

整合嵌入式展示平台之無線多媒體教學廣播系統

黃連進*
淡江大學資訊工程學系
*micro@mail.tku.edu.tw

施建州
淡江大學資訊傳播學系
ccs@mail.tku.edu.tw

郭乙丁
淡江大學資訊工程學系
yiting2002@hotmail.com

摘要

教學廣播系統已成為目前教師在電腦教室中示範教學的主要設備，然而傳統教學廣播系統的建置仍有設備成本高、布線複雜、擴充不易、維護困難且受限於只能在教室內教學的問題。因此，本研究主要目的是利用 PC 螢幕影像擷取 (Screen Capture)、不失真影像編碼/解碼 (Lossless Video Codec) 以及無線網路通訊 (Wireless Network Communication) 等技術來設計一個可以結合嵌入式平台的「無線多媒體教學廣播系統」，透過無線網路，可以將 PC 端的螢幕視訊擷取、壓縮並即時傳送至嵌入式平台來展示播放或廣播至一群 PC 系統，在不受地點的限制下，也可以進行一對一或一對多的廣播電腦教學。

關鍵詞：教學廣播系統 (teaching broadcast system)、嵌入式平台 (embedded platform)、影像擷取技術 (screen capture)、不失真影像編碼/解碼 (Lossless Video Codec)。

一、前言

電腦網路的快速發展，將資訊技術融入遠距教學早已成為學校致力投入的目標之一，其應用包括遠距教學 [2] 以及網路多媒體互動學習與教學等等 [3][5]。而近年來，由於無線通訊的蓬勃發展，更可以讓人們隨時、隨地互相交換訊息。新多研究

也不斷提出如何建置一個無線的教學環境 [8]。另一方面，在學校中提供課堂教學廣播系統也是室內教學的主要設備之一，然而，此類傳統的教學廣播系統在建置及管理上仍有許多困擾，例如，當線路破損、斷裂、接觸不良時往往影響教學品質，而在系統維護及擴充上也相當不便。因此，如何利用無線網路傳輸結合低成本的嵌入式系統平台，來開發一個不受空間限制且可以跨平台的無線多媒體教學廣播系統成為本研究的主要訴求，讓教師的操作過程顯示於學生的電腦螢幕上，同時可以「將電腦教室移到室外草地上、大樹下」，大大提升電腦教學的樂趣。

二、研究目的

本研究的主要目的是在整合 PC 影像擷取技術 (Screen Capture)、不失真影像壓縮技術 [1] 與無線網路通訊 (Wireless Network Communication)，設計一個「無線多媒體教學廣播系統」(如圖 1)，將 PC 端作業系統為 Microsoft Windows 98/2000/XP 的螢幕視訊利用 DirectDraw 與 DirectShow 技術 [6]，將解析度 1024x768，每點 16 位元之螢幕視訊，包括游標、滑鼠形狀與利用 Media Player [13]、RealVideo [12] 與 QuickTime [11] 播放的影片擷取下來、採用不失真壓縮 (lossless)、即時傳送至另一台 PC 或 Embedded Linux 系統的螢幕上。主要特性如下：

- 螢幕擷取特性：解析度為 1024x768，16 位元，而任何顯示於螢幕上的圖像顏色，包括滑鼠形狀，游標形狀，提示訊息等，利用 Media Player、RealVideo 與 QuickTime 播放的影片；擷取速度可調整為 1、2、5、10、15、20 FPS (Frames Per Second) 以及 I Frame 間隔可調整 5、10、20、30、40、50、60、80、100 秒。
- Server 端作業平台：目前支援 Microsoft Windows 98/2000/XP，Pentium III 800MHz 或更快的電腦。
- Client 端作業平台：目前支援 Microsoft Windows 98/2000/XP，Pentium II 300MHz 或更快的電腦、Linux Red Hat，Linux Fedora Core，Linux Mandrake 以及 Embedded Linux，kernel 2.6.5。
- 網路環境：區域網路 -- 10/100Mbps；無線網路 IEEE802.11b、IEEE802.11g。
- 視訊壓縮技術：不失真 (lossless compression)，Zlib [9]。
- Embedded Linux，kernel 2.6.5，整個系統少於 4MB。
- 通訊協定：UDP(User Datagram Protocol)。
- Packet loss 防止：packet sequence number。
- Packet error 處理：checksum。
- Delay control 機制：split a frame to 4 slices。

