

以網路處理器實作多媒體家庭閘道器

Implementation of Multimedia Home Gateway Based on Network Processors

鄧博騰 林振全 周立德 曾柏嘉
國立中央大學 資訊工程學系
cld@csie.ncu.edu.tw

摘要

隨著時代的進步,科技的進步已經將家庭的生活帶至數位多媒體的時代。在每個家庭裡,擁有一台以上的電腦或是電視已是常態。在此種情況下,選擇自己想要看的影片,或是想將一些特別的影片分享給別人,逐漸成為普遍的需求。當今火紅的 YouTube,便是一個很好的例子。以“分享”為目的,吸引許多的使用者上傳、即時觀看各種影片。

然而,在過多的使用者同時使用的狀況下,也造成了網路速度過慢,要完整欣賞一段影片就必須經歷長久的等待才能完全下載完,並且有可能出現下載失敗的狀況,長久的等待變成為泡影,無法保證其服務品質(Quality of Service, 簡稱 QoS)。而傳統的 Gateway 上,並沒有實做出即時多媒體以及分享的功能,漸漸地不能趕上多媒體生活的到來,無法滿足現代家庭的生活。

為了解決上述提到的問題,並且能夠滿足“品質”和“影像分享”的兩大目的,本論文在 IXDPG425 網路處理器上設計並實作 Multimedia Home Gateway,在設計上提出了透過視訊裝置、影音串流、無線網路、數位憑證服務之影音分享架構,在實作上本論文移植了 Multimedia Home Gateway 所必備之功能至 IXDPG425 網路處理器上,如 IEEE 802/11b/g Access Point, Streaming Server, NAS(Network-attached Storage), Webcam, Web Server 等。

關鍵詞: *Multimedia Gateway, Streaming Server, Video Sharing, Network Processor, IEEE 802.11b/g.*

1. 前言

以目前的情況來說,分享影片最主流的方式莫過於透過網際網路(Internet),經由 Server 和 Client 的通訊協定,將所想要分享的影片上傳至固定的 Server,再透過搜尋引擎(Searching Engine)找到使用者想要的影片;另外一種方式,則是透過

Peer-to-Peer(P2P)的通訊協定,讓每一個連上的 Peer 都可以是 Server 和 Client,藉由此機制達到分享的目的。前者如果想要達到很高的分享效率,在網路傳輸的速度和 Server 的硬體效能必須要達到一個等級;而後者則是會因為使用者不穩定的上下線,造成服務品質的不穩定。

基於以上的種種因素,本論文探討的目的就在於:我們將分享即時多媒體的功能加入至 Gateway 中,並且使用 IXP425 開發版實做成嵌入式系統,以家庭為主要的服務目標,整合成為 Multimedia Home Gateway。利用 IXP425 開發版之體積較一般桌上型電腦小、強大的網路通信和擴展功能,以及可程式化的特性,來解決對於即時多媒體和分享影片所遇到的問題。

我們將 Multimedia Gateway 移植至 IXP425 嵌入式開發版上,並且加入了 Wireless、Streaming Server、Web Server、Webcam 和 NAS(Network-attached Storage)的 functions。運作 Wireless 的功能,使得 Multimedia Home Gateway 可以提供家用 Access Point 的功能,建構有線和無線網路彼此互通的環境;而 Streaming Server 提供了影片即時播放的功能,並且搭配 Webcam,可以進行即時性的視訊會議;NAS 則提供了一個在 Multimedia Home Gateway 上可以分享的儲存空間。

2. 研究目的

我們針對即時多媒體之分享以及家用多媒體之網路服務,將多功能之 Multimedia Home Gateway 開發至嵌入式開發版 IXP425 上。將我們所需要的功能(NAS-Network Attached Storage, Wireless IEEE 802/11b/g Access Point, Streaming Server, Webcam, Web Server)移植到嵌入式開發版上,整合之後設計出可滿足即時多媒體影音之分享之網路設備,降低其成本並且具有強大的擴充能力。

本專題利用了 IXP425 開發實驗板可程式化(Programmable)的特性,將 Wireless Access point,

*本研究承蒙教育部計畫(計畫編號 965903-7)、經濟部技術處學界科專計畫(計畫編號 96-EC-17-A-02-S1-029)及國科會計畫(計畫編號 NSC 96-2627-E-008-001、NSC 96-2628-E-008-004)經費贊助,特此感謝。

