官媒體的情境共享。如果我們能將教師端的事件透過網路在有限的時間內送達所有學生端並執行之，則我們將能保證，所有的學生都能在有限的時間差內達到 Graphic、Text、Document 等三種媒體的情境一致，滿足遠距教學之虛擬教室模型的需求。

本模型最大的特色為極低的網路頻寬需求，因其傳遞的資訊不再是對映的影像圖形(bitmap image)，而是簡短的事件訊息，每一個事件所需傳遞的資訊不超過 10^2 位元組，所以適合於廣域網路的傳輸，再經由預先設定的事件中繼站(event relay)的轉送(詳見 3.4 節 系統通訊架構)，此通訊模型可以輕易的讓百個分散在各地的學習者經由低速、低階的網路連結，達成遠距學習的任務。

圖二即為“同步遠程執行通訊模型”之示意圖，網底部份即為事件的發生端(教師端)，並在 AP Event Queue 前攔截所有共享 AP 的事件，加以複製並透過網路轉送到其他事件接收端(學生端)，並將事件送入其對應的 AP Event Queue 中，並加以執行之。如此我們能夠預期，在有限的時間差內，所有加入群組的網路節點都會有相同的畫面，進而達成 Graphics、Text、Document 之情境共享。



圖二

與我們同時，同樣以事件驅動來達成應用程式共享的研究有 HP 實驗室在 X-Window 系統上之 RES-AP 架構[Hao96]，此架構的主要動機亦是感於一般集中式之視窗共享系統(centralized share window system)，須將程式的輸出複製到其他群體成員的視窗上，造成大量的網路資料傳輸，特別是在 3D CAD/CAM 群體合作設計時大量的高解析度圖形傳遞，即使是高速的區域網路其系統的延遲依然令人無法忍受，所以 RES-AP 採用事件驅動多端執行(event driven replicated execution)的方式，以增加其整體系統效能，其系統的理论基礎與我們的同步遠端執行是一致的，只是其目的在於降低反應時間，而我們在於大範圍的廣域網路使用。

3.3 遠程執行模型的限制

因遠程同步執行模型屬於共享視窗系統中之“多份執行”，故本模型亦繼承了“多份執行”的限制：

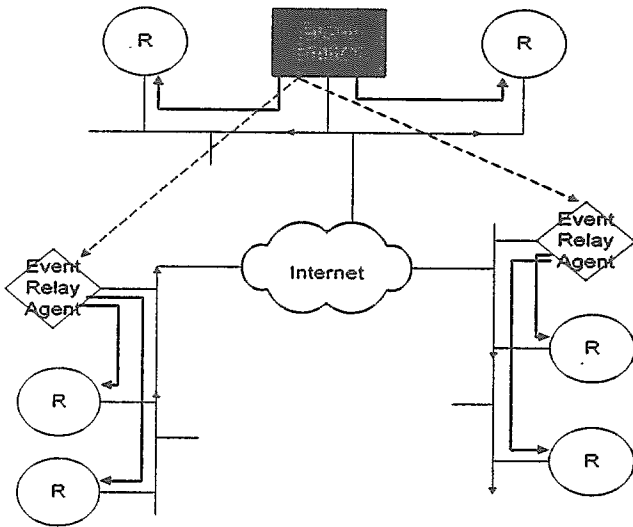
- (1). 所有節點(node)皆須有相同執行環境的 AP，諸如相同的周邊設定檔案、執行變數設定等；
- (2). 一個遠距教學 session 開始前，其情境共享 AP 的必須進行同步作業，將所有節點的 AP 的內部狀態同步至同一個狀態，以確保接受相同的外界事件刺激後，經有限的時間的演遞，所有的 AP 都經過相同的內部狀態遞變，最後達成一致的內部狀態。

3.4 階層式通訊架構

雖然本模型的通訊傳輸為事件(event)，但為了 scalability 的考慮，如果由事件發生端(event emitter)、逐一的和數百個分散在廣大區域的事件接收端(event receiver)建立可靠性連線(如 TCP)，則事件發生端終究會成為系統的瓶頸，而限制了參與節點的數目；所以我們採用階層式的通訊架構，以紓解事件發生端的負擔。

