附件 3-8、臺灣學術網路 VoIPv6 區域交換中心建置技術報告

九十九年度「新一代網際網路協定互通認證計畫」
期末研究報告附件

臺灣學術網路 VoIPv6
區域交換中心建置技術報告

移轉技術分項計畫子計畫一
學術網路 IPv4/IPv6 互通移轉技術

主持人：賴守全 教授
執行單位：銘傳大學

中華民國九十九年十月

目次

簡介 453
壹、學術網路基本介紹與現有網路架構 454
貳、學術網路VoIP網路架構.....458
參、IPv6 VoIP運作簡介 462
肆、IPv4/IPv6 VoIP 交換機制說明.....465
伍、測試與驗證 470
陸、縣市網建置成果統計 492
柒、區網擬建置之話機與IP PBX 494
捌、總結 498
參考資料 499

簡介

為配合學術網路 NGN (Next Gereration Network)計畫，提供移轉技術經驗，輔導進行 IPv6 網路的導入，並推動教育部、13 個區域網路中心以及 25 個縣市教育網路中心提供 IPv4/IPv6 雙協定(Dual Stack)之 DNS (Domain Name System)及 WWW (World Wide Web)服務，最後完成各區域網路中心以及縣市教育網路中心的 IPv6 完備度調查。同時推動各縣市透過台灣學術網路語音交換平台實現 VoIPv6 之互通，以擴大推動 IPv6 應用服務。最後，選定一縣市教育網路進行 IPv6 資通安全之示範建置，以累積後續推動 IPv6 技術移轉必備之資通安全經驗。

移轉技術分項計畫的主要工作為發展 IPv4/IPv6 平台轉換接取技術，並進行實際之移轉試驗。在 2009 年計畫期間，移轉技術分項已協助台灣學術網路完成五個示範縣市網及五個示範中小學雙協定網路導入，協助政府網站完成應用服務導入 IPv6 作業程序規劃及 IPv6 資安問題白皮書制定，同時協助民營 WiMAX 業者完成 IPv6 接取服務試驗，並完成應用服務移轉輔導教材規劃及五個資訊服務委外廠商之訓練，成果相當豐碩。

藉由 2009 年的發展經驗可以得知 IPv6 與 IPv4 間的轉換與移轉技術已趨成熟，相關網通設備已陸續提供支援 IPv6 的功能。然而國內尚欠缺實際大規模佈署之經驗與分享，移轉技術分項計畫以技術顧問的角色，針對國內學術網路、政府網路、寬頻接取提供商、企業網路進行輔導，並把經驗整理後進行分享，另外延續學術網路基礎建設輔導成果，協助區網型大學網路應用服務進行導入示範。轉移分項藉由輔導各網路單位導入雙協定環境之過程，獲取實務之經驗，並整理成技術報告或參考手冊，做為國內移轉技術與經驗之分享資源。

壹、學術網路基本介紹與現有網路架構

台灣學術網路(Taiwan Academic Network；簡稱 TANet)係由教育部及幾個主要國立大學於民國 79 年 7 月起所共同建立的一個全國性教學研究網路。現行 TANet 的管理組織分為三個階層，包括「台灣學術網路管理委員會」、「區域網路中心」以及「縣市教育網路中心」。

圖 1、TANet 連線架構圖

目前的台灣學術網路由教育部及 13 個區域網路中心構成核心骨幹，並經由區域網路中心連接 25 個縣市教育網路中心。各大專院校經由區域網路中心連接至台灣學術網路，高中職則經由區域網路中心或縣市教育網路中心連接至學術網路，各國民中學及國民小學則經由所各縣市教育網路中心連接至學術網路。透過各層次的網路連接，在各級校園內的師生，得以經由學術網路連接至其他學校以及國內網路服務供應商，或經由教育部連接至國外網際網路，其網路連線架構圖如 圖 1 所示。

台灣學術網路由教育部與區域網路中心共同維運，負責維持區域網路間之通暢，並協助各區域之學術及研究單位連線至區域網路中心，以維持整體台灣學術網路之正常運作。各區域網路中心原先對外頻寬 70Mbps 與國內其他網路互相連接，如 HiNet、SEEDNET、政府資訊網路及各網路交換中心。台灣學術網路於 2002 年 3 月開始進行新世代骨幹網路實驗計畫，2003 年 6 月起所有區域網路中心對外頻寬正式升級為千兆乙太網路。縣市網路透過區域網路中心與骨幹網路相連接，原則上每個縣市建立一個縣市教育網路中心，服務該縣市內之高中、高職及國中、國小學校，各縣市網路中心對外銜接區域網路中心之頻寬在 2002 年為 45 Mbps (T3/ATM)，2003 年 6 月已全數擴充為千兆乙太網路。

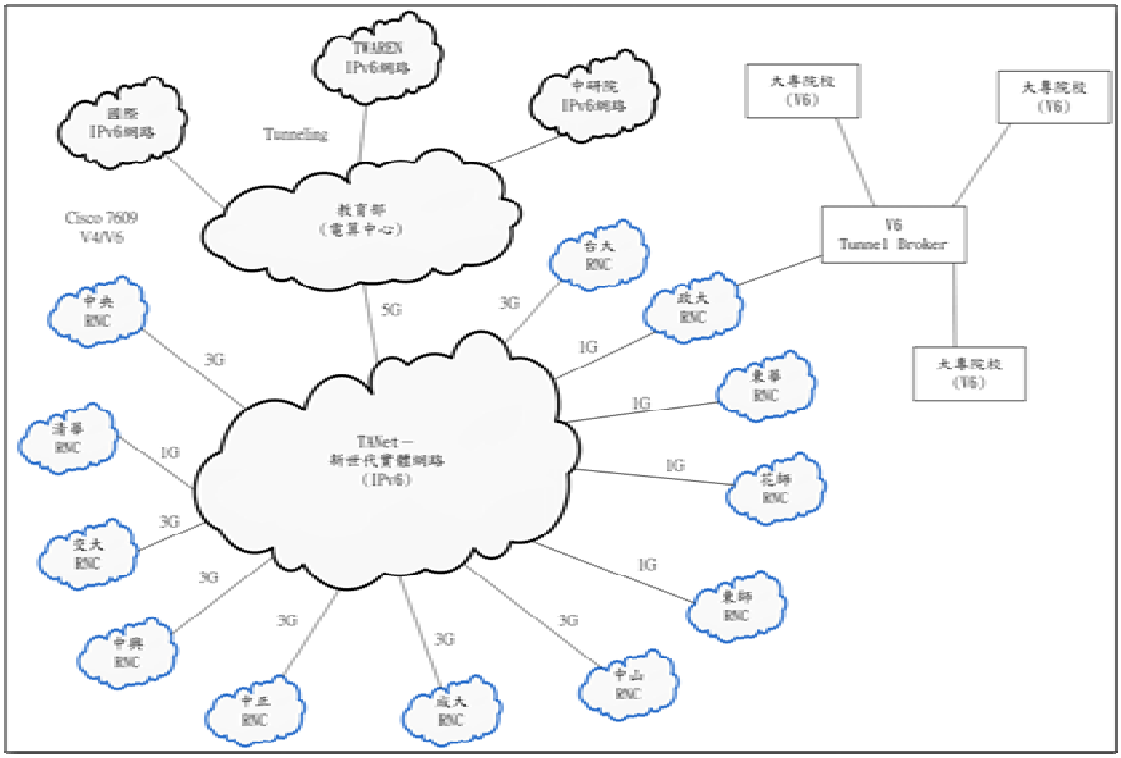

圖 2、TANet IPv6 實驗平台架構圖

學術網路國內的骨幹維護業務由國家高速網路中心的 TWAREN(Taiwan Advanced Research & Education Network)負責，而出國連線主要由中研院、國家高速網路中心及學術網路共同負責。學術網路除了提供日常教學研究外，本身也扮演一個大型測試網路的角色。以往我們看到包含 ATM(Asynchronous Transfer Mode, 非同步傳輸模式)、乙太網路、Web2.0 服務都是由學術網路進行先期導入與培植使用者建立使用習慣。目前 IPv6 也是學術網路的重要推動工作，在過去的幾年努力下骨幹已經完全雙協定化。學術網路除了內部的線路外，也與其他 ISP 或研究單位進行介接。舉例來說與 TWAREN IPv6 界接以進行生態格網等研究。而目前出國的 IPv6 線路是由中研院所負責管理維運。

在 2004 年TANet新世代骨幹網路已於選定區域網路中心之骨幹網路設備Cisco 7609 同時啟動IPv4 及IPv6，在不影響現有IPv4 網路運作的原則下，建立IPv6 骨幹網路連接各區網中心之骨幹設備。為提供IPv6 與IPv4 通透性服務所建置於各區網中心之 Tunnel Broker也已經開始運作，提供所轄連線單位的使用者體驗IPv6 網路的良好環境，其架構如 圖 2 所示。

在 2005 年 TANet 已經成功全面開啟骨幹的 IPv6 功能，並啟動區域網路中心(RNC)的 IPv6 路由交換，透過 IPv6 路由的交換，連接到其他國內外 IPv6 網路，直接以 IPv4/IPv6 Dual-Stack 的方式，提供校園網路使用者最方便的 IPv6 上網環境。同時，選定 4 所大專院校，進行了校園 IPv6 網路的建置實驗，並建置了 4 組校園 DNS 及 WWW 網站，以驗證校園 IPv6 網路的建置成果。