Webcam, Web Server 和 Streaming Server 等功能移植 (porting) 至其之上，並且擁以下之優點：

1. Flexibility :
針對 IXP425 Network Processor 可程式化 (Programmable) 的優點，開發者可以使用 C 或 C++ 等標準的程式語言作為開發工具，修改或開發不同的 Tools 或是 Operation System，以完成各種所需要的功能。
2. Time-to-market :
將不同的功能移植到 IXP425 上面，可以修改 Open-source 之既有資源，不需要從頭開始設計，節省了許多的開發時間。且 IXP425 具有一個 High Efficiency 之 PCI Interface、USB Controller、四個 10/100 Ethernet MACs，並且可以移植 Wireless Access Point 之功能，可以滿足現在市場之需求。
3. Integration :
上述提到 IXP425 開發實驗板具有高效能之硬體傳輸介面，而 IXP425 Network Processor 將其整合，使其具備多功能於一身，降低開發成本。
4. Performance :
IXP425 具備三個 NPEs(Network Processor Engine)，分工獨立處理並且補強 Intel XScale core 之高度密集運算的 data plane(IP header inspection and modification, packet filtering, packet error checking, checksum computation and flag insertion and removal)，達到更高的處理效率。

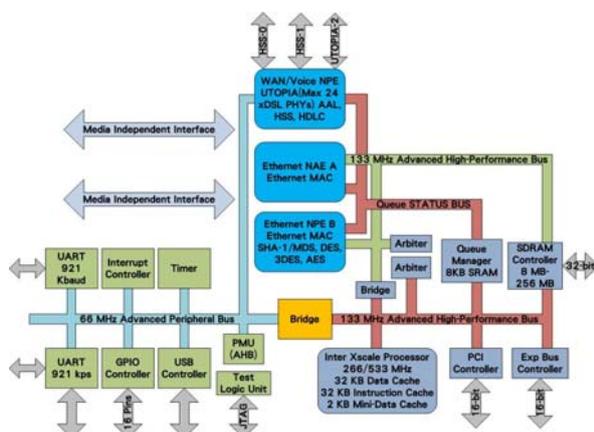


圖 2 IXP425 NPEs 分工圖

3. 相關研究

在[2]中，Home Gateway 的 implementation，是直接使用 PC 去模擬實作出來。透過 Home Gateway，讓家裡的電視、電腦互相連接成 Home Network，再連接上外面的 Public Network(Access Network)，而 Home Gateway 也扮演了路由器(Router)、橋接器(Bridge)和各種協定的轉接。當各種需要服務的 client 端連接到 Home Gateway 上，

便會馬上提供隨插即用(plug and play)的功能，並且可以使用 DHCP [13] 和 NAT [14] [15] 的協定給予每一個連接上家用開道器的裝置一個動態 IP。此外，在影像即時傳遞的部分，則是採用了 transcoding[6] 的方法，將經由連結外部之 IEEE1394 傳進 Home Gateway 的 DV data，transcoding 成為 MPEG4 data，再傳送至目的地。

使用網路處理器 IXP425 實作的例子，在[3]中，將影像加密的演算法加入至系統之中。當欲加密的影像傳至 IXP425 時，系統便會使用設計好之加密演算法，將每一張影像嵌入一張浮水印(Watermarking)圖像，最後再將處理好的影像以 Wireless 802.11b/g 的通訊協定傳送至目的地。以此技術提高欲傳送影像的保密性(Encryption)和安全性(Security)，此外以 SSL 連線保障資訊安全也是為一種提高安全性的方法。

NAS 通常以 MS-Windows 之網路芳鄰或 UNIX Samba 作為檔案共享之機制。有些 NAS 也允許使用者透過 FTP 或 NFS 方式來達到資料共享之目的。而 Samba 就是在 Linux 上，用來解決不同作業系統的資源分享的問題，Samba 的出現，使 Linux 與 Windows 的資源得以共享。

SMB (Server Message Block) 是一種結構名稱，其包含網路命令與資料，提供了一套標準且完整的語法，用以提供網路伺服器端或者客戶端節點進行通訊。SMB 可以說是 Client 端和 Server 端兩者之間的通訊協定，所以是建置在 Client/Server 架構上，Client 端可以透過此協定連到 Server 端，存取 Server 端所分享出來的檔案或者印表機，甚至其他分享的資源。在 SMB 中，有一組專為網路 I/O 所設計的，各個節點 (node) 透過這些命令可以進行各項動作，例如登入、列印、遠端檔案與目錄的操作。

