

## 網路電話系統在行動節費之應用

陳家祿 楊世偉

國立暨南國際大學計算機與網路中心

{ gotop, eshin }@ncnu.edu.tw

### 摘要

隨著網際網路與無線通訊網路的蓬勃發展，VoIP 通信服務在這幾年正在不斷的發展，現今隨著各學校與台灣學術網路(以下簡稱「TANet」)之間頻寬的充足與穩定加上資訊網路發展均已完備，透過網際網路(Internet)的運用已漸漸普及並成為一種新的傳播媒介，VoIP (Voice over IP) 將語音及數據資料整合在單一 IP 網路架構上的技術，已為傳統通訊帶來革命性的改變。

教育部近年大力推廣網路電話系統，所以各縣市網下的國中小學幾乎都有建置網路電話，大專院校也有 48 所學校加入台灣學術網路語音交換平台，但是不少學校是網路電話與學校分機電話各為獨立的系統，有些是交換機透過 Gateway 與網路電話界接，市話可透過教育部的 ENUM 系統達到網路電話通話免費，但行動的部分則需透過電信業者的行動節費器，或透過電信 2 類業者下車達到節費效果，但都需要通話費用無法達網路電話通話免費的效果。

因此，在本文中，運用新一代網路技術的 IP-PBX，透過網路電話可提供多路由的特性，並結合行動電話業者 MVPN 通話免費的服務與部分行動業者網內互打免費的服務，來探討測試如何做到網路電話行動通訊免費之成效。

**關鍵詞：**VoIP、網路電話、Gateway、IP-PBX、MVPN

### 1. 前言

VoIP (Voice over Internet Portocol) 技術自 1995 年開始萌芽，歷經 10 年來在國際通信市場上的研發及應用，目前在技術上可說是完全成熟。網路電話是指利用網路電話相關的硬體與軟體，將人說話的聲音取樣，並且將取樣後的信號壓縮及轉為數位語音封包後，透過 TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 協定，利用網際網路傳送給對方，而受話端將所收到數位資料封包重組成語音封包，並且解壓縮及轉換成語音信號，來進行雙方通話。透過既有的網路來做國際或長途的通話，在通話費上的成本遠低於傳統電路交換式電話 (Public Switched Telephone Network, 簡稱 PSTN) 的通話費。

使用網路電話通訊是未來的趨勢，但許多學校

的網路電話系統與交換機系統分屬不同的單位，造成許多學校在推廣網路電話上有些阻力，網路電話的優勢在於透過網路電話通話免費，由於行動通訊的發達學校對外聯絡方式，約有 50% 以上都是撥打行動電話，不論是交換機系統或網路電話系統，透過電信業者撥打市話或行動都需要通話費用。

個人在學校是做電信業務原本只接觸傳統交換機，由於學校新接教育部區網中心的業務，所以個人又接下區網中心網路電話的業務，且學校傳統交換機老舊需汰換，因經費問題只能採取逐步汰換的方式，並採用新一代網路技術的 IP-PBX，個人因業務需求了解到各家電信業者的節費方案，想透過 IP-PBX 多路由的優點，思考如何透過各種的設備與電信業者的方案，達到撥打行動電話免費之研究。

### 2. 相關背景知識

在本章節中，我們將介紹幾個相關的通訊協定，以及各個相關的知識，建構起本論文所提出網路電話在行動節費上之應用。

#### 2.1 IP-PBX

什麼是 IP-PBX，簡單來說是利用 IP 資料網路提供電話通信的完整電話系統。所有通信都以資料包的形式在網路中進行傳遞。

IP-PBX 能達到傳統 PBX 的功能，如具有呼叫轉接、代接、三方通話、群振、輪振、保留等功能，同時也集成傳統 PBX 難以提供的各種業務功能，如 IVR、音樂鈴聲、Voicemail 和錄音等功能。還能夠利用網路開道器連接到傳統的 PSTN 線路上，進而能與傳統的 PSTN 互聯通訊。

#### 2.2 MVPN (Mobile Virtual Private Network)

行動群組電話是專為企業量身設計的虛擬專用網路。可依企業客戶的不同需求，將企業成員的隨身行動電話號碼甚至是公司的總機號碼，在無需申裝任何額外電信設備下，透過智慧型網路聯結成一個迅速、高效能的群組式行動通信網路，無限延伸企業行動力。