在 2006 年 TANet 經由先前建置完成的台南區網 IPv6 網路，將 IPv6 網路延伸至台南市教育網路，同時升級台南市教育網路的骨幹設備，並利用雙迴路的設計，使其同

時支援 IPv6 及 IPv4 網路，也建置了 IPv6 網路所必備的 DNS 伺服器，以提供基本的 IPv6 網路服務。此外，在兩所國小完成了校園 IPv6 網路的建置，驗證了 IPv6 網路的整體建置成果，並將成果置放於台南市教育網路中心 IPv6 網站上，將經驗分享給其他 TANet 的縣市教育網路中心。

在 2007 年 TANet 嘗試把 IPv6 網路由縣市教育網路中心再推展至偏遠地區的學校，讓偏遠地區的師生，也能透過 IPv6 網路學習相關經驗。此外，也將在中小學校園內建置校園無線 IPv6 網路，提供更全面的 IPv6 上網環境。並將計畫成果累積於縣市 IPv6 專屬網站，分享建置成果並加速 IPv6 的推廣。

在 2009 年 TANet 持續推動 IPv4/IPv6 雙堆疊網路基礎建設至 5 個縣市教育網路中心，並選定 5 所中小學作為校園 IPv6 網路示範學校，成功的將 IPv4/IPv6 Dual Stack 網路基礎建設建置經驗分享至其他縣市教育網路中心，並積極協助教育部推動 25 個縣市教育網路中心的 IPv4/IPv6 Dual Stack 網路基礎建設更新案。

貳、學術網路 VoIP 網路架構

近年來隨著 TANet 頻寬與穩定度的增加，各種網路服務被佈建在學校中，VoIP 是最重要的服務之一，VoIP 將通訊的方式從延遲性的通訊(如 Email)改變成即時性的通訊。基於 VoIP 成功的佈署，教師和學生不僅降低了通訊成本，而且還開發各種 VoIP 應用。舉例來說，在台南縣透過 VoIP 綜合性的服務，讓老師可以要求學生上傳語言學習的家庭作業到 VoIP 語音信箱系統裡，而在老師收到 email 通知後便可檢查學生上傳的語音檔。

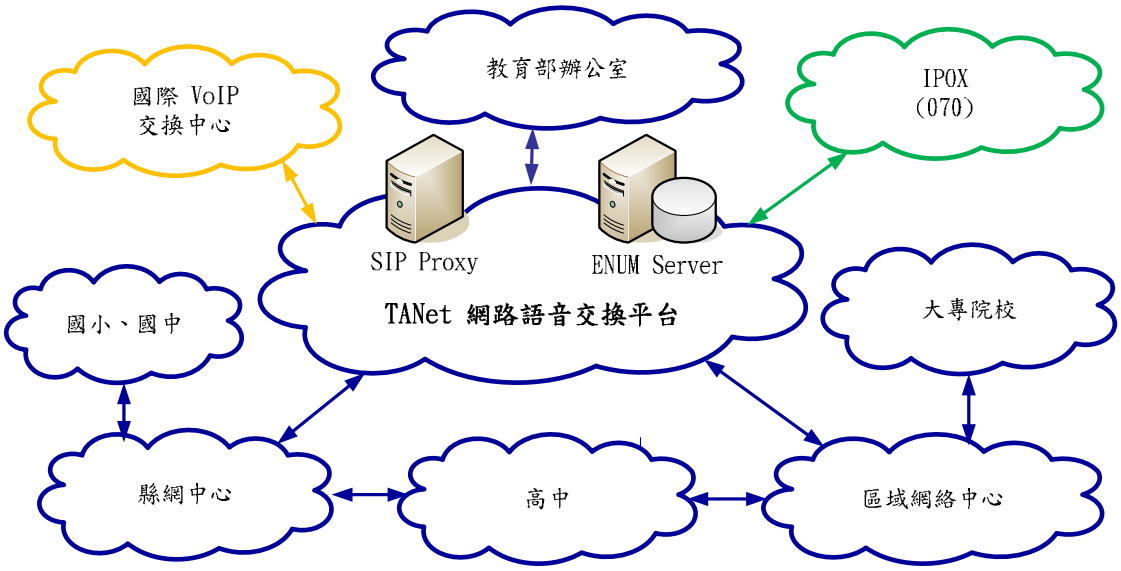

圖 3、TANet 網路語音交換平台

目前大約有 4000 間以上學校連結到TANet上，包括國民小學、國中、高中及大專院校。為了減少學校之間VoIP相互聯繫的開銷，教育部電算中心建置了TANet 網路語音交換平台，學校只要將校內VoIP連結到TANet 網路語音交換平台就能透過平台與其他學校聯繫。因此，學校可以減少相互聯繫的巨大成本。TANet 網路語音交換平台之架構如 圖 3 所示。

TANet 網路語音交換平台與縣網中心、區網中心，教育部辦公室及其他 VoIP 交換中心和 IPOX (IP Phone Open Exchange) 交換 VoIP 路由。TANet 網路語音交換平台連接的方式類似於 TANet 的骨幹網路。TANet 有 25 個縣網中心，縣網中心管理該縣市的國小與國中。TANet 有 13 個區網中心，區網中心管理該區域的大專院校，如宜蘭區與竹苗區，竹苗區包括了新竹縣與苗栗縣。高中職通常連結至縣網中心，但有些高中職會因為距離的問題連結至區網中心。

TANet 網路語音交換平台包含一台 SIP (Session Initiation Protocol server)和一台 ENUM server (E.164 Number Mapping server)。SIP server 提供註冊(也就是位置的訊息)和 proxy 的功能，定義在 RFC 3261 [1]。在 TANet 網路語音交換平台中，基於預定的網路電話前置碼(prefix)配置，我們利用 proxy 的功能來進行 VoIP 電話的撥打。表一，表示網路電話前置碼的配置。每一個縣網中心或區網中心都有兩個前置碼。一個被分配給縣網中心或區網中心的組織，另一個前置碼被分配到它的下屬單位(如國小)。

表 1、TANet 網路電話前置碼配置表

管理單位	前置碼 1	前置碼 2	管理/使用單位	前置碼 1	前置碼 2
台北縣	901	951	台南市	921	971
宜蘭縣	902	952	台北市	922	972
桃園縣	903	953	高雄市	923	973
新竹縣	904	954	金門縣	924	974
苗栗縣	905	955	連江縣	925	975
台中縣	906	956	台北區網(一)	926	976
彰化縣	907	957	台北區網(二)	927	977
南投縣	908	958	桃園區網	928	978
雲林縣	909	959	竹苗區網	929	979
嘉義縣	910	960	新竹區網	930	980
台南縣	911	961	台中區網	931	981
高雄縣	912	962	雲嘉區網	932	982
屏東縣	913	963	台南區網	933	983
台東縣	914	964	高屏澎區網	934	984
花蓮縣	915	965	東部區網	936	986
澎湖縣	916	966	台東區網	937	987
基隆市	917	967	宜蘭區網	942	992
新竹市	918	968	南投區網	943	993
台中市	919	969	Loxa 教育網	988	
嘉義市	920	970	教育部	900	

跟一般的電話用戶一樣，當網路語音的使用者撥打電話時，他們習慣於撥打電話號碼(如+886-3-9357400)。為了配合使用者的習慣，我們在 TANet 裡配置 ENUM server 來把電話號碼(如 E.164 號碼)轉譯成網路位置(如 SIP Uniform Resource Identifier)。當使用者撥打對方(被撥打方)的電話號碼時(如 03-9357400)，SIP user agent(也就是 IP 電話)會發送一個 SIP **INVITE** 訊息到 SIP server。一旦收到 **INVITE** 訊息，SIP server 會發送一個請求到 ENUM server 來查詢這個電話號碼，如果 ENUM server 回覆一個 SIP Uniform

Resource Identifier (URI)，SIP server 會依據 SIP URI.轉送這個請求到下一個節點。如果不是，SIP server 會將轉送這個請求到 Public Switched Telephone Network (PSTN) gateway。PSTN gateway 是用來橋接 VoIP 電話與傳統網路。

每一個 VoIP 電話都需要一個 IP 位址來連結上網路。大多數的學校都沒有足夠的 IP 位址來支援個人電腦與 VoIP 電話。雖然有兩個方法(例如 IPv6 和 NAT)可以來幫忙減少 IP 位址不足的問題，但只有 IPv6 是一個長遠的解決辦法，Network Address Translation (NAT)會導致其他的問題(如，NAT 穿越的問題)。

基於上述，TANet 決定建置 IPv6 VoIP 話機(IPv4/IPv6 Dual Stack)。然而，還是有些 IPv4-only VoIP 話機是已經被佈建到學校裡的。明顯地，如何讓 IPv6 話機與 IPv4 話機通話會是個重大的問題。IPv6-IPv4 轉換(IPv6-IPv4 translation) [5][6][7][8]或 SIP 重新指向機制(SIP redirection mechanism) [4]可以來解決這個問題，它們可以讓 IPv6 話機與 IPv4 話機進行通話。

參、IPv6 VoIP 運作簡介

為了解決 IP 位址不足的問題。我們決定在學校裡建置 IPv6 VoIP 話機。然而，有些 IPv4-only VoIP 話機已經被佈建到學校裡。很明顯的，如何讓 IPv6 話機與 IPv4 話機通話會是個重要問題。IPv6-IPv4 轉換 (IPv6-IPv4 translation) [5][6][7][8]或 SIP 重新指向機制(SIP redirection mechanism) [4]可以來解決這個問題，這些機制可以讓 IPv6 話機與 IPv4 話機進行通話。要執行這些機制 IP 話機和 SIP server 應該被修改，並添加一些功能。接下來我們會介紹 IPv6 VoIP 話機與 server 是如何修改的。