首先事件發生端只需與各地區預先設定的事件中繼站(event relay)進行點對點的通信，event relay 再將 event 轉送到當地所有的事件接收器；event relay 亦可將 event 再轉送給下一層的事件 relay，如此不斷的遞迴(recursive)下去。基本上，為了降低系統複雜度與縮短同步執行的時間差的考量，我們並不期望其階層過深。

在此所謂的“地區”，我們希望是有支援 data link multicast 能力的 LAN 所涵蓋的地區，multicast 能有效降低網路頻寬需求，提升整個系統的可擴充性，但其本質並不提供可靠的傳輸，根據我們在第二節的分析，event relay 只使用 IP multicast 傳送聲音資料，其他 mouse、keyboard 的事件還是用 TCP 傳送到每一個接收者。



圖三

3.5 自我學習系統

自我學習系統係讓學生錄下教師上課過程，以提供課後複習或缺席者補課之用。其方法是將所收到的事件訊息，完全紀錄下來並加入時間標記(time tag)，以維持播放時的事件發生的時間差距，如此就能利用自我學習系統，在課後複製出與教師上課時一樣的時空情境。

四. 系統實作

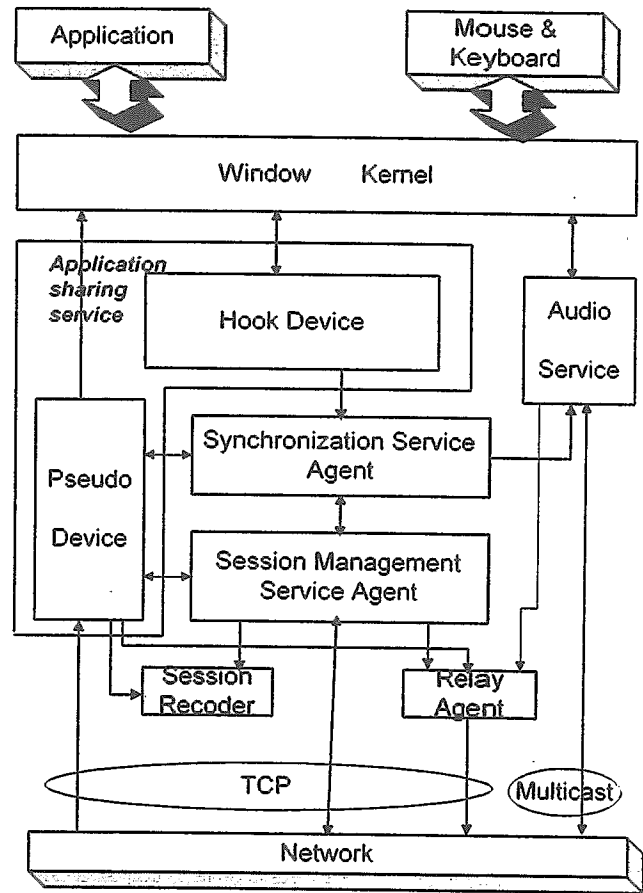
DSLAB Teach 係同步遠程執行模型之實驗遠距教學系統，其系統平台為低階而廣泛的 Microsoft Windows 95 多媒體個人電腦，以 C++ 語言編寫而成。其底層之 TCP/IP protocol stack 為支援 IP Multicast 的 Trumpet Winsock。

4.1 系統實作架構

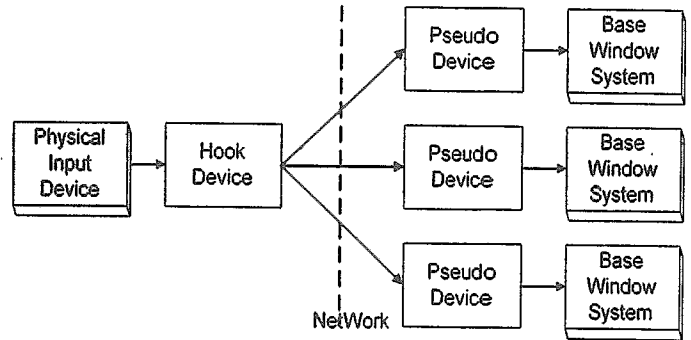
DSLAB Teach 系統實作的架構圖(圖四)，可分為五部份，我們以下將分幾個小節分別討論其實作內容：