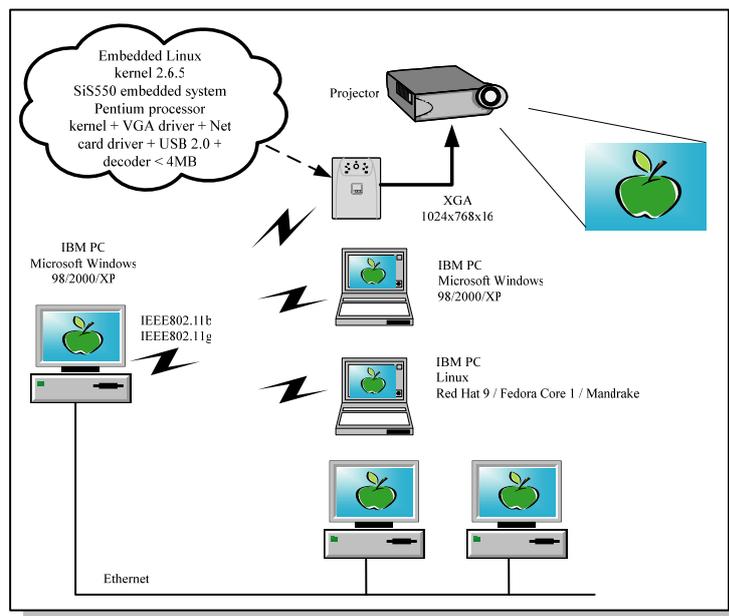


圖 1. 無線多媒體教學廣播系統功能示意圖。

三、系統架構

本研究選定 Wireless Presentation Gateway 作為實作目標之後，我們將系統

架構分成兩個平台，首先在 PC 環境進行軟體開發與相容性測試、第二階段則根據先前所累積的資源與資料，將此 Wireless Presentation Gateway 系統轉到嵌入式系統的平台。由於目前使用 802.11x 無線網路

卡作為無線通訊的介面並不需要另外制定規格、或另外製作硬體介面，是一種而較為快速的處理方式，而一般 PC 上所使用的 802.11b 無線網路卡的傳輸速度，目前則是 2~11Mbps，跟 802.11g 的傳輸速率相比，落差頗大。因此，本系統將測試的頻寬提升至 54Mbps，以期能將效能提升。另外，在 PC 上的 Linux 作業系統要識別經由無線網路或是有線網路傳輸過來的影像方面，以往我們熟知在 Microsoft Windows 上，若要看影像，電影或玩遊戲，都必須安裝 DirectX 的內建 codec，否則影像可能解不開或是無法欣賞。但是在 Linux 的環境上，並無 DirectX 這套軟體，所以我們利用一個處理多媒體影像音訊的 Function Library (Simple DirectMedia Layer, SDL) [7]來解決在 Linux 作業系統上執行 Microsoft Windows 壓縮的影像，並用它來實作在 Linux X window 上的應用程式。

在連線介面上，我們使用 PCMCIA 介面的 802.11 無線網路卡，可以跟影像顯示作模組上的切割。以方便在 PC 平台驗證

802.11 無線網路以及作為教學廣播的需求。

在平台移植到嵌入式 Linux 系統方面。由於嵌入式設備與網路的快速發展，隨處都能使用到嵌入式的產品[4]，藉由成本低廉且輕便的嵌入式系統來管理畫面的輸出或投影，將會是非常便利的一個方式，因此我們決定以一個 Linux 為基的嵌入式平台來實作教學廣播系統的另一種設備。然而，由於嵌入式系統硬體資源較少，軟體又需要作特製化 (Specialization)，如何在其有限的資源下可以正常的接收並展示影像是此平台實作上主要要克服的問題。