TANet所使用的IPv6 VoIP話機同時可以取得IPv4 與IPv6 位址。IPv4 的位址可以被手動設置或是藉由DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)來自動取得。IPv6 的位址可以被手動設置或者是藉由IPv6 stateless auto-configuration [10]來取得。在完成IP位址設定後，IPv6 的話機開始將它的位址登錄到SIP server上。圖 4(a)是IPv6 話機註冊程序的流程圖。IPv6 話機會檢查是否有得到IPv4 位址，如果有，IPv6 話機會對SIP server送出一個IPv4 的**REGISTER**訊息。然後，IPv6 話機會檢查是否有得到IPv6 位址，如果有，IPv6 話機會對SIP Server送出一個IPv6 的 **REGISTER**訊息。如果IPv6 話機沒有得到IPv4 或IPv6 的位址，IPv6 話機會停止程序，並發出錯誤訊息給使用者。

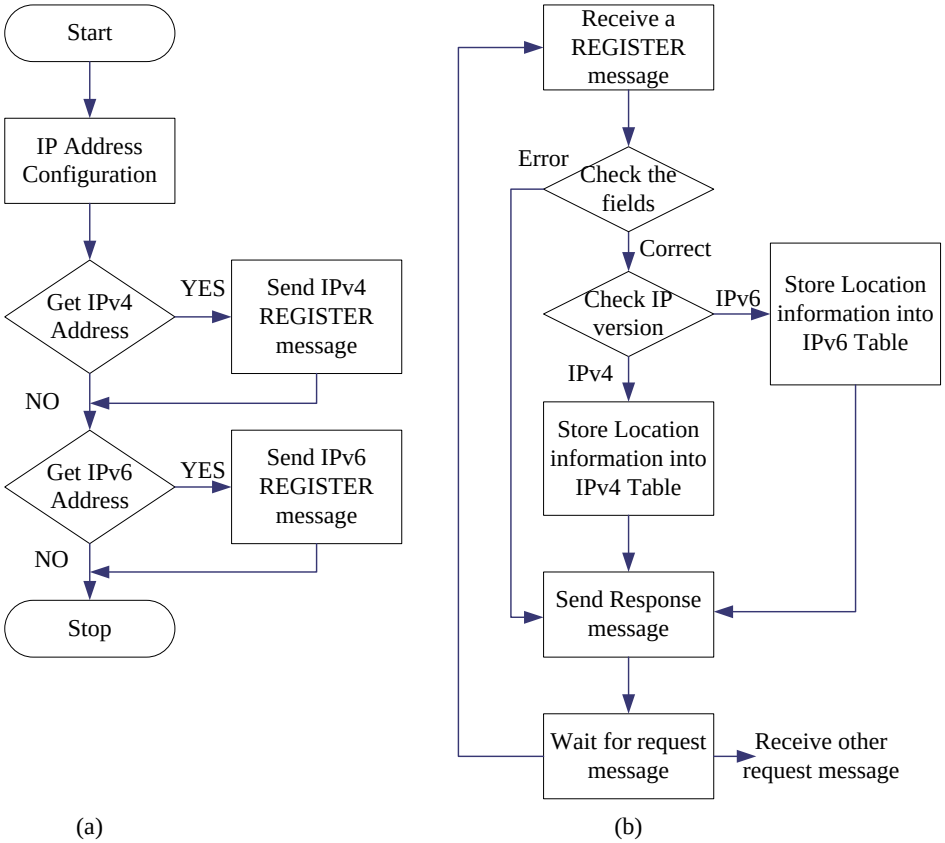

圖 4、IPv6 VoIP 話機與 SIP Server 處理註冊程序的流程圖

圖 4(b)表示了當SIP 伺服器收到**REGISTER**訊息的動作。一旦收到**REGISTER**訊息，SIP 伺服器會先檢查在訊息中所有的SIP header fields，如果有任何欄位是錯誤的，SIP 伺服器會回覆一個 4xx訊息給IP話機。如果所有的fields都沒有錯誤，SIP 伺服器會檢查IP的版本。如果是IPv6，SIP 伺服器會把IP訊息(如 IP的位址與port)存在IPv6 的Table裡。如果是IPv4，SIP 伺服器會把IP訊息存在IPv4 的表格裡。經過了以上的操作，SIP 伺服器會得到IPv6 話機的IPv4 與IPv6 的位址。

當 SIP 伺服器收到一個 **INVITE** 訊息，SIP 伺服器會利用 Request URI 裡的 identity 檢索被撥打方的資料及檢索在 Contact field 的 IP 資訊。由於 ENUM 已經在我們的架構中，SIP 伺服器可以從被撥打方 identity 的前置碼判斷 IP 話機是否註冊在 SIP 伺服器上。

舉例來說，根據 表 1，IP話機的前置碼是 942，表示它註冊在宜蘭區網的SIP server上。如果被撥打方註冊到這個SIP server上，SIP server會從IPv6 Table和IPv4 Table檢索被撥打方的IP資訊，然後比對撥打方與被撥打方的IP版本，如果IP版本相同，SIP server會轉送撥打方的**INVITE**訊息到被撥打方。反之，SIP server會發送 **302 Moved Temporarily** 給撥打方，使撥打方重新送出IP版本正確的**INVITE**訊息。如果被撥打方不是註冊在SIP server上，SIP服務器會根據預先設定的路由轉發 **INVITE**訊息。注意，當**INVITE**訊息路由的IP版本不同時，SIP server會運行IPv6-IPv4 轉換。

IPv6-IPv4 轉換包括 SIP 訊息與 Real-time Transport Protocol (RTP) [2]封包的轉換。有兩個機制可以轉換 SIP 訊息，分別是 Back-to-Back User Agent (B2BUA)和 SIP 訊息修改。在第一個機制中 SIP 伺服器扮演著 B2BUA 的角色，也就是說 SIP 伺服器扮演 User Agent Server (UAS)來接收 **INVITE** 訊息，再扮演 User Agent Client (UAC)來發送不同 IP 版本的 **INVITE** 訊息。而在 SIP 訊息修改中，SIP 伺服器會修改 SIP header fields(如 Via, Contact and Request URI)和 Session Description Protocol (SDP) [3] c 和 m 欄位.。

以 IPv4 到 IPv6 的轉換為例，基於對應表，RTP 封包可以透過 RTP proxy[9]進行轉換，它接收來源端的 IPv4 RTP 封包，轉換成 IPv6 的封包，然後發送 IPv6 RTP 的封包到目的地端。對應表是由 SIP 伺服器所建立的。SIP 伺服器從撥打方 **INVITE** 訊息與被撥打方 **200 OK** 訊息中的 SDP c 和 m fields 來檢索 IP 資訊。接著 SIP 伺服器對應撥打方與被撥打方的 IP 資訊並儲存在對應表裡。做了以上的修改，IPv6 話機可以正常與 IPv4 only 的話機進行通信。

肆、IPv4/IPv6 VoIP 交換機制說明

在 TANet VoIP 平台中，有四種 VoIP 通訊情況，分別為 IPv4 to IPv4、IPv6 to IPv6、IPv4 to IPv6 和 IPv6 to IPv4。對於前三種情況，SIP 伺服器的 SIP 訊息轉送都不用經過轉換。也就是說，最後一種情況需要 IPv6-IPv4 轉換。如果 IPv6 跟 IPv4 的話機註冊在同一台 SIP 伺服器上，SIP 伺服器擁有這兩台話機的 IP 資訊，可以用重新指向的機制，而不用 IPv6-IPv4 轉換。換言之，若 IPv6 跟 IPv4 的話機註冊在不同台 SIP 伺服器上，那 SIP 伺服器將不擁有這兩台話機的 IP 資訊，SIP 伺服器只能根據預設的路由轉傳和/或轉換 SIP 訊息。在這裡，我們用三個範例來說明，第一個範例，IPv6 話機撥打另一部 IPv6 話機；第二個範例，IPv6 話機撥打屬於相同 SIP 伺服器上的 IPv4 話機；第三個範例，IPv6 話機撥打屬於不同 SIP 伺服器上的 IPv4 話機。

圖 5，表示IPv6 話機(Phone-1)與另一部IPv6 話機(Phone-2)進行通話的訊息流程。假設Phone-1 與Phone-2 的IP資訊都已經登錄在SIP server，過程說明如下。