而在即時播放影像的部分，除了將 Streaming Server 之 function 移植至 Home Gateway 之外，也可使用 Port Mapping 之功能，當 client 以特定的 port 請求播放影音時，則與遠方的影音檔案伺服器建立連線並且利用其影像串流之功能，以 Home Gateway 高效率的網路處理效能並將封包傳送至 client 端。

4. 系統架構

為了滿足 Multimedia Home Gateway 的需求，本專題以 IXP425 為開發平台，提供了以下四種所需的服務：

- (1) Storage Service
- (2) Transmission Service
- (3) Management Service
- (4) Video Capture Service

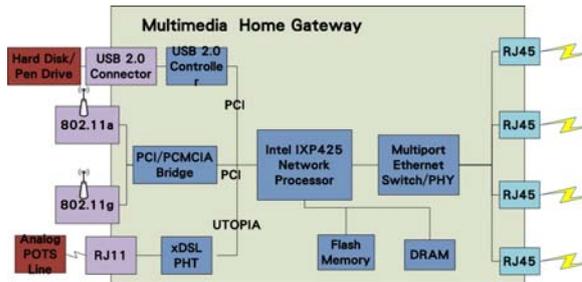


圖 4-1 Multimedia Home Gateway architecture

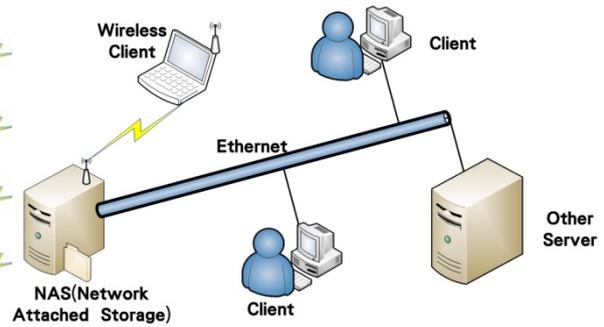


圖 4-3 NAS 基礎架構圖

因此，我們將一些常用以及必備的功能移植 (porting) 到 IXP425 實驗板上並且將其整合，完成了 Multimedia Home Gateway 的實做，以下就一一簡介我們移植到 IXP425 上的功能。

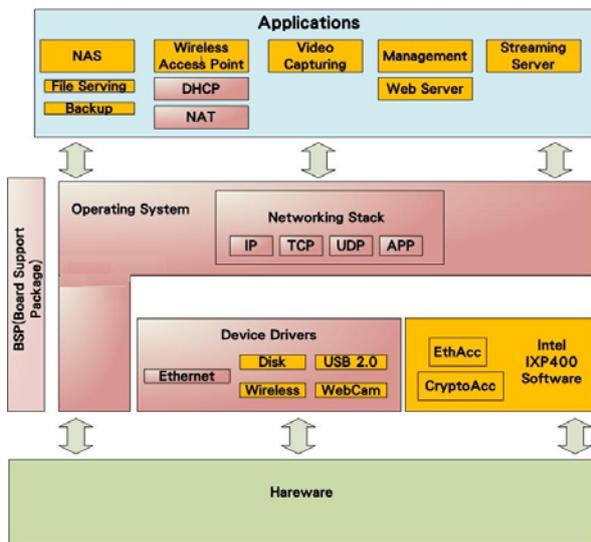


圖 4-2 Multimedia Home Gateway Software Stack

4.1 NAS(Network Attached Storage)

首先，為了達到分享的目的，我們將 NAS 和 Samba 等網路檔案系統(NFS, Network File System) 之功能移植到 IXP425 開發實驗版上面，使得其具有檔案伺服器(File Server) 的 function，讓連上 IXP425 的 client 端可以藉由此機制，上傳或下載各自需要使用的檔案，並且由此達到分享之目的。

我們利用 IXP425 的 USB 介面，掛載上了外接式的硬碟(Hard disk)或是隨身碟(Flash)，加強 IXP425 實驗版的儲存空間，並且完成了 Storage Service。