以中華電信的行動群組為例，將中華電信行動電話設定為同一群組，此群組內成員間之通話或與群組外指定之中華電信行動電話及市內電話皆可以簡碼撥號並享有優惠費率，透過專案方式多家電

業者都提供分機撥打群內行動費用零元。

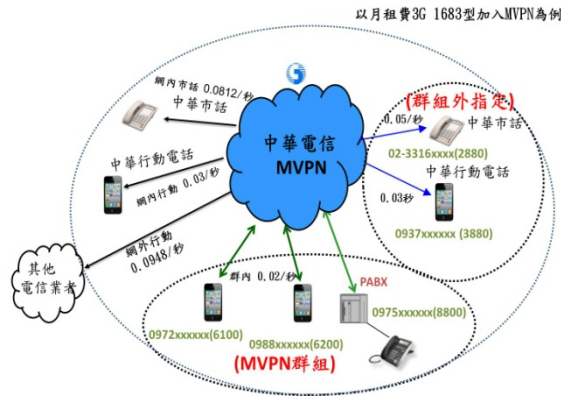


圖 1 中華電信 MVPN 群組圖

### 2.3 Session Initiation Protocol (SIP)

SIP 是近年來最流行的網路電話通訊協定，與先前同樣用來進行網路電話通訊的另一套網路電話通訊協定 H.323 相比，它擁有較大的彈性、容易實作、而且較適合應用在智慧型手機上。SIP 是一個信令通訊協定，在網路電話通訊中負責進行信令溝通的部分，它可以用來建立、修改、結束一通網路電話。以下用圖 2 來說明一通由 SIP 從建立到結束通話的流程圖。

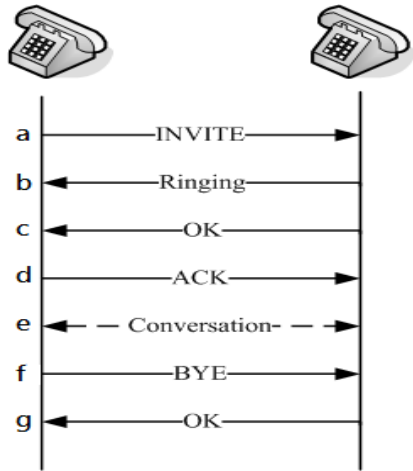


圖 2 SIP 網路電話通訊流程圖

如上圖：

- 撥話端送出一個 INVITE 的訊息，邀請受話端進行網路電話通訊。
- 受話端收到 INVITE 訊息時，話機開始響鈴，並且送出一個 Ringing 訊息給撥話端，表示該通話正在進行處理中。
- 受話端接起電話後，會送出一個 OK 訊息給撥話端，表示接受此通話的邀請。
- 撥話端在收到 OK 訊息後，送出一個 ACK 訊息，回應受話端的 OK 訊息。
- 此時通話建立，兩端開始進行語音通訊。
- 撥話端欲結束該通網路電話，送出一個 BYE 訊息。

- 受話端收到 BYE 訊息後，回應 OK 訊息，此時通話結束。

在 SIP 的架構中，邏輯上有兩個重要的伺服器，一個是 Registrar(註冊伺服器)，一個是 Proxy Server(代理伺服器)。Registrar 的功能是提供使用者註冊上該伺服器。註冊封包之擷取圖如圖 3：使用者發出 Register 要求，如果該 Registrar 需要進行使用者認證才能註冊的話，則 Registrar 會送出一個 401 Unauthorized 訊息要求使用者進行認證。在認證成功後，Registrar 會送出一個 200 OK 訊息給使用者，表示註冊成功；Proxy Server 則是在使用者進行撥打電話的動作時，負責替兩端使用者轉送 SIP 訊息。圖 3 是透過 Proxy Server 撥打網路電話時，在撥話端上擷取到的 SIP 訊息封包，SIP 訊息的通訊流程可對照圖 2。在真實網路中，Registrar 跟 Proxy Server 通常都會被建置在同一台設備上。