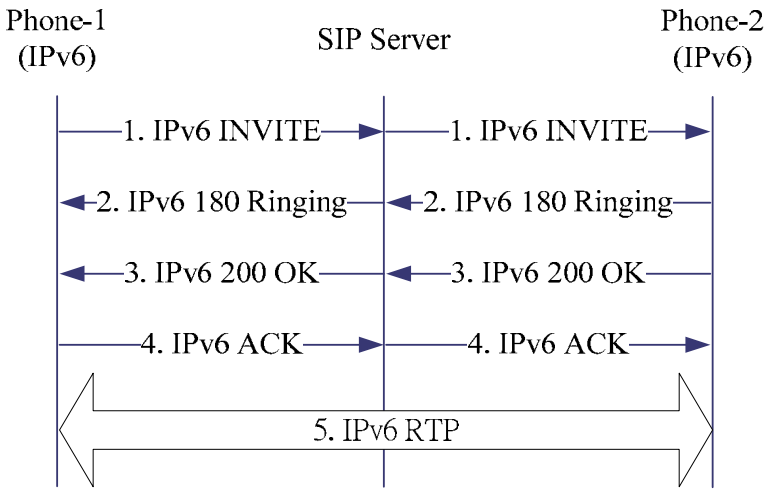

圖 5、IPv6 話機(Phone-1)與另一部 IPv6 話機(Phone-2)進行通話

步驟一、Phone-1 透過 SIP server 發送 IPV6 **INVITE** 訊息至被撥打方(Phone-2)，SIP server 一收到這個訊息就會利用 **INVITE** 訊息中的 Request URI 檢索 Phone-2 的 IP 資訊，如果 Phone-2 的 IP 資訊在 SIP server 的資料庫(如 IPv6 table)被找到，SIP server 會轉送 **INVITE** 訊息給 Phone-2。

步驟二、一收到 **INVITE** 訊息，Phone-2 的鈴聲會響起，並回應 **180 Ringing** 訊息給 Phone-1。**180 Ringing** 訊息是複製 **INVITE** 訊息裡的 Via field 來回傳給 Phone-1，Phone-1 收到 **180 Ringing** 訊息馬上就會在聽筒或擴音器響起響鈴聲。

步驟三、當 Phone-2 接起這通電話， Phone-2 會回傳 **200 OK** 訊息。**200 OK** 訊息會用跟 **180 Ringing** 訊息相同的路徑來傳給 Phone-1。

步驟四、當 Phone-1 收到 **200 OK** 訊息，會立即回覆 **ACK** 訊息並開始傳送 RTP 封包給 Phone-2。

步驟五、當 Phone-2 收到 **ACK** 訊息便開始傳送 RTP 封包給 Phone-1。此時，Phone-1 與 Phone-2 之間的 RTP sessions 被建立完成，可以進行通話。

請注意，IPv4 話機除了使用 IPv4 訊息而非 IPv6 訊息之外將遵循同樣的程序來撥打另一個 IPv4 話機。相同的，IPv4 話機也用 IPv4 訊息及同樣的程序來與 IPv6 話機通話。

假設IPv6 phone (Phone-1)與IPv4 phone (Phone-2)登錄他們的IP資訊到相同的SIP server，Phone-1 登錄IPv6 與IPv4 的位址資訊，而Phone-2 登錄IPv4 的位址資訊，Phone-1 撥打電話給Phone-2 的訊息流程被表示在 圖 6，說明如下。

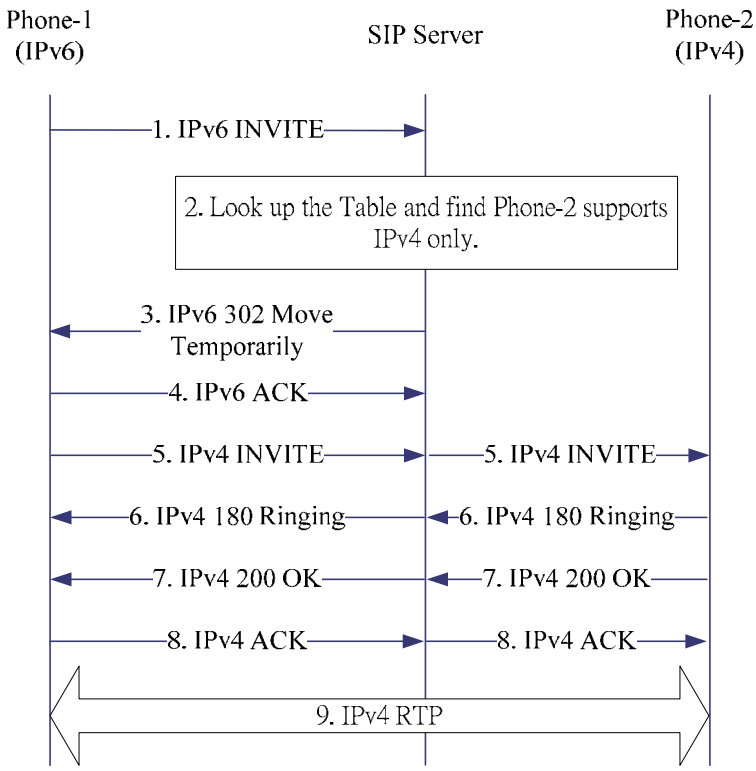

圖 6、IPv6 與 IPv4 話機在相同的 SIP server 上

步驟一、Phone-1 透過 SIP server 先傳送 IPv6 **INVITE** 訊息給被撥打方(Phone-2)，此時 Phone-1 並不知道 Phone-2 支援 IPv4 或 IPv6。

步驟二、一收到這個訊息，SIP server 會利用 **INVITE** 訊息中的 Request URI 檢索 Phone-2 的 IP 資訊。在尋找資料庫(如 IPv4 and IPv6 tables)後發現 IPv4 phone-2 只登錄 IPv4 位址。也就是說 Phone-2 只能使用 IPv4。

步驟三、由於 Phone-1 有 IPv4 及 IPv6 的資訊，SIP server 會送一個 IPv6 訊息 **302 Moved Temporarily** 給 Phone-1，使 Phone-1 重新送一個 IPv4 訊息。

步驟四、收到 **302 Move Temporarily** 訊息，Phone-1 會發送一個 IPv6 訊息 **ACK**，來中止 **INVITE** 交流。

步驟五～八、除了是用IPv4 的訊息之外，這些步驟與 圖 5 的步驟 1~4 相同。

步驟九、在 Phone-2 收到 IPv4 **ACK** 之後，Phone-1 與 Phone-2 之間的 IPv4 RTP sessions 被建立起來。

在這個範例中，SIP server 有 Phone-1 與 Phone-2,的 IP 資訊，所以它可以使用重新轉向的機制。在重新轉向的機制中，通話設定的時間增加，但不會讓 RTP 封包轉換的造成傳輸的負擔。

這裡還有另一個IPv6-IPv4 轉換的範例，IPv6 phone (Phone-1)與IPv4 phone (Phone-2)在不同SIP servers上。在這個範例中SIP server只知道其中一的IP資訊(撥打方或者是被撥打方)。SIP server沒有辦法用重新轉向的機制，但可以用轉換的機制取代。假設Phone-1登錄它的IPv6 與IPv4 資訊到SIP Server-1，而Phone-2 登錄它的IPv4 資訊到SIP Server-2。流程圖被表示在 圖 7，說明如下。

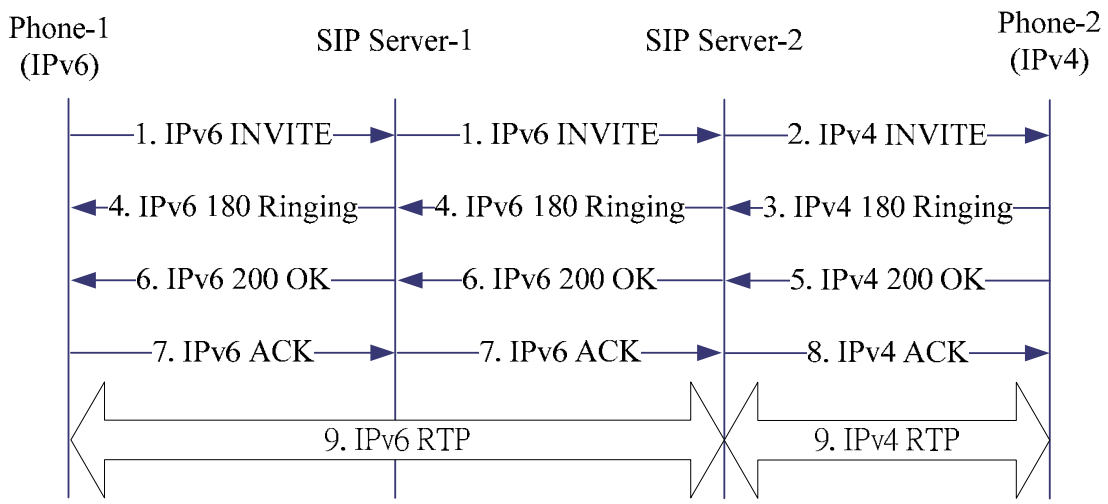

圖 7、IPv6 與 IPv4 話機使用不同的 IP 版本。

步驟一、Phone-1 透過 SIP server 先傳送 IPv6 **INVITE** 訊息給被撥打方 (Phone-2)，當 SIP server-1 一收到這個 **INVITE** 訊息，它會查看它的資料庫，並且找到 Phone-2 是屬於 Server-2 的。Server-1 會根據預設的路由轉傳這個訊息給 Server-2。

步驟二、當 SIP Server-2 一收到 IPv6 **INVITE** 訊息它會透過尋找資料庫來找到 Phone-2 登錄的 IPv4 位址。SIP Server-2 會轉換這個訊息成為一個 IPv4 **INVITE** 訊息並發送這個訊息給 Phone-2。

步驟三～八、除了 Phone-2 會使用 IPv4 訊息之外，Phone-1、SIP Server-1 和 Phone-2 會依照與範例一 1~4 的步驟來進行程序。此外，SIP server-2 會利用 U2BUA 或 SIP 訊息修改來進行 IPv6-IPv4 的轉換。