1 Application Sharing Service: 應用程式共享係利用攔截周邊事件並加以複製、導向與遠程執行來達成，我們運用 Windows 系統之 API (Application Program Interface) 的 hook function 如 WH_JOURNALRECORD API 讀取 system queue 裡的事件訊息，並加以複製後導向給其他參與者，而 WH_JOURNALRECORD API 則是將事件訊息放入遠端的 system queue 中，再由 Window 執行。

我們用 WH_JOURNALRECORD API 攔截教師端實體輸入周邊設備(physical input device)的事件，並在學生端的機器上，用 WH_JOURNALPLAYBACK API 營造出一個“虛擬周邊設備”(pseudo device)，虛擬出教師端相對映的實體周邊設備(physical device)，所有接收的遠端事件就如同本機的周邊設備所發出的一樣(圖五)。



圖四



圖五

2 Synchronization Service Agent: 因 DSLAB Teach 是利用遠端同步執行方式來達成應用程式共享，因參與遠距教學的機器快慢不一，與其執行環境亦有差異，故我們須處理應用程式共享的同步，因 Application Sharing Service 所攔截的事件多數會辨隨著空間座標(如 mouse activities)，即使是與座標無關的事件(如 keyboard)亦會因 active window 的不同而有不同的反應，而 active window 的決定往往是因 mouse 活動的結果。所以當教師端開啟應用程式時，我們需要取得該視窗的位置與大小，並將其它參與者所開啟的應用程式置於相同的位置，以保證以後的執行有相同的結果。

3 Session Management Service: 此部分包括了 session control 與 floor control ; session control 為一公告周知的網路服務, 將 Class Information Server 的公告項目如: (1).各課程的名稱、內容綱要、時間、網路位址等, (2).課程內容所需的 AP 與其他相關的環境設定, (3).其他必須預先取得的教材內容, 公告給所有參與遠距教學活動的學生。另外 session control 必須能自動預先取得教材內容, 在課程開始前將各節點的狀態加以同步, 並在課程執行時自動將整個 DSLAB Teach 系統啟動, 接收來自教師端的 event message 等。

Floor control 負責發言權的管理, 以確保教學活動有秩序的進行, 我們提供兩種取得控制權的機制; 第一種方法是 Chaired Mode, 由教師指定學生的發言權, 並將控制權給該位學生; 第二種方法是由教師將控制權釋放給學生, 由想要發言的學生以 FRFG (First Request First Get) 的方式, 來取得控制權; 此外, 在學生取得控制權進行發言時, 教師隨時有權利將其控制權取回。

4 Session Recorder: Session recorder: 用來錄製課程的上課內容, 在錄製時是將 pseudo device 所接收下來的的事件訊息, 加入時間標記(time tag)以維護事件發生間距的正確性。在播放時, 須先將其原來的執行環境還原, 再將事件依 time tag 放入 system queue 中由 windows 去執行, 其結果就如同原來課程進行時一般。

5 Audio Service: 此部份是負責聲音的錄製與播放; 我們選擇用 IP Multicast 的傳輸方式來傳遞聲音資料, 並以 ADPCM 的演算法將聲音資料壓縮, 以減少網路上的資料流量。

五. 結論與未來工作

DSLAB Teach 為運用遠程執行模型與階層式通訊架構所實作的遠距教學系統, 因其事件驅動與多份執行, 故其適用於低頻寬的廣域網路上; 此外 DSLAB Teach 備有課程錄製與播程式, 可供課後複習與缺席者補課的機會。

雖然在我們測試的環境中(LAN)事件訊息與伴隨講解的聲音資料之時間差並不明顯, 但是我們可以預期的, 在廣域網路的環境下, 事件訊息與聲音資料間的時間差將會影響遠距教學的進行, 所以我們有必要發展 Intermedia stream synchronous protocol 來同步不同媒體間(事件流與聲音)的順序。此外廣域網路上傳遞時間的變異率大, 所們必須在 Event Relay Agent 加入事件緩衝區, 用以做事件的同步處理, 以期所有參與者在相同的時間收到事件與聲音資料。