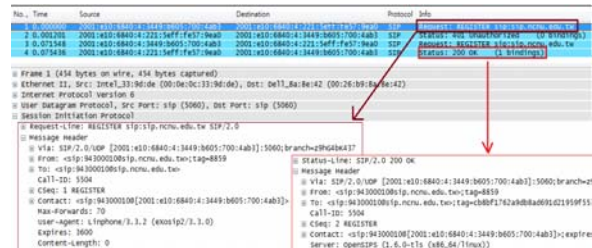


圖 3 SIP 註冊封包截圖

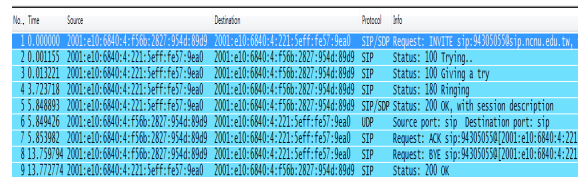


圖 4 SIP 網路電話流程封包截圖

在本論文所提出的網路電話系統中，Registrar 跟 Proxy Server 會建置在同一台設備上。

### 2.4 Session Description Protocol (SDP)

在上一節，我們提到了 SIP 是一個在網路電話通訊中只負責做信令溝通的通訊協定，所以它必須跟其他的通訊協定共同合作。而本節中所介紹的 SDP，會在建立一通網路電話時，被夾帶在 SIP INVITE 訊息中，用來告知兩端使用者，目前該通網路電話中媒體流(Streaming media)的相關設置信息，包含：語音封包的編碼方式、接收語音封包的位址及埠號(port number)等。SDP 結構圖如圖 4：

- Protocol Version：代表 SDP 的版本
- Originator and Session ID：該通網路電話的起始者以及該通網路電話的識別碼 (Identification, 簡稱 ID)
- Session Name：該通網路電話的名稱
- Session Time：通話持續時間
- Media Name and Transport：語音型別、編碼方式以及語音傳輸的埠號
- Connection Information：接收語音的位址

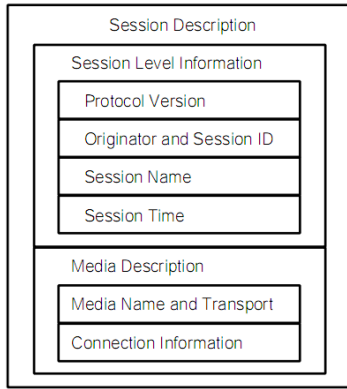


圖 5 SDP 結構圖

圖 6 則是當要開始進行網路電話通訊的時候，被夾帶在 SIP INVITE 訊息中的 SDP 封包截圖。由 c 欄位可以得知語音封包應該傳送至哪一個 IPv6 位址；由 m 欄位得知傳送的語音封包編碼方式以及應傳送的埠號。

```

# Frame 5 (1269 bytes on wire, 1269 bytes captured)
# Ethernet II, Src: Intel33:9d:de (00:0e:0c:33:9d:de), Dst: Ibm_57:9e:a0 (00:21:5e:57:9e:a0)
# Internet Protocol Version 6
# User Datagram Protocol, Src Port: sip (5060), Dst Port: sip (5060)
# Session Initiation Protocol
# Request-Line: INVITE sip:94305055@sp.ncnu.edu.tw SIP/2.0
# Message Header
# Message Body
# Session Description Protocol
# Session Description Protocol Version (v): 0
# Owner/Creator, Session Id (o): 94300010 123456 654321 In IP6 2001:e10:6840:4:f56b:2827:954d:89d9
# Session Name (s): A conversation
# Connection Information (c): In IP6 2001:e10:6840:4:f56b:2827:954d:89d9
# Time Description, active time (t): 0 0
# Media Description, name and address (m): audio 7078 RTP/AVP 112 111 110 3 0 8 101
# Media Attribute (a): rtpmap:112 speex/32000/1
# Media Attribute (a): fmp:112 vbr-on
# Media Attribute (a): rtpmap:111 speex/16000/1
# Media Attribute (a): fmp:111 vbr-on
# Media Attribute (a): rtpmap:110 speex/8000/1
    
```

圖 6 SDP 封包截圖

## 2.5 Real-time Transport Protocol (RTP)

上兩節分別介紹了建立網路電話通訊的信令通訊協定，SIP；以及用來告知該通網路電話中媒體流相關設置信息的通訊協定，SDP。然而真正用來傳輸語音封包的通訊協定則是 RTP。圖 7 為 RTP Header(標頭)，在 RTP Header 中有一個 PT(Payload Type)欄位，代表的是在上一節中提到的語音封包編碼方式，該欄位共有 7 個位元(bit)，可用來表示最多  $2^7 = 128$  種編碼方式。