步驟九、在 Phone-2 收到 IPv4 **ACK** 之後，**INVITE** transaction 就已經完成了，而 Phone-1 與 Phone-2 之間的 RTP sessions 也透過在 SIP Server-2 中的 RTP proxy 被建立起來。RTP session 被分為兩部分，在 Phone-1 與 SIP Server-2 之間的 IPv6 sub-session 與 SIP Server-2 與 Phone-2 之間的 IPv4 sub-session。

在這個範例裡我們要注意，因為 SIP 和 RTP 的 IPv6-IPv4 轉換。通話建立時間和 RTP 傳輸延遲會增加。在 TANet 網路語音交換平台中，如果 SIP server 有撥打方與被撥打方的 IP 資訊，SIP server 會執行重新指向的機制而非 IPv6-IPv4 轉換。否則，SIP server 會執行 IPv6-IPv4 轉換來橋接 IPv6 話機與 IPv4 話機之間的通訊。

伍、測試與驗證

伺服器的測試與驗證

為了讓 SIP server 符合區網交換中心之需求，TANet VoIP 技術小組訂出以下的規格，包括網頁管理介面、支援 ENUM 查詢功能(ENUM query function)、電話路由功能、進階功能、安全要求、SIP 標準協定支援、容量、自動總機與語音信箱、支援 / 維持電話應用功能、支援 NAT 穿越功能、其它功能…，以下為區網交換中心 SIP server 所的規格需求。

區網交換中心 SIP 伺服器之規格需求：

一、 網頁管理介面

- 系統管理者網頁管理介面
- 群組管理者網頁管理介面
- 使用者網頁管理介面

二、 支援 ENUM 查詢功能(ENUM query function)

- 支援 ENUM 查詢功能。
- 當 ENUM 回覆多個 NAPTR 位置時，循序震鈴設備。

三、 電話路由功能

- 提供電話互連互通的路由設定。
- 可以設定 IPv6 與 IPv4 電話路由。
- 具電話權限控管功能，如號碼限撥、禁止撥號等。

- 具彈性撥號編碼原則設計機制(Flexible Dial-Plan Configuration)，可分別依據 caller number、outbound group 及 destination number 來指定電話路由規則。
- 同一條件可指定 3 種(含)以上的電話路由規則，當主要路由無回應或收到回應 403 (Forbidden)、404 (Not found)、480 (Temporarily Unavailable)、486 (Busy Here)、500 (Server Internal Error)、503 (Service Unavailable)、600 (Busy)或 603(Decline)時，自動切換至備援路由。
- 每筆撥入電話路由規則可指定來電主機 IP 位址，防止 VoIP Spam。
- 可依電話號碼及群組設定撥入/撥出電話路由規則。

四、 進階功能

- 提供 SIP 訊息過濾功能，管理者可依 SIP 訊息的 Method、Response Code、發號端號碼、受話端號碼與來源 IP 位址等資訊設定，予以濾除。
- 提供詳細通話紀錄(Call Detail Record, CDR)下載，以 CSV(Comma Separated Value)格式輸出。
- 提供即時統計
- 提供管理者選擇時段查詢該時段的通話資訊
- 提供 MRTG 或其他類似軟體繪製的每日每週每月每年統計圖表，分別記錄系統相關資訊
- 詳細紀錄 UA 註冊資訊，以便管理者控管追蹤

五、 安全要求

- 系統須具有自我監測及自動回復功能(含 IPv4 及 IPv6)。

- 系統須支援 HA(High Availability)功能。 ***詳如註解***
- 提供與 RADIUS 整合之使用者認證與紀錄功能。
- 支援 MD5 註冊/代理 認證功能。
- 支援 Transport Layer Security (TLS)通訊協定以及 SRTP 協定。
- 須提供系統紀錄，包括所有管理者登入/登出時間、來源 IP 位址、異動項目、操作內容及其他相關資訊。
- 系統管理者網頁管理介面、群組管理者網頁管理介面及使用者網頁管理介面須分別在不同的網路通訊埠提供服務，以便管理者可以針對不同需求分別進行存取控管。
- 系統須提供防火牆管理機制，可以針對所有網路通訊埠進行存取控管。

六、 SIP 標準協定支援

- 支援 SIP Proxy/Redirect/Registrar Server 功能。
- 支援 Compact form 訊息格式。
- 可由管理者調整系統於指定的 UDP port 及 TCP port 提供服務。
- 支援 Stateful Transaction。
- 支援 Record-Route。
- 支援 IPv6 與 IPv4 註冊 / 呼叫 。
- 支援 IPv6 呼叫 IPv4 與 IPv4 呼叫 IPv6 之 RTP 封包轉換。
- Dual Stack Phone 以 IPv6 呼叫 IPv4-only Phone 時，可由 Callee 註冊之伺服器以 302(Moved Temporarily)回應通知 Caller 改以 IPv4 重撥。
- 提供 SIP User Agent 可使用 IP 位址及 Domain Name 註冊。

七、 容量

- 主機授權註冊數量 20,000 用戶以上
- 同時線上註冊 1,000 用戶之壓力測試，回應時間須低於 2 秒。
- 提供 500 (含)以上的靜態路由規則。
- 提供同時 200 通穿越 NAT 的能力。
- RTP 經過 SIP Server 至少提供 200 通同時通話數。
- 實驗室測試 G.711 編碼在同時通話數 200 通時，語音品質 MOS 值須達 3.5 以上。
- SIP Server 可經由兩台以上主機連接擴充容量。

八、 自動總機與語音信箱

- 具備自動總機與 20000 組(含)以上的語音信箱。
- 自動總機須提供預錄問候語、轉接總機或分機電話等功能。
- 使用者可利用話機或使用者網頁管理介面，指定語音信箱使用模式為一般語音留言。
- 所有語音留言檔必須具備權限的使用者登入後才可存取，未經合法授權的使用者或未經認證的匿名者均不得有任何存取權限。

九、 支援 / 維持電話應用功能

- 撥打電話、來電應答、拒接來電(Make call / Answer call / Cancel call) 。
- 電話轉接(Call transfer)_RFC5359。
  - 直接轉接(Attended transfer)。
  - 間接轉接(Unattended transfer)。

- 電話跟隨(Call forward) _RFC5359。
  - 忙線轉接(Busy forward)。
  - 無應答轉接(No Answer forward)。
  - 無服務轉接(No Service forward)。
  - 無條件轉接(Unconditional forward)
- 話中插接 (Call waiting)。
- 三方通話 (3-party conference call)。
- 提供一碼多機功能，單一號碼振鈴多個設備。
- 提供一機多碼功能，同一設備可有多個代表名稱。

十、 支援 NAT 穿越功能

- 由 NAT 設備外部 UA 打給內部 UA。
- 由 NAT 設備內部 UA 打給外部 UA。
- 由 NAT 設備內部 UA 打給內部 UA。

十一、 其它功能

- 需支援 WebCall 功能，透過 IE、Firefox、Chrome 或 Safari 等常用瀏覽器來撥打 WebCall 給 v4 或 v6 話機。並且提供 60 通 concurrent call。
- 需支援 Audio Conference 會議室功能，且每間會議室需容納超過 3 人，總人數達 12 人
- 會議室功能支援 G.711 與 G.729 Codec
- SIP server 提供雙電源供應器，並能在一方電源失效時自動切換電源供應器。

- 具有兩顆以上硬碟，並可執行 RAID1 備份。
- 支援 RFC2976 (The SIP INFO Method)
- 支援 RFC3428 (SIP Extension for Instant Messaging)

十二、 優規選項 (此項目於 SIP server 為非必要項目，若符合規範則列為優規。)

- 會議室功能總人數大於 12 人
- 會議室功能支援 Speex codec
- Webcall 功能支援 60 通以上 concurrent call。
- 支援 Skype 撥出撥入 (Skype Trunk)
- 支援標準通訊協定 RFC 3263 Locating SIP Servers 與 RFC 3581 SIP Symmetric Response Routing

驗證方法

為驗證上述規格，本計畫設計出測試項目與操作步驟如 表 2 所示：

表 2、測試項目與操作步驟

測試項目	操作步驟
1.網頁管理介面	
1.1 系統管理者網頁管理介面	可以批次建立帳號 (可以指定相同密碼或是由系統產生亂數密碼並報表匯出)。
	可以修改與檢視所有個人及群組帳號資料。
	可以顯示個人、群組或是所有帳號的撥打電話的日報、週報或月報，或查詢特定時間內之通話報表。
	提供封包擷取功能。管理者可以指定介面啟動封包擷取，擷取完成後，以.cap 格式儲存檔案，並提供下載。
1.2 群組管理者網頁管理介面	可以修改與檢視群組內所有個人帳號資料。
	可以顯示個人或群組的撥打電話的日報、週報或月報，或查詢特定時間內之通話報表。
1.3 使用者網頁管理介面	可以修改與檢視個人帳號資料。
	可以顯示個人的撥打電話的日報、週報或月報，或查詢特定時間內之通話報表。
2. ENUM 功能	
2.1 支援 ENUM 查詢功能 (Support native ENUM query function)。	實測話機撥打電話號碼，透過 SIP server 連接 ENUM server 進行查詢 NAPTR (A Name Authority Pointer)，並擷取封包觀看。
2.2 支援 ENUM 查詢，並在 ENUM 回覆多個 NAPTR 位置時，循序震鈴設備。	測試 SIP server 收到多個 NAPTR 位置時，是否循序震鈴設備。檢視相關設定畫面或廠商出示證明。
3.電話路由功能	
3.1 支援靜態條件路由、動態註冊路由、電話跟隨路由。	檢視 SIP server 路由設定功能。
3.2 撥號前置碼自動路由判別	實測 SIP server 透過撥號的前置碼自動路由判別且建立通話成功，並擷取封包觀察
3.3 可以設定 IPv6 與 IPv4 電話路由。	實測 IPv6 與 IPv4 電話路由是否可以分別設定。
3.4 具電話權限控管功能，如號碼限撥、禁止撥號等。	檢視 SIP server 電話權限控管功能。
3.5 具彈性撥號編碼原則設計機制 (Flexible Dial-Plan	檢視 server 撥號編碼管理介面，是否可分別依據 caller number、outbound group 及