六. 參考文獻

[Dimitri] Dimitri A. Dimitroyannis, "Virtual Classroom: A Case

- Study", Technical Report, private communication with ddimitri@nikhef.knikhef.nl
- [Grudin94] Grudin J. "Computer-Supported Cooperative Work: History and Focus", IEEE Computer, May 1994.
- [Gomez92] Gomez. L.M., Judice C. N., "Project Edison: A Plan fo a Multimedia Extended Classroom Experiment", IEEE 1992.
- [Hao96] Hao, M.C., Lee D., Sventek J.S., "A Ligh-Weight Application Sharing Infrastructure for Graphics Intensive Application", Proceedings of the 1st IEEE Intl. Symposium on High Performance Distributed Computing, 1996.
- [Hiltz93] Hiltz S.R., "The Virtual Classroom: Learning without Limits via Computer Network", Ablex Publishing Corporation, Norwood, New Jersey, 1993.
- [Hongyi95] Hongyi LI, Hung Keng. Lek Heng, "A Survey of Multicasting Protocols for Multimedia Communication", Technical Report of Dept.of Infomation Systems and Computer Science, National University of Singapore, 1995.
- [Hughes97] Hughes, C.E., Moshell J. M., "Shared Virtual Worlds for Education: the ExploreNet Experiment", ACM Multimedia System, Vol5, 1997.
- [Inkpen94] Inkpen K., Booth K., Klawe M., "Cooperative Learning in the Classroom: The Importance of a Collaborative Environment for Computer-Based Education", Available on Internet via anonymous ftp, URL ftp://ftp.cs.ubc.ca/ftp/local/techreports/1994/TR-94-05.ps.gz , 1994
- [Juell94a] Juell P., Brekke D. Vetter R., "The Design of a Remote, Low-Cost Multimedia Classroom", Proc. Of the 27th Small college Computing (SCCS'94) April, 1994.
- [Juell94b] Juell P., Brekke D. Vetter R., "The Design and Implementation of an Electronic Distance Learning System Using Electronic Mail and Network Presentation System (Mosaic), Proc. Of the 27th Small college Computing (SCCS'94) April, 1994.
- [Little95] Little T.D.C., Venkatesh. D., "The Use of Multimedia Technology in Distance Learning", Proc. IEEE Intl. Conf. on Multimedia and Networking, Japan, September 1995.
- [McCann94] Mike McCann, "Mbone and Distance Learning at the Naval Postgraduate School", IEEE Multimedia, April 1994.
- [Moshell94] Moshell J. M, Hughes, C.E., "The Virtual academy: Networked Simulation and the Future of Education", Proceeding of the Imagina Conference, Monte Carlo, Feb. 1994.
- [RFC1889] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications", RFC-1889, 1996.
- [Schooler96] Schooler E.M., "Conferencing and Collaborative Computing", ACM Multimedia System, Vol4, 1996.
- [SDP] Handley M., V. Jacobson, "SDP: Session Description Protocol", IETF Draft, available on Internet via anonymous ftp, URL ftp://ftp.parc.xerox.com/pub/net-research/apps/sdr/draft-ietf-mmusic-sdp-03.txt, 1997.
- [Sherry94] Sherry L., "Issues in Distance Learning", Available on Internet via URL gopher://oasis.cudenver.edu/h0/UCD/dept/edu/IT/sherry/lit, 1994.
- [Szyperski93] Szyperski C., Ventre G., "A Characterization of Multi-Party Interactive Multimedia Applications", Tanet Group Technical Report, Dep. Of EECS, U.C. Berkeley, Feb, 1993.
- [Thomas95] Thomas Gutekunst, Germano Caronni, "A Distributed and Policy-Free General-Purpose Shared Window System", IEEE/ACM Trans. on Network, Vol. 3, Feb 1995.
- [Tobagi94] Fouad A. Tobagi, "STANFORD MULTIMEDIA INSTRUCTIONAL NETWORK: An On-Line Distance Learning System Using Digital Video and Multimedia Networking Technologies", ACM Multimedia '94.
- [Tobagi95] Fouad A. Tobagi, "Distance Learning with Digital Video", IEEE Multimedia, Spring 1995.
- [Ullman79] Ullman J.D., Hopcroft J.E., "Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation", Addison-Wesley Publication Company, 1979.