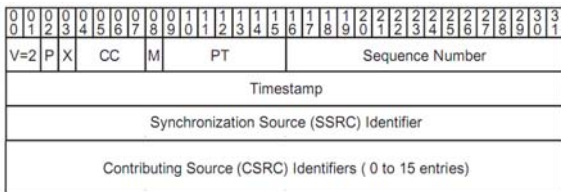


圖 7 RTP Header

表 1 為 PT 欄位所對應的編碼方式。圖 7 則為 SIP 建立通話後，在撥話端擷取到的 RTP 語音封包及其封包內所負載的編碼後語音資料(Payload)。

表 1 Payload Type(PT)與語音編碼方式對應表

Payload Type (PT)	編碼方式
0	PCMU

3	GSM
8	PCMA
18	G.729

```

# Frame 40 (234 bytes on wire, 234 bytes captured)
# Ethernet II, Src: Dm_57:9e:a0 (00:21:5e:57:9e:a0), Dst: Intel33:9d:de (00:0e:0c:33:9d:de)
# Internet Protocol Version 6
# User Datagram Protocol, Src Port: sip (5060), Dst Port: sip (5060)
# Real-time Transport Protocol
# RTP
# CSRC
# Payload
    
```

圖 8 RTP 語音封包及 Payload

## 2.6 網路電話閘道器 (VoIP Gateway)

網路電話基本原理是通過語音壓縮演算法對語音資料進行壓縮編碼處理，然後把這些語音資料按 IP 等相關協議進行打包，經過 IP 網路把資料包傳輸到接收地，再把這些語音資料包串起來，經過解碼解壓處理後，恢復成原來的語音信號，從而達到由 IP 網路傳送語音的目的。

網路電話系統是把普通電話的類比信號轉換成電腦可聯入網際網路傳送的 IP 資料包，同時也將收到的 IP 資料包轉換成聲音的類比電信號。經過 VOIP 網路電話系統的轉換及壓縮處理，每個普通電話傳輸速率約佔用 8~11kbit/s 頻寬，因此在與普通電信網路同樣使用傳輸速率為 64kbit/s 的頻寬時，是原來的 5~8 倍。

網路電話系統具有路由管理功能，它把各電話區號映射為相應的閘道 IP 位址。這些資訊存放在一個資料庫中，有關處理軟體完成呼叫處理、數位語音、路由管理等功能。在用戶撥打網路電話時，網路電話閘道器根據電話區號資料庫，確定相對的 IP 位址，並將此 IP 位址加入 IP 資料包中，同時選擇最佳路由，以減少傳輸時間。

我們可以想成網路電話閘道器是一種連結傳統 PSTN 和 IP 網路的橋樑。將 PSTN 端之訊號數位化並壓縮再加以封包化(MG 部份)，加上 SG 的控制信令方式之調適與協調 SG 與 MG 功能之 MGC，便可把各類資料送至 IP 網路端。反之，接收端的網路電話閘道器把各個封包加以收集，解壓縮(MG 部份)，轉譯控制信令所指定的位址(MGC、SG)，然後以類比的形態送到 PSTN 網路。

網路電話閘道器在 PSTN 與 IP 網路間的位置如圖 9 所示，其組成之功能如下。



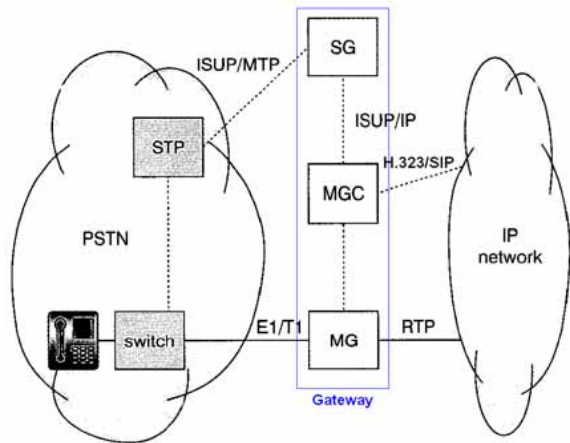


圖 9、Gateway 架構

功能說明：

MGC (Media Gateway Controller)：

位置在 MG、SG 和 GK 之間，其管理提供給眾多 MG 的可用網路資源和 IP 網路頻寬等。

SG (Signaling Gateway)：

提供了在 IP 網路與 PSTN 之間的信令轉譯功能。

MG (Media Gateway)：

提供了媒體對映或轉換的功能，主要是對於在 IP 網域和 PSTN 網域中的語音訊號做處理。

### 3. 行動優惠與設備介紹

本章節將介紹目前提供行動通訊服務的業者現況，以及各家行動電信業者的優惠，架構所需的設備。

#### 3.1 行動電話業者現況

依據國家通訊委員會 102 年 6 月的資料，台灣目前提供行動電話服務的業者目前共有 5 家，分別是提供 2G 服務的有 3 家電信業者，3G 服務的則有 5 家電信業者，各行動電話業者的 2G 與 3G 門號的數量如表 2：