Configuration)，可分別依據 caller number、outbound group 及 destination number 來指定電話路由規則。	destination number 來指定電話路由規則。
3.6 同一條件可指定 3 種(含)以上的電話路由規則，當主要路由無回應或收到回應 403 (Forbidden)、404 (Not found)、480 (Temporarily Unavailable)、486 (Busy Here)、500 (Server Internal Error)、503 (Service Unavailable)、600 (Busy) 或 603(Decline)時，自動切換至備援路由。	檢視 SIP server 路由設定介面，當 SIP server 主要路由無回應或收到回應 403 (Forbidden)、404 (Not found)、480 (Temporarily Unavailable)、486 (Busy Here)、500 (Server Internal Error)、503 (Service Unavailable)、600 (Busy)或 603(Decline)時，是否自動切換至備援路由。
3.7 每筆電話路由規則須可分別設定 caller number/ destination number 新增前置碼及移除前置碼位數。	檢視 SIP server 前置碼新增及移除設定介面。
3.8 每筆撥出電話路由規則須可由管理者選擇指定 SIP、ENUM 或禁撥等三種路由類型(三選一)。	檢測管理者是否可以指定三種型態路由規則。
3.9 每筆撥入電話路由規則可指定來電主機 IP 位址，以防止 VoIP Spam。	透過封包檢視 SIP server 是否指定撥入電話之 IP 位址，並拒絕非指定 IP 位址撥入之電話。
3.10可依電話號碼及群組設定撥入/撥出電話路由規則。	檢測 SIP server 可依照電話號碼或群組來設定撥入與撥出電話路由規則
4.進階功能	
4.1 提供 SIP 訊息過濾功能，管理者可依 SIP 訊息的 Method、Response Code、發號端號碼、受話端號碼與來源 IP 位址等資訊設定，予以濾除。	檢視 SIP server 具有訊息過濾功能。(ex: Redirect 檢查功能針對會轉至 PSTN 的 302 進行阻斷。
4.2 須提供詳細通話紀錄(Call Detail Record, CDR)下載，以 CSV(Comma Separated Value)格式輸出。	內容至少包括 From URI、To URI、Start Time、Connect Time、End Time、Call Result、Call Status Code、Call Audio Code、Contact URI、Request URI、Original Request URI、From Private IP、To Private IP、Caller IP address、Callee IP address、通話型態(註明 caller=>callee，共 IPv6=>IPv6、IPv6=>IPv4、IPv4=>IPv6、IPv4=>IPv4 四種)。
4.3 須提供即時統計	包括目前的上線使用者數量、來自 NAT 的上

	線使用者數量、線上網內通話數量、線上網外(off-net)通話數量。
4.4 須提供管理者選擇時段查詢該時段的通話資訊	含未接通及已完成通話，內容至少包括 From URI、To URI、Request URI、Start Time、duration、Call Status Code。
4.5 須提供 MRTG 或其他類似軟體繪製的每日每週每月每年統計圖表，分別記錄系統相關資訊	至少包括硬碟空間使用率、網卡流量、CPU 負載、線上網內通話數量、線上網外(off-net)通話數量。
4.6 須詳細紀錄 UA 註冊資訊，以便管理者控管追蹤	記錄 UA 的註冊時間，登出時間，來源 IP 位址等。此資訊至少保留 1 小時，1 小時候將由系統或管理者將資料比對，把重覆的刪除。
5.安全要求	
5.1 系統須具有自我監測及自動回復功能，系統因故重新開機時，原先 SIP UA 所註冊之 Contact address(含 IPv4 及 IPv6)均可自動回復。	檢視待測 SIP server 的電源供應器關閉再打開後，原先 SIP UA 註冊的 Contact address 是否有自動回復
5.2 系統須支援 HA(High Availability)功能。	請廠商出示證明文件 (備註：HA 為當系統中任一台主機發生故障或因維修需求而停機時，其他台主機仍可以擔負整個系統的維運，並且平時所有主機群正常運作時，也具有負載均衡的功能
5.3 提供與 RADIUS 整合之使用者認證與紀錄功能。	實測 SIP server 與 RADIUS server 和 LDAP 整合之使用者認證與紀錄功能，並擷取封包。
5.4 支援 MD5 註冊認證功能。	啟動 server 端的帳號認證功能，清除 server 的註冊資訊後，重新啟動話機，檢視 server 能否正確送出 401(Unauthorized)，並於話機回應 Digest Authentication Response 後，完成註冊。
5.5 支援 MD5 代理認證功能。	啟動 server 端的代理認證 (proxy authentication)功能，接著話機進行呼叫，檢視 server 能否正確送出 407 (Proxy Authentication Required)，並於話機回應 Digest Authentication Response 後，完成呼叫。
5.6 支援 Transport Layer Security (TLS)通訊協定以及 SRTP 協定。	請廠商提供證明 SIP server 是否支援 TLS Client 或 TLS 話機以及 SRTP 協定。
5.7 須提供系統紀錄，包括所有管理者登入/登出時間、來源 IP 位址、異動項目、操作內容及其他相關資訊。	實測是否支援 SIP server 系統紀錄功能以及設定介面。檢測所有管理者、登入/登出時間、來源 IP 位址、異動項目、操作內容及其他相關資訊紀錄畫面。

5.8 系統管理者網頁管理介面、群組管理者網頁管理介面及使用者網頁管理介面須分別在不同的網路通訊埠提供服務，以便管理者可以針對不同需求分別進行存取控管。	實測輸入不同的網路通訊埠分別進入系統管理者網頁管理介面、群組管理者網頁管理介面及使用者網頁管理介面。
5.9 系統須提供防火牆管理機制，可以針對所有網路通訊埠進行存取控管。	檢視是否提供防火牆管理介面，並可針對所有網路通訊埠進行存取控管。
6.SIP 標準協定支援	
6.1 支援 SIP Proxy/Redirect/ Registrar Server 功能。	實測 SIP server Proxy / Redirect / Registrar Server 功能，並擷取封包驗證。
6.2 支援 Compact form 訊息格式。	廠商提供證明，當使用支援 SIP 縮寫表頭的話機測試，確認 server 仍然可以正常運作。(如 f 代表 From, v 代表 Via, …)。
6.3 可由管理者調整系統於指定的 UDP port 及 TCP port 提供服務。	檢視管理介面是否提供 port 修改，並實測 server 可以在非 udp 5060 提供 SIP 服務。
6.4 支援 Stateful Transaction。	話機 1 與話機 2 通話時，突然拔除話機 2 網路線，接著掛斷話機 1，檢視 server 是否持續重傳 bye 給話機 2 直到 timeout。
6.5 支援 Record-Route 。	實測檢視 SIP 訊息表頭是否有 Record-Route 欄位及資訊
6.6 支援 IPv6 與 IPv4 註冊。	確認可以接受話機分別以 v4 和 v6 進行註冊。(話機送出 IPv6 REGISTER 註冊 v6 contact address；另外送出 IPv4 REGISTER 註冊 v4 contact address)。
6.7 支援 IPv6 與 IPv4 呼叫。	實測 IPv6 與 IPv4 呼叫，並擷取封包。
6.8 支援 IPv6 呼叫 IPv4 與 IPv4 呼叫 IPv6 之 RTP 封包轉換。	實測 IPv6-only phone 與 IPv4-only phone 互撥，確認 Server 可以進行 IPv4 和 IPv6 之 RTP 封包轉換。(擷取封包判斷種類並聆聽聲音)
6.9 Dual Stack Phone 以 IPv6 呼叫 IPv4-only Phone 時，可由 Callee 註冊之伺服器以 302(Moved Temporarily)回應通知 Caller 改以 IPv4 重撥。	設定話機 1 為 dual stack，話機 2 為 IPv4 only。抓取封包確認話機 1 優先以 v6 呼叫，並接受來自 server 端的 302 回應，改以 v4 重新呼叫，並進行點對點 RTP 通話。
6.10提供 SIP User Agent 可使用 IP 位址及 Domain Name 註冊。	給定 sip server 之領域名稱及 SRV 紀錄，測試是否能註冊及通話。
7.容量	