4.2 Wireless 802.11b/g Access Point

我們將 Wireless 802.11b/g Access Point 的功能移植到 IXP425 開發實驗版上，並且搭配上有线網路(Ethernet)，實做了家庭網路(Home Network)的基本架構。AP(Access Point)結合了 Bridge 和 router 的功能，將收到的封包經由 wired network 和 wireless network 傳送至目的地。

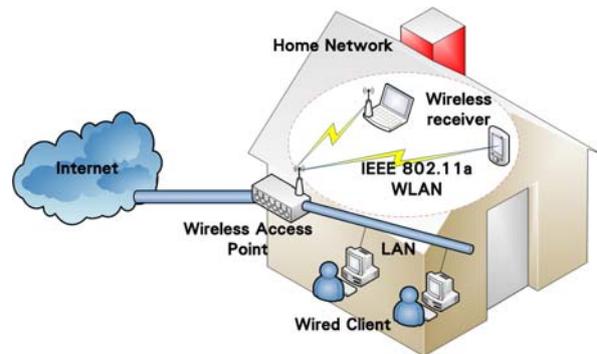


圖 4-4 Wireless Access Point 架構圖

4.3 Web Cam and Video Capturing

此外，為了滿足現代家庭多媒體生活的需求，以及 SOHO(Small Office, Home Office)族的成長，我們將利用 USB 介面外接 Webcam 的功能移植到 IXP425 開發實驗板上，並且將 Webcam 所擷取的影像傳送至目的地(Monitor)，不僅可以當家用監視器，在遠端來監控家裡的環境之外，也能夠搭配兩個以上的 Multimedia Home Gateway 來進行多人的視訊會議。

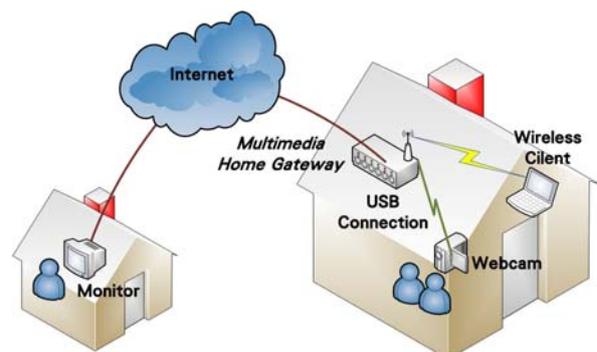


圖 4-5 Webcam 基礎架構圖

4.4 Web Server and SSL

為了方便管理 Multimedia Home Gateway，讓使用者以及系統管理者能以簡易明瞭的圖形化界面(GUI, Graphical User Interface)去操作此系統，我們將 Web Server 的功能移植到 IXP425 開發實驗板上，並且為了資訊安全的考量，加上了 SSL(Secure Socket Layer)的功能，以 HTML(Hypertext Markup Language)的管理介面讓使用者去操作、修改設定等功能，且能保障資料的安全性，並完成了 Management Service。

4.5 Streaming Server

最後，為了讓視訊影音可以即時地在 Client 播放，我們在 Multimedia Home Gateway 上提供了 Port Mapping 的 function，並且使用另外一台 PC 作為儲存影音多媒體檔案之 Server，在其上提供了 Streaming Server 的功能，當使用者對 Multimedia Home Gateway 發出播放影音檔案的需求時，Multimedia Home Gateway 便會根據 Client 端所使用的 Port Number 是否為特定預設作為播放即時串流影音之功用，並將 Client 端之 Request 傳遞之 Streaming Server 之上。然後接收相對應的影音檔案封包，再扮演中繼者的功用，以特定的 Port 傳送至 Client 端，完成了 Streaming Server 之相關應用。

5. 系統架構

本專題的開發、實做環境以 Linux 和 Windows 作業系統為主。開發端的部份，我們使用了兩台筆記型電腦，分別安裝了 Linux Red Hat 9.0 和 Linux Fedora 5 做為我們開發的基本作業平台，並且加裝了 SnapGear Linux 3.3 以及 3.4 的版本，進行嵌入式軟體的開發作業。而在目標端，也就是 IXP425 開發實驗版的部份，我們在開發端使用 SnapGear Linux 以及相關的 patch、tools，將嵌入式系統所需要使用的軟體編譯好之後，使用 RS-232 的傳輸介面將 Image 檔 Load 至 IXP425 上，並且能夠成功運作。在 NAS 的部份，我們先驅動 IXP425 開發實驗版上使用 USB 的功能，能夠成功掛載外接式的儲存裝置(Hard Disk or Flash)之後，再啟動 Samba 伺服器，讓 Client 端能夠存取並且分享檔案。在 Wireless 的部份，我們在目標端 IXP425 上面加裝 802.11b/g 的 Antenna 模組，並且在開發端使用 Madwifi 啟動 Atheros 的 Driver，再將交叉編譯好的檔案 Load 至 IXP425 上，成功移植 Wireless 802.11b/g Access Point Function。在 Webcam and Video Capturing 的部份，在取得相關的 free resource 之後，先在開發端交叉編譯後，再將所需要的檔案 Load 至 IXP425 上。Web Server 以及 SSL 的部份，則是在編譯嵌入式作