表 2 電信服務業者與門號數量

公司別	3G 用戶數 (戶)	2G 用戶數 (戶)	總用戶數 (戶)
總計	23,528,474	5,241,343	28,769,817
中華電信股份有限公司	7,239,689	3,180,826	10,420,515
遠傳電信股份有限公司	5,997,428	1,000,779	6,998,207
威寶電信股份有限公司	1,735,262		1,735,262
台灣大哥大股份有限公司	6,046,422	1,059,738	7,106,160
亞太電信股份有限公司	2,509,673		2,509,673

#### 3.2 門號可攜式服務 NP(Number Portability)

號碼可攜式服務 NP (Number Portability)，就是用戶更換行動電話服務的提供業者，但可以用不用更換行動電話號碼，用戶原本使用甲公司的行動門號服務，轉移到乙公司後，仍然保留原本使用的號碼，不需要重新申請一個號碼，以增加民眾的便利。

根據國家通訊委員會的資料如表 3 顯示，自從 2005 年開放門號攜碼服務，共有約 2 千萬次的行動門號進行攜碼服務，這代表我們不能依據行動電話的前幾碼來判斷，他是屬於哪家行動電信業者的門號，例如早期 0932 是中華電信 0935 是台灣大哥大 0982 是亞太電信，現在已不能依此作判斷，這影響到網路電話在做路由判斷時的設計。

表 3 電話號碼可攜服務生效統計

電話號碼可攜服務生效統計-2013 年 7 月			
	行動攜碼生效數	固網攜碼生效數	總生效數
2005 年總生效數	93,858	94	93,952
2006 年總生效數	511,358	516	511,874
2007 年 4 月份 2G-3G 資料搬遷	1,755,392		1,755,392
2007 年總生效數	2,080,264	1,093	2,081,357
2008 年總生效數	3,318,003	3,946	3,321,949
2009 年總生效數	3,220,594	8,109	3,228,703
2010 年總生效數	3,072,746	6,629	3,079,375
2011 年總生效數	3,068,243	5,102	3,073,345
2012 年總生效數	3,452,627	6,177	3,458,804
2013 年 1 月	294,022	420	294,442
2013 年 2 月	264,260	282	264,542
2013 年 3 月	266,646	326	266,972
2013 年 4 月	258,310	432	258,742
2013 年 5 月	278,489	481	278,970
2013 年 6 月	242,997	327	243,324
2013 年 7 月	306,198	281	306,479

#### 3.3 行動電話網內免費

本次的研究主要是利用行動業者所提供的 MVPN 服務與簡碼撥號的特性，還有各家行動業者都有的撥打網內免費的方案，來規劃設計網路電話撥打方式及路由，所以需要了解各家行動業者所提供的優惠，以及達到撥打網內免費的最低門檻，再來規劃設計做法，表 4 是整理目前 5 大家電信業者所提供的服務與網內免費最低價錢。

表 4 電信業者提供服務與價錢

公司別	是否提供 MVPN 服務	是否提供網內免費服務	網內免費所需最低費用
中華電信股份有限公司	有	有	含上網 888
遠傳電信股份有限公司	有	有	含上網 1173
		7-mobile 使用遠傳線路用戶數約 70 萬網內互打免費	純語音 140
威寶電信股份有限公司	有	有	純語音 300
台灣大哥大股份有限公司	有	有	含上網 1100
亞太電信股份有限公司	有	有	純語音 333

### 3.4 行動電話節費器

行動電話節費器是一種採用 GSM 技術體制的無線固定語音接入設備，能在 GSM 蜂窩網覆蓋的範圍內，利用 GSM 網路系統快速地提供無線通信服務，能將 GSM 網路信號轉化為普通固定電話信號，適用於固定電話不易佈線地區，可直接代替固定電話，也能接入總機當成一路外線，。