7.1 主機授權註冊數量 20,000 用戶以上	透過壓力測試實測 SIP server 主機授權註冊數量達 20000 個帳號以上。可由廠商提供相關壓力測試證明。
7.2 同時線上註冊1,000用戶之壓力測試，回應時間須低於 2 秒。	透過壓力測試實測同時線上註冊 1,000 用戶之壓力測試。可由廠商提供相關壓力測試證明。
7.3 提供 500 (含)以上的靜態路由規則。	透過壓力測試模擬並設定 500 筆靜態路由規則。可由廠商提供相關壓力測試證明。
7.4 提供同時 200 通穿越 NAT 的能力。	透過壓力測試模擬 200 通通話來進行壓力測試。可由廠商提供相關壓力測試證明。
7.5 RTP 經過 SIP Server 至少提供 200 通同時通話數。	透過壓力測試模擬 200 通通話來進行。可由廠商提供相關壓力測試證明。
7.6 實驗室測試 G.711 編碼在同時通話數 200 通時,語音品質 MOS 值須達 3.5 以上。	透過壓力測試模擬 200 通通話來進行，並檢視封包 loss rate 以及 delay 來計算 MOS 是否符合 3.5 以上的標準。可由廠商提供相關壓力測試證明。
7.7 SIP Server 可經由兩台以上主機連接擴充容量。	由兩台 SIP server 串連,並透過壓力測試進行兩倍壓力測試。可由廠商提供相關壓力測試證明。
8.自動總機與語音信箱	
8.1 須具備自動總機與 20000 組(含)以上的語音信箱。	檢視 server 是否具備自動總機以及語音信箱功能，至少 3 分鐘。
	實測 SIP server 語音信箱功能，並使用 IP Phone 聽取語音信箱之留言。
8.2 自動總機須提供預錄問候語、轉接總機或分機電話等功能。	實測自動總機之預錄問候語、轉接總機與分機電話功能。
8.3 使用者可利用話機或使用者網頁管理介面,指定語音信箱使用模式為一般語音留言。	撥號者等個人語音信箱問候語播放完畢後即可留言；等留言完成後，儲存的語音留言檔須以來電號碼及留言時間(如 062598911-20080911- 1500)作為檔名。
	使用者可利用話機，設定錄製個人語音信箱問候語、留言、聽取語音留言、刪除語音留言…等語音信箱功能。
	可由使用者自行設定將留言語音檔 e-mail 轉寄到指定的電子郵件信箱，或選擇設定有留

	言時以 SIP 即時訊息通知。
8.4 所有語音留言檔必須具備權限的使用者登入後才可存取，未經合法授權的使用者或未經認證的匿名者均不得有任何存取權限。	實測未經認證的匿名者能否讀取儲存在 server 上的語音留言檔。
9.電話功能	
9.1 撥打電話、來電應答、拒接來電(Make call / Answer call / Cancel call) 。	實測撥打電話、來電應答、拒接來電(Make call / Answer call / Cancel call)功能。(註明 caller=>callee，共 IPv6=>IPv6、IPv6=>IPv4、IPv4=>IPv6、IPv4=>IPv4 四種)。
9.2 電話轉接 (Call transfer)_ RFC5359。	實測 SIP server 在話機進行(Attended transfer)與間接轉接(Unattended transfer)時是否可以正常轉傳 SIP 訊息以及保持通話。
9.3 電話跟隨 (Call forward)_ RFC5359。	實測 SIP server 在話機進行忙線轉接(Busy forward)、無應答轉接(No Answer forward)、無服務轉接(No Service forward)、無條件轉接(Unconditional forward)時是否可以正常轉傳 SIP 訊息以及保持通話。
9.4 話中插接 (Call waiting)。	實測 SIP server 在話機按下 hold 鍵進行話中插接時是否可以正常轉傳 SIP 訊息以及保持通話，並擷取封包觀察。
9.5 三方通話 (3-party conference call)。	實測 SIP server 在話機進行三方通話時(由一話機與 soft phone 先通話，再邀請另外一台話機進行通話)，是否可以正常轉傳 SIP 訊息以及保持通話，並擷取封包觀察。
9.6 提供一碼多機功能，單一號碼振鈴多個設備。	由兩台電話註冊同樣帳號，例如分機 10001，並由第三方撥打電話至 10001，檢查是否兩台話機皆響起。當其中一台話機接起時，會中斷另一台話機的響鈴。
9.7 提供一機多碼功能，同一設備可有多個代表名稱。	實測 server 是否可以讓同一台話機註冊兩個(含以上)不同的帳號在同一台 SIP server 上。
10.NAT 穿越功能	
10.1 由 NAT 設備外部 UA 打給內部 UA。	實測由 NAT 外部 UA 撥打電話給 NAT 內部 UA(註明 caller=>callee，共 IPv6=>IPv4、IPv4=>IPv4 兩種)。
10.2 由 NAT 設備內部 UA 打給外部 UA。	實測由 NAT 內部 UA 撥打電話給 NAT 外部 UA(註明 caller=>callee，共 IPv4=>IPv4、IPv4=>IPv6 兩種)。
10.3 由 NAT 設備內部 UA 打給內部 UA	實測由 NAT 內部 UA 撥打電話給 NAT 內部 UA(註明 caller=>callee，共 IPv4=>IPv4、IPv4=>IPv6 兩種)。

11.其它功能	
11.1. 支援 Skype 撥出撥入 (Skype Trunk) (Option)	檢測 skype 帳號是否可以註冊於待測 server，並且利用 skype 與其他話機建立通話。(可透過 Skype Client 方式)
11.2. 支援 Audio Conference	實測由 server 建立 conference room，再由話機撥打 room number 進入 conference room，起始 Audio Conference。每間會議室需容納超過三人，總人數達 12 人 (ex. 3 間會議室 x 每間 4 位)。Codec 以 G.711 和 G.729 為主，Speex 列為 Option。
11.3. 支援 WebCall	實測 SIP server WebCall 功能。透過 IE、Firefox、Chrome 或 Safari 等常用瀏覽器來撥打 WebCall 給 v4 或 v6 話機，並擷取 SIP 與 RTP 封包檢視。並提供 60 通 concurrent call。由廠商提供相關證明文件。 (60 通 concurrent call 以上列為 Option)
11.4. SIP server 提供雙電源供應器，並能在一方電源失效時自動切換電源供應器	檢查是否具有雙電源，並實測一方電源關閉時，是否能自動切換電源供應器
11.5. 具有兩顆以上硬碟，並執行可備份。	檢查是否具有兩顆以上硬碟，並執行 RAID 1 備份功能。
11.6. 支援 RFC2976 (The SIP INFO Method)	透過 SIP UA 或 Client 發送 SIP INFO 實測 SIP Server 是否支援，並擷取封包觀察
11.7. 支援 RFC3428 (SIP Extension for Instant Messaging)	透過 SIP UA 發送 Instant Message 實測 SIP Server 是否成功轉送即時訊息
11.8. 支援標準通訊協定 RFC 3263 Locating SIP Servers 與 RFC 3581 SIP Symmetric Response Routing (Option)	檢測 SIP server 是否支援 RFC 3263 與 RFC 3581

通過測試之廠商：

經以上測試，目前有三家廠商之 SIP 伺服器通過測試，分別是：

1.顯赫資訊 G-320

2.世界通 GTS-1000

3.力麗科技 S200 SIP Proxy server

以上廠商送測的伺服器，符合 TANet 區網交換中心之需求。

IP 話機的測試與驗證

為了讓 IP 話機符合區網交換中心之需求，TANet VoIP 技術小組訂出以下的規格，包括 Interface、Audio features、IPv4/IPv6、DNS、SIP/SDP、RTP、Call features、Management、Miscellaneous…，以下為區網交換中心 IP 話機的規格需求。

IP 話機的規格需求

一、Interface

- Built-in 2-port 10/100 or 10/100/1000 Ethernet (auto negotiation) (one to WAN, one to PC)
- LCD Display (支援分中文及英文)
- 音量調整按鈕
- Operating Key or Soft function keys for: Conference, Pickup, Transfer, Redial, Hold, Log, DND, Speed Dial, Mute, at least.
- MWI (Message Waiting Indicator) - RFC 3842
- 無聲響鈴切換 (blinking/ringing switch)

二、Audio features

- Speaker Phone
- 迴音消除(Echo cancellation, G.168)
- Codec: 至少支援 G.711 A/mu-law 和 G.729a/b
- 動態抖音緩衝功能(Jitter Buffer)
- DTMF generation
  - In-band
  - Out-of-band: RTP Paylaod (RFC 4733, which obsoletes RFC 2833)
  - Out-of-band: SIP INFO (RFC 2976)
- VAD (Voice Activity Detection)
- 舒適雜訊生成(Comfort-Noise Generation)

三、IPv4/IPv6

- Static IPv4 Address & DHCP
- 支援 IPv6 標準：RFC2460 (IPv6)、RFC4443 (ICMPv6)
- Support IPv6 Auto-configuration (RFC 4862)
- IPv4/IPv6 Dual Stack with preference Setting
- Support NTP (RFC 1305) or Simple NTP (RFC 4330)

四、DNS

- Locate SIP Servers by DNS (RFC 3263)
- Look up DNS SRV resource record for specifying the location of services (RFC 2782) (optional)

五、SIP/SDP

- 支援 SIP 標準：RFC3261 (SIP) and RFC4566 (SDP)
- SIP Accounts: Simultaneously register (at least) 3 SIP accounts
- Authentication: Support SIP Authentication with MD5 digest (RFC 3261 Section 22)
- Make Phone Call
- Phonebook: Make phone calls from the phonebook (at least 50 entry)
- Instant Message: Receive and display support Instant Messages (RFC 3428)

六 RTP

- 支援 IPv4 和 IPv6

七、Call features

- 免持聽筒 (SpeakerPhone)
- 來電保留(Call Hold)
- 靜音接聽(Mute)
- 轉接 Consultant Transfer / Blind Transfer
- 指定轉接 Call Forward on: busy / no answer / unconditional
- 三方會議 3-way conference
- 勿干擾 DND
- 通話記錄 (missed, received, dialed)
- 來電顯示 (Caller ID)