業系統的時候加入所需要的元件，並且測試過後完成移植的動作。而 Streaming Server 則是自行開發一個可用的影音串流伺服器，並將其放置在 IXP425 上面，完成即時影音播放的功能。以下 5.1 節詳細列出本專題開發環境硬體的介紹，包括 IXP425 開發實驗版、開發用之筆記型電腦、Web Camera 以及外接式硬碟；而 5.2 節為本專題開發環境所使用的軟體，包括 SnapGear Linux，IXP425 Access Library 以及相關的 Driver 等等，而本專題開發的程式語言，則都是使用 C 語言。

5.1 系統硬體配備

| | |
|----|---|
| 功能 | 無線網路環境下之使用者 |
| 配備 | Toshiba Tecra A6, 處理器 Intel Centrino T1300, 記憶體 512MB |

1. 開發端(Development Host)

| | |
|------|---|
| 功能 | 作為嵌入式系統之開發端，進行軟體開發、移植以及交叉編譯(Cross-Compilation)之作業 |
| 配備 | Toshiba Tecra A6, 處理器 Intel Centrino T1300, 記憶體 512MB |
| 系統軟體 | RedHat Linux9, Fedora Linux5, SnapGear Linux 3.3, 3.4 |

2. 嵌入式系統(Target Board)

| | |
|------|--|
| 功能 | 嵌入式開發版 |
| 配備 | ADI Coyote IXP425, Intel IXDPG425、XScale Core 533MHz、8 to 32MB SDRAM、3NPEs(Network Process Engine) |
| 系統軟體 | SnapGear Linux 3.3, 3.4 |

3. 無線網路驅動模組

| | |
|----|---|
| 功能 | 接收、發送 Wireless Network data(Beacon Frame) |
| 介面 | Mini-PCI |

4. 網路攝影機(Web Camera)

| | |
|----|-------------------------------|
| 功能 | 擷取(Capturing)即時影像，進行視訊會議和監控功能 |
| 配備 | Logitech 快看溝通版 |
| 介面 | USB |

5. 網路附加儲存裝置(NAS)

| | |
|----|--------------------------------|
| 功能 | 在 IXP425 上提供額外的儲存空間，讓使用者存取分享資料 |
| 配備 | NuSLIM 2.5 吋 80GB 外接硬碟 |
| 介面 | USB |

5.2 開發工具

| | |
|------------------|--|
| C Compiler | gcc compiler, gcc-3.3.1(arm-linux-gcc Cross-Compiler) |
| CSR Software | IPL_ixp400AccessLibrary-2_1.zip, IPL_ixp400NpeLibraryWithCrypto-2_1.zip |
| Patch | Intel, SnapGear...etc |
| Driver | Atheros Device Driver |
| Webcam | qc-usb-0.5.1, jpegsrc.v6b.tar camserv-0.5.1 |
| Streaming Server | 自行開發 |

6. 實驗結果比較

6.1 實驗環境

本專題系統的實做環境，主體為 Multimedia Home Gateway，細部則分為 NAS(Network-Attached Storage)、Wireless 802.11b/g Access Point、Web Cam and Video Capturing、Web Server and SSL、Streaming Server。圖 6 則是本專題運作實驗的架構圖。首先把所需要的 Functions 分別移植到 IXP425 開發實驗版上，並且一一分別測試其功能，最後再將其整合起來同時運作，達到本專題的需求。