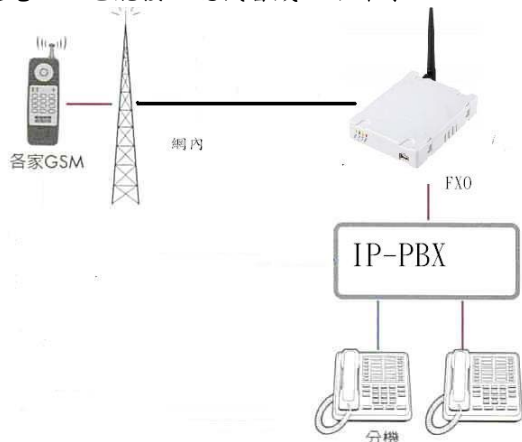


圖 10 行動節費器架構圖

## 4. 架構規劃設計

本章節將依據電信業者所提供不同的優惠方式，來設計不同的撥打行動電話免費的規劃，並規劃出如何達到行動通話免費之最大效益。

### 4.1 MVPN 群組免費之架構

利用 MVPN 群組免費是比較簡單的做法，利用 MVPN 群組簡碼撥號的方式，路由規劃上也比較容易，圖 11 是 MVPN 群組架構圖。



圖 11 MVPN 群組撥號架構

說明：

- 電信業者行動電話 MVPN 服務是將一般外線透過 Gateway，將信號轉為 VOIP 信號回到電信業者機房，再經由行動基地台將訊號送至手機。
- 利用行動電話 MVPN 群組簡碼撥號之功能，每支行動門號都會對應一組簡碼，例如行動電話號碼是 0920123456 對應簡碼 61234，在撥碼路由設計上，就可允許 6 開頭總長 5 碼的撥號經由行動節費器出去。
- 不同業者可規劃不同數字的簡碼開頭，例如中華電信簡碼開頭設 2 路由是 A，台灣大哥大簡碼開頭 3 路由是 B，這樣就可以做到行動通話免費。

### 4.2 經由行動節費器

各業者都有網內戶打免費的方案，使用不同業者的 sim 卡插上行動節費器上，透過撥打的號碼作路由辨識，這種做法是能夠達到最大免費通話之效果，缺點是因門號可攜的關係，作法上變的非常複雜，必須要將撥打的每支行動電話號碼區分是哪家業者，再建立資料庫做路由分辨，不同業者使用不同的行動節費器出去達到網內免費，再則受話方如果回撥電話則節費線路就會佔線，通話流程如圖 12。



圖 12 行動節費器架構

## 5. 結論

網路電話近年來已非常普遍，無論是台灣學術網路的語音交換平台，電信業者的國際節費電話與 070 的網路電話等等，這幾年校園網路電話在國中小學推廣上非常成功，透過 ENUM 系統也幫縣市政府節省了許多市話電話費用，許多老師反映是否能將行動電話也導入 ENUM 系統，撥打行動電話號碼轉成網路電話號碼達到通話免費，如果透過文中討

論撥行動免費的作法，透過撥打行動電話免費的做法撥接雙方都便利許多，教育部如能統合各校統一電信業者下車的路由，各校只要透過路由設定，不同業者經由不同路由下車，達到網路電話撥打行動通話免費最大之效益。

### 參考文獻

- [1] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, E. Schooler, "SIP: Session Initiation Protocol," IETF RFC 3261, June 2002.
- [2] M. Handley, V. Jacobson, C. Perkins, "SDP: Session Description Protocol," IETF RFC 4566, Jul. 2006.
- [3] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications," IETF RFC 3550, July 2003.
- [4] David L. Mills, "Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis," IETF RFC 1305, March 1992.
- [5] Daniel Collins, "Carrier Grade Voice over IP 2<sup>nd</sup> Ed." McGraw-Hill, September 2002.
- [6] 陳炯良、施穎偉，「以『使用-擴散』觀點探討 VoIP 網路電話之擴散」，國立暨南國際大學資訊管理所碩士論文，2006 年。
- [7] IEEE 802.3 Working Group, "IEEE Std 802.3af-2003-Data Terminal Equipment (DTE) Power via Media Dependent Interface (MDI)," July 2003.
- [8] 李民慶、陳政良，「H.323 與 SIP 之 VoIP 閘道器架構探討」，亞東學報，2005 年
- [9] 柯守全、趙啟時、劉安之，「VoIP 系統之建置與管理-以逢甲大學為例」，台灣網際網路研討會，2002 年。
- [10] 中華電信網站，<http://www.cht.com.tw/>
- [11] 國家通訊委員會，<http://www.ncc.gov.tw/>