圖 2 為本系統 Server 端的系統程式邏輯方塊，此功能設計於 Microsoft Windows 98/2000/XP 上。

圖 3 為本系統 Client 端的系統程式邏輯方塊，此功能設計於 Microsoft Windows 98/2000/XP、Linux Red Hat/Fedora Core/Mandrake 與 Embedded Linux 上。

以下就針對本系統平台的軟硬體規格作一個說明：

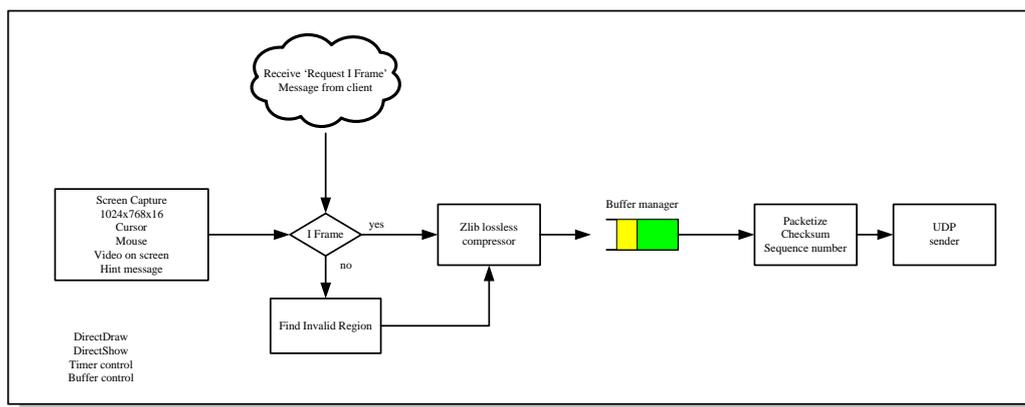


圖2. Server端軟體系統方塊圖

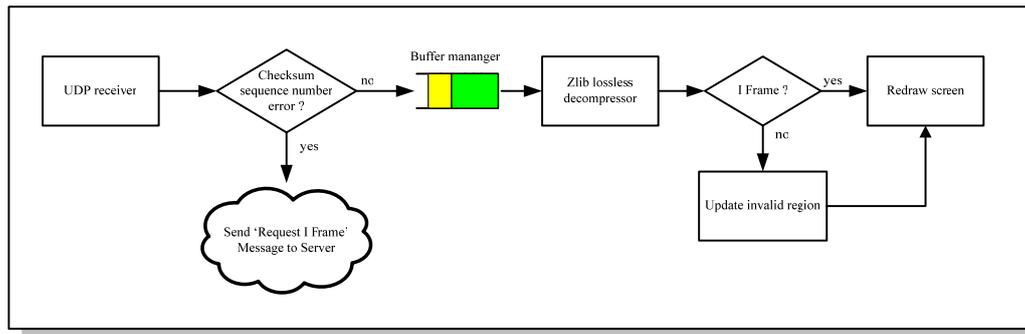


圖3. Client端軟體系統方塊圖

(一)、系統軟硬體系統

1. 軟體規格

(1).Server: Screen Capture & Encoder

我們設計 3 個 thread 來完成螢幕擷取、壓縮、傳送與接收 Client 端訊息的工作：

- thread 1: 螢幕擷取、壓縮與定時 (timer)。
- thread 2: UDP 封包編號、計算檢查和與傳送。
- thread 3: 接收 Client 端訊息，如「請求 I Frame」、「換頁」。

以上功能的程式大約佔 300KB。

(2).Client: Microsoft Windows 98/2000/XP PC

我們將 UDP 封包接收、解碼與螢幕顯示等 3 項功能，設計成大小約 25KB 的程式。此程式並利用 Microsoft DirectDraw 技術來提高螢幕之顯示速度。

(3).Client: Linux PC and Embedded Linux

由於 Linux 作業系統並沒有加速螢幕顯示之機制，為了獲得更多 CPU 的計算時間，我們將 UDP 封包接收設計成一隻 thread，解碼與螢幕顯示則設計成另一隻 thread。此兩隻 thread 則透過 2 個 buffer，達到同時接收與解碼。此程式利用 frame buffer 技術將影像直接顯示於螢幕上，其