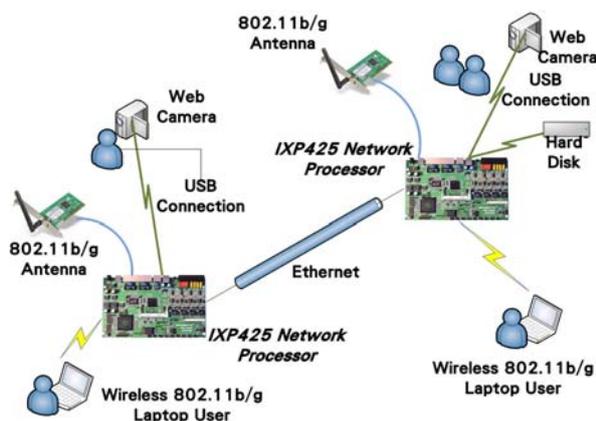


圖 6 實驗運作流程圖

6.2 實驗結果

NAS

首先我們必須將 IXP425 開發實驗版的 USB 介面功能驅動，在開發端編譯嵌入式系統所需要的 Image 檔時，必須將驅動 USB 的模組以及 samba 伺服器所需要的模組編譯進去，才能在 IXP425 上面使用 USB 介面以及 samba 伺服器。以下列出需要

Load 至 IXP425 上的檔案：

1. Usbcore.o
2. Usb-storage.o
3. Usb-ohci.o

接著在 IXP425 上面啟動 Samba 伺服器，並且管理登入 user 之權限等相關資料，成功啟動 NAS 的功能。

Wireless 802.11b/g Access Point

在建置無線網路環境的部分，我們先必須驅動安裝在 IXP425 上面的 Atheros 無線網路卡。我們使用 madwifi-0.9.2.1 的版本，修改其中的 source code 以及 makefile 檔案之後，再進行交叉編譯(Cross Compile)的工作，以下列出需要修改的檔案，而詳細的修改步驟則不一一詳述：

1. makefile
2. ah_osdep.h
3. xscale-be-elf

編譯完成之後，將我們所需要的檔案 Load 至 IXP425 開發實驗板上，所需要的檔案如下：

1. wlan.o
2. ath_hal.o
3. sample.o
4. ath_pci.o
5. wlanconfig

將以上五個檔案放置在 Embedded Linux 並且依序安裝之後，會出現 ath0 及 wifi0 兩個網路裝置，如需成為 AP 模式，要使用 wlanconfig 將原先的設定刪除，再重新設定無線網卡，讓 IXP425 能夠正常運作 Access Point 的功能。

WebCam and Video Capturing

為了能夠成功使用 USB 介面外接 Webcam 並且正常使用，我們必須取得 Webcam 在 Linux 上的驅動程式。本專題使用了 Logitech 的快看溝通版，而使用的 Driver 則是 qc-usb-0.5.1。首先我們必須先在開發端修改 makefile 檔案，將相關內容設定為符合我們的開發環境並且成功編譯，然後將所需要的檔案 Load 至 IXP425 上並且驅動 Webcam。

接著就必須移植 Webcam 專用的影像串流軟體至 IXP425 上，才能夠讓 Multimedia Home Gateway 傳送影像的資料到 client 端。在這裡我們用到了兩個檔案分別是 camserv-0.5.1.tar.gz 和 jpegsrc.v6b.tar.tar。Camserv 是一個 streaming webcam server 的應用，他是遵 GNU General Public License(GPL)授權的 Free Resource，主要的功能是利用 web 的介面做 video 的串流播放；而 jpegsrc 則是用 C 語言來實現 JPEG 影像壓縮與解壓縮的相關函式，並且支援 Camserv 的相關功能。首先我們要先修改 jpegsrc 中的 makefile 和 libtool 檔案，將參數修改成為符合我們的開發環境，然後進行交叉編譯，然後將所需要用到的檔案 Load 至 IXP425 上。接著則是 Camserv 的參數修正以及交叉編譯，詳細的步驟則不多加敘述，以下列出在 IXP425 上必須成功驅動的相關檔案：

1. quickcam.o
2. ov511.o
3. libjpeg.so
4. libjpeg.so.62
5. libjpeg.so.62.0.0
6. camserv 相關模組