執行檔大約佔 14KB，相當適合 Embedded Linux 平台。

2. 硬體架構

(1).Server: Screen Capture & Encoder

- 作業系統: Microsoft Windows 98/2000/XP
- 中央處理器: Pentium III 800MHz 或更快的處理器。
- 主記憶體: 256 MB 以上。
- 網路卡或無線網卡。

(2).Client: Player & Decoder

- 作業系統: 目前支援 Microsoft Windows 98/2000/XP。
- 中央處理器: Pentium II 300MHz 或更快的處理器。
- 主記憶體: 256 MB 以上。
- 網路卡或無線網卡。

(3).Linux Red Hat / Fedora Core / Mandrake

- 中央處理器: Pentium II 300MHz 或更快的處理器。
- 主記憶體: 256 MB 以上。
- 網路卡或無線網卡。

(4).Embedded Linux, kernel 2.6.5

- 中央處理器: Pentium II 300MHz 或更快的處理器。

- 主記憶體：256 MB 以上。
- VGA 顯示卡。
- 網路卡或無線網卡。

(二)、嵌入式系統架構

我們所使用的嵌入式平台為：Silicon Integrated Systems 的 SiS552 的平台，內建 256MB 的 SDRAM。SiS552 處理器的頻率為 200MHz，有兩個 PCI slots、兩個 USB ports、內建一個 Ethernet port(10Mbps)。

SiS552 為與 x86 系統相容的主機。最重要的是，這個實驗板內建 VGA 輸出，這是一般以 ARM 為核心之嵌入式系統所缺少的功能。

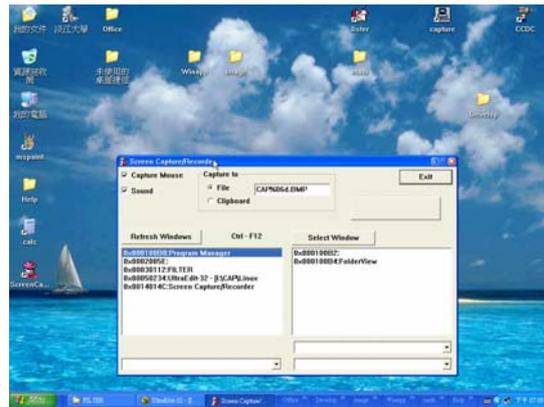
四、PC 螢幕影像擷取

簡報系統必須即時將螢幕的動作擷取下來，每秒傳送 10 個以上的視訊框(video frame)。於此要求之下，以螢幕解析度為 1024x768，16 bits/pixel，每秒的傳輸率將高達 125.8Mb，明顯超過有線頻寬。

其實，於簡報進行當中可以察覺螢幕之變化皆以區塊(block)為主，如圖(4-a 與 4-b)所示。使用者將圖 4-a 中央的視窗，往右下方移動，成為圖 4-b。由此情況得知，背景沒有變動，只需找出此連續兩個視訊框之差異，對差異區塊進行處理即可。



(4-a) 先前的螢幕訊框



(4-b) 目前的螢幕訊框



(4-c) 異動區塊(黑色部分表示沒有異動)

圖 4. 連續 2 個螢幕訊框與異動區塊

找出連續兩個螢幕訊框之異動區塊，一般有兩個方法。其一，數學的「減法」運算：

$$\text{diff} = \text{frame}_{t+1} - \text{frame}_t \quad (1)$$

其二，邏輯的「互斥或」(xor)運算：

$$\text{diff} = \text{frame}_{t+1} \text{ XOR } \text{frame}_t \quad (2)$$

然而，數學運算會有「溢位(overflow)」的問題，會對運算速度造成影響；所以我們採用沒有溢位副作用且運算速度相同的「邏輯 XOR 運算」。

找出「異動區塊」之演算法如 Algorithm 1 所示，在給定 pPrev(前一個視訊框)，pLive(目前視訊框)，Algorithm 1 會找出「異動區塊」，並將座標存於 Left, Right, Top 與 Bottom 這 4 個變數內，我們只需將 pDiff(差異訊框)內此區域的影像取出，進行處理壓縮即可，如圖 4-c 所示。

Algorithm 1: Find Invalid region

```

int Bottom=0, Top=2048, Left=2048, Right=0;
bool change = false;
1 for (int y = 0; y < ScreenHeight; y++) {
2   for (int x = 0; x < ScreenWidth; x++) { // 2 pixels
3     if (*pDiff++ = *pLive++ ^ *pPrev++) {
4       if (y > Bottom) Bottom = y;
5       if (y < Top) Top = y;
6       if (x > Right) Right = x;
7       if (x < Left) Left = x;
8       change = true;}}}
9. If (change) then
10  Invalid Region in (Left, Right, Top, Bottom);

```

五、不失真影像壓縮

雖然我們利用前面所提及的「異動區域搜尋法」，找出螢幕上面需要更新的區域，於正常情況之下可以減低影像的傳輸量；然而，如果沒有進一步壓縮，很有可能超出網路頻寬。影像壓縮依據資料是否失真，可分為 2 個主要類型，失真(lossy)與不失真(lossless)。雖然失真壓縮法可以於人類視覺系統無法檢視其差異的情形之下，將影像壓縮高達 20 倍，此種技術不適合於螢幕簡報此類型之應用。

本研究所採用的不失真壓縮方法，主要採用開放原始碼的 LZO [10]。此演算

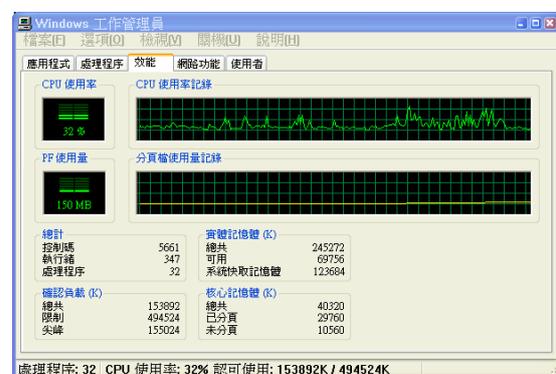
法的壓縮速度於 Pentium133 可達 5MB/秒，解壓縮速度更高達 16MB/秒。雖然其壓縮比不如 ZIP [9]高，但是其速度的優點，剛好可以補足嵌入式系統於速度方面的不足。

六、實驗結果

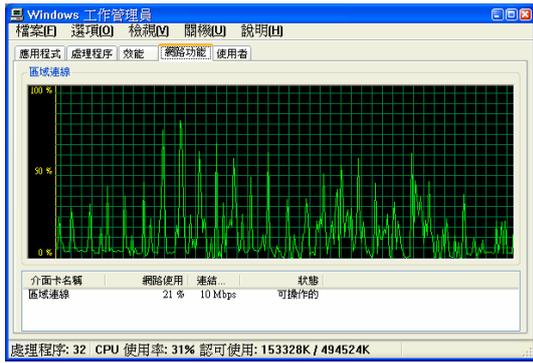
為了測試本系統的效能，我們利用 IBM PC 進行測試，此個人電腦系統環境如下：

- Microsoft Windows XP。
- Intel Pentium 4 1.8GHz。
- VGA card: SiS 650。
- Ethernet card : SiS 900 PCI Fast Ethernet Adapter。
- 256MB -- 16 MB for Video RAM。
- I Frame interval: 10 sec。
- Frame Per Second: 5 FPS。
- network speed: 10Mbps。

實驗結果所測得的 CPU 使用效能與網路使用率如圖 4 所示。同樣的環境，我們將 FPS 改為 15，網路速度改為 100Mbps，實驗結果如圖 5 所示。而圖 6- 9 為本系統實作成果在不同平台間進行畫面傳送的實際測試畫面。