Web Server and SSL

移植 Web Sever 和 SSL 的 Functions 於 Multimedia Home Gateway 上，主要是為了完成前面章節所提到的 Management Service 以及資料傳輸的安全考量。我們選擇移植在 Linux 上面最常用的 Apache 伺服器來做為我們的 Web Server，並且搭配 PHP、MySQL 等支援工具，簡稱為 LAMP 來當作 Web Server 的基本架構。首先在編譯 Embedded Linux 的時候，必須把相關的模組編譯進去，然後在目標端也就是 IXP425 上面修改相關的設定檔，並且撰寫管理者的使用介面，我們使用 HTML 搭配 PHP 來完成。而在 SSL 的部份，則要在 IXP425 上面先建立 Public Key，並且設定 Apache 的支援，讓重要的資料被 SSL 保護，必免資料外流造成不必要的麻煩與損失。

Streaming Server

最後，如果需要即時地播放影音檔案，我們必須在 Server 端增加串流的功能。目前市面上最普及的作業系統為微軟的 Windows，而其內建的 Windows Media Player 則為我們考量的目標。我們以 C 語言自行撰寫一個簡易的串流伺服器，希望能夠在 client 端發出 request 時，將封包傳遞至 client 端上的 Windows Media Player，並且能夠讓 Header 被接受，成功地播放影音檔案。

7. 未來發展與結論

本文利用 IXP425 開發實驗版，以嵌入式系統的發法設計實做家用多媒體閘道器(Multimedia Home Gateway)，以滿足現代家庭多媒體生活以及影音分享的需求。以 IXP425 Network Processor 實做的優點在於 Main core：Intel XScale 和 NPEs(Network Process Engine)分工處理程式指令，提高了網路封包的傳輸速率和效能。

為了滿足多媒體生活以及影音分享的需求，我們將 NAS、Wireless Access Point、Webcam、Web Server 和 Streaming Server 的 functions 移植到 Multimedia Home Gateway 上面。以 Wireless AP 的功能建立家用無線網路(WLAN)，並且移植 NAS 的功能，讓多位使用者可以存取、分享影音檔案(Video Sharing)，並且配合上 Streaming Server 達到即時播放的效果；Webcam 可以讓 SOHO 族進行視訊會議，或是讓遠端進行監控；而 Web Server 則是提供了一個簡易明瞭的管理介面。

將以上提到的功能移植到嵌入式系統 IXP425 開發實驗板上，我們得到了整合性的運用，提高了網路影音的傳輸、分享效率，讓多媒體的生活更添

增了一分色彩。而閘道器可應用的範圍廣大，而我們將繼續致力於研究更多元化的應用服務以及更高的效率。

參考文獻

- [1] L.D. Chou, C.Y. Chen, P.C. Tseng, “以網路處理器實作無線安全語音閘道器 Implementation of Wireless Secure Voice Gateway in Network Processor-based Platform”, TANET 2005 台灣國際網路研討會論文集, Oct. 2005
- [2] T. Saito, I. Tomoda, Y. Takabatake, J. Arni and K. Teramoto, “Home Gateway Architecture and its implementation,” IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol.46, no.4, pp. 1161–1166, Nov. 2000.
- [3] Hao Yin, Chuang Lin, Berton Sebastien, Xiaowen Chu, “A novel secure wireless video surveillance system based on Intel IXP425 network processor”, Proceedings of the 1st ACM workshop on Wireless multimedia networking and performance modeling WMuNeP '05, Oct. 2005
- [4] Intel IXP42X Product Line of Network Processor and IXC1100 Control Plane Processor, “Developer’s Manual” Sep. 2006.
- [5] Intel Internet Exchange Architecture, “Addressing Next-Generation CPE Challenges”, White Paper, Feb. 2002
- [6] Transcode, <http://en.wikipedia.org/wiki/Transcode>
- [7] NAS(Network Attached Storage), http://en.wikipedia.org/wiki/Network-attached_storage
- [8] Samba(Server Message Block), <http://us1.samba.org/samba>
- [9] Intel IXP425 Series, <http://www.intel.com>
- [10] YouTube, <http://www.youtube.com>
- [11] SnapGearSourceForge, <http://ixp4xx-osdg.sourceforge.net>
- [12] OpenSource Development Guide, <http://sourceforge.net/projects/ixp4xx-osdg>
- [13] R. Droms, “Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP),” Network Working Group RFC 2131, Mar. 1997.
- [14] P. Srisuresh and M. Holdrege, “IP Network Address Translator (NAT) Terminology and Considerations,” Network Working Group RFC 2663, Aug. 1999.
- [15] P. Srisuresh and K. Egevang, “Traditional IP Network Address Translator (Traditional NAT),” Network Working Group RFC 3022, Jan. 2001.