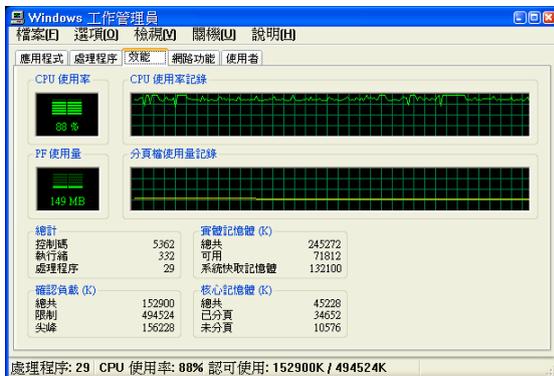


(5-a) CPU 使用效能

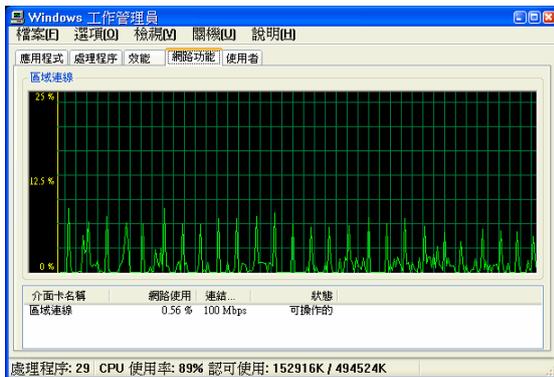


(5-b) 網路效能

圖 5. 網路頻寬 10Mbps, 每秒 5 張之 CPU 使用效能與網路效能



(6-a) CPU 使用效能



(6-b) 網路效能

圖 6. 網路頻寬 100Mbps, 每秒 15 張之 CPU 使用效能與網路效能



圖 7. PC 對 PC, 兩端皆為 Microsoft Windows XP



圖 8. PC 對 Linux Fedora Core 1。



圖 9. PC 對 Embedded Linux kernel 2.6.5。

七、結論

基於有限成本及突破教學地點的限制，本研究設計了一個整合了 PC 螢幕影像擷取技術(Screen Capture)、不失真影像壓縮技術(Lossless Video Codec)與無線網路通訊技術，我們所設計的「無線多媒體教學廣播系統」，可以解決傳統室內教學廣播系統建置上的問題，同時可以提供跨平

台的接收端來展示教學畫面，並可利用無線網路來實現戶外教學的效果。

參考文獻

- [1]. D. Brunello, G. Calvagno, G. A. Mian and R. Rinaldo, “Lossless Compression of Video Using Temporal Information,” *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 12, pp. 132-139, Feb. 2003.
- [2]. Castro M., Lopez-Rey, A., Perez-Molina C.M., Colmenar A., de Mora C., Yeves F., Carpio J., Peire J., Daniel J. S., “Examples of distance learning projects in the European Community”, *IEEE Transactions on Education*, Vol. 44, Issue 4, Nov. 2001 pp.406 – 411.
- [3]. Deshpande, S. G., Jenq-Neng Hwang, “A real-time interactive virtual classroom multimedia distance learning system”, *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol 3, Issue 4, Dec. 2001 pp. 432 – 444.
- [4]. Karim Yaghmour, “Building Embedded Linux Systems” , 2003 O'REILLY.
- [5]. Maly K., Abdel-Wahab H., Overstreet C.M., Wild J.C., Gupta A.K., Youssef A., Stoica E., Al-Shaer E.S., “Interactive distance learning over intranets”, *IEEE Internet Computing*, Vol. 1, Issue 1, Jan.-Feb. 1997, pp.60 – 71.
- [6]. Microsoft (2003): Microsoft DirectX 9.0 SDK Documentation.
- [7]. Simple DirectMedia Layer , <http://www.libsdl.org/index.php>
- [8]. Pison, T., “Distance learning is an opportunity”, *IEEE Circuits and Devices Magazine*, Vol. 13, Issue 2, March 1997 pp.:41 – 43.
- [9]. Zlib , <http://www.zlib.net/>
- [10]. <http://www.oberhumer.com/products/lzo-professional/>
- [11]. <http://www.apple.com.tw/quicktime/win.html>
- [12]. <http://www.real.com/international/>
- [13]. <http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/tw/mp10/>