八、Management

- Configurable by
  - LCD panel
  - Web browser using HTTP/HTTPS (protected by username/password) or Telnet / SSH (protected by username/password)
- Firmware upgrade by Web browser using HTTP or FTP/TFTP

九、Miscellaneous

- 穿越 NAT：STUN or UPnP
- rport parameter
- 802.1Q VLAN (optional)
- 802.1p traffic class expediting (optional)
- DSCP (RFC 2474) - Also known as TOS in IPv4, and Traffic Class in IPv6 (optional)
- Electricity INPUT: AC 100-120V, 50/60Hz
- IEEE 802.3af Power over Ethernet (PoE) (optional)
- Temperature: 5-40C
- Humidity: 10%-90%
- FCC Class B 或 VCCI Class B 或 CE Class B 同等級安全規格

十、附加配件

- 網路線 1 條 Cate5e(含以上)

驗證方法

為驗證上述規格，本計畫設計出測試項目與操作步驟如 表 3 所示：

表 3、測試項目與操作步驟

測試項目	操作步驟
一、Interface	
1. Built-in 2-port 10/100 or 10/100/1000 Ethernet (auto negotiation) (one to WAN, one to PC)	檢視是否有兩個乙太網路連接埠，並接上交換器檢視燈號狀況是否正常
2. LCD Display (支援分中文及英文)	檢視是否擁有 LCD 顯示面板？並檢視為介面為中文或英文
3. 音量調整按鈕	檢視並調整測試其功能
4. Operating Key or Soft function keys for: Conference, Pickup, Transfer, Redial, Hold, Log, DND, Speed Dial, Mute, at least.	檢視功能按鍵，至少須有 Conference, Pickup, Transfer, Redial, Hold, Log, DND, Speed Dial, Mute 等按鍵
5. MWI (Message Waiting Indicator) - RFC 3842	檢視是否有相關指示
6. 無聲響鈴切換 (blinking/ringing switch)	檢視並調整測試其功能
二、Audio features	
1. Speaker Phone	實測 Audio 之免持功能
2 迴音消除(Echo cancellation, G.168)	請送測廠商出示規格證明
3 Codec: 至少支援 G.711 A/mu-law 和 G.729a/b	調整 CODEC 至 G.711 及 G.729 並測試其通話功能
4 動態抖音緩衝功能(Jitter Buffer)	請送測廠商出示規格證明
5 DTMF generation	
5.1 In-band	請送測廠商出示規格證明
5.2 Out-of-band: RTP Paylaod (RFC 4733, which obsoletes RFC 2833)	判斷設定介面是否能調整 DTMF 選項，調整選項後擷取封包判斷傳送結果是否符合本測試項目
5.3 Out-of-band: SIP INFO (RFC 2976)	
6 VAD (Voice Activity Detection)	判斷是否可設定 VAD，若無設定選項則須請廠商出示規格證明

7 舒適雜訊生成(Comfort-Noise Generation)	判斷是否可設定舒適雜訊生成，若無設定選項則須請廠商出示規格證明
三、IPv4/IPv6	
1. Static IPv4 Address & DHCP	實測 IPv4 靜態與 DHCP 設定功能，判斷是否能手動指定或自動取得位址
2. 支援 IPv6 標準：RFC2460 (IPv6)、RFC4443 (ICMPv6)	實測 IPv6 及 ICMPv6 功能(回應 echo request,link-local multicast)
3. Support IPv6 Auto-configuration (RFC 4862)	測試話機是否支援 IPv6 之 Auto-Configuration 功能
4. IPv4/IPv6 Dual Stack with preference Setting	測試話機是否支援 IPv6 及 IPv4 Dual Stack？ 並判斷是否支援優先權設定？
5 .Support NTP (RFC 1305) or Simple NTP (RFC 4330)	檢視話機是否有 NTP 伺服器設定介面，並判斷話機是否正確從伺服器取得時間
四、DNS	
1. Locate SIP Servers by DNS (RFC 3263)	給定主機並測試是否能轉換及通話
2. Look up DNS SRV resource record for specifying the location of services (RFC 2782) (optional)	測試話機是否能以 SIP _UDP 查到 hostname
五、SIP/SDP	
1. 支援 SIP 標準：RFC3261 (SIP) and RFC4566 (SDP)	直接測試話機各種 SIP 功能 (註冊/解註冊/發話/保留/取消/轉接等)
2. SIP Accounts: Simultaneously register (at least) 3 SIP accounts	進入 Web 管理介面測試 (驗證 Web 介面功能是否正常)
3.Authentication: Support SIP Authentication with MD5 digest (RFC 3261 Section 22)	進入 Web 管理介面測試 (測試方法：設定後檢視是否正常註冊)
4.Make Phone Call	測試是否能以下列三種形式建立通話： 1.SIP phone number (90123) 2.SIP URI (sip:90123@sip.niu.edu.tw) 3.IP Address (sip:90123@120.101.5.51)
5.Phonebook: Make phone calls from the phonebook (at least 50 entry)	測試是否有 50 筆以上之電話簿功能

6.Instant Message: Receive and display support Instant Messages (RFC 3428)	以 SIP UA 發送 Instant Message 判斷話機 LCD 顯示情形
1. 支援 IPv4 和 IPv6	測試 RTP 是否支援 IPv4 及 IPv6 (擷取封包判斷種類並聆聽聲音)
七、Call features	
1. 免持聽筒 (SpeakerPhone)	實測通話時之免持功能
2. 來電保留(Call Hold)	實測通話時之來電保留功能
3. 靜音接聽(Mute)	實測來電時之靜音接聽功能
4. 轉接 Consultant Transfer / Blind Transfer	實測來電時之語音轉接功能
5. 指定轉接 Call Forward on: busy / no answer / unconditional	實測來電時之指定轉接功能
6. 三方會議 3-way conference	實測通話時之三方會議功能 (測試步驟：一待測話機與 soft phone 先通話，再加另一話機)
7. 勿干擾 DND	實測 DND 功能
8. 通話記錄 (missed, received, dialed)	實測查詢通話紀錄
9. 來電顯示 (Caller ID)	實測來電顯示功能
八、Management	
1 Configurable by	
1.1 LCD panel	實測 LCD 顯示之各項設定功能
1.2 Web browser using HTTP/HTTPS (protected by username/password) or Telnet / SSH (protected by username/password)	判斷是否符合左列任一連線管理方式，並須輸入使用者帳號密碼驗證後進行權限控管
2. Firmware upgrade by Web browser using HTTP or FTP/TFTP	判斷是否有韌體更新介面
九、Miscellaneous	
1. 穿越 NAT：STUN or UPnP	以管理介面判斷是否支援 STUN or UPnP 並進行 STUN 與 UPnP 實測或請送測廠商出示規格證明 (測試方法：v4 Only,用 IP 分享器，一支接後面，檢測是否可穿越 NAT)
2.rport parameter	請送測廠商出示規格證明
3. 802.1Q VLAN (optional)	以管理端判斷是否支援 802.1Q
4. 802.1p traffic class expediting (optional)	以管理端判斷是否支援 802.1p

5. DSCP (RFC 2474) - Also known as TOS in IPv4, and Traffic Class in IPv6 (optional)	以管理端判斷是否支援 IPv4 TOS or IPv6 Traffic 設定，並實際 mirror 封包判斷
6. Electricity INPUT: AC 100-120V, 50/60Hz	請送測廠商出示規格證明
7. IEEE 802.3af Power over Ethernet (PoE) (optional)	判斷是否支援 PoE
8. Temperature: 5-40C	請送測廠商出示規格證明
9. Humidity: 10%-90%	請送測廠商出示規格證明
10. FCC Class B 或 VCCI Class B 或 CE Class B 同等級安全規格	請送測廠商出示規格證明
十、附加配件	
1. 網路線 1 條 CAT-5E(含以上)	檢查是否含有 CAT-5E 以上之網路線

通過測試之廠商：

經以上測試，目前有十三家經銷商所送測的 IP 話機通過測試，分別是：

一、　大同股份有限公司

二、　中華系統整合股份有限公司

三、　中華電信股份有限公司台灣北區電信分公司

四、　台灣恩益禧股份有限公司

五、　居安科技國際有限公司

六、　凌群電腦股份有限公司

七、　神通電腦股份有限公司

八、　國眾電腦股份有限公司

九、　博聯資訊有限公司

十、　敦陽科技股份有限公司

十一、　新世紀資通股份有限公司

十二、　瑪凱電信股份有限公司

十三、　豪勉科技股份有限公司

以上廠商所送測的 IP 話機，符合區網交換中心之需求，其話機價格為 1,990 元。

陸、縣市網建置成果統計

表 4 與 表 5 分別為各縣市學校網路電話建置普及率與各縣市學校網路之網路電話支援之IP協定統計。

表 4、各縣市學校網路電話建置普及率

縣市別	學校連線總數	學校網路電話建置普及率	縣(市)內班級總數	班級網路電話建置普及率
台北市	213	100%	8548	70.23%
高雄市	155	94%	5247	16.70%
台北縣	300	92%	12671	78.92%
宜蘭縣	110	100%	2037	34.71%
桃園縣	247	100%	8210	124.25%
新竹縣	44	100%	2183	85.89%
苗栗縣	158	100%	2320	38.45%
台中縣	215	100%	5994	23.77%
彰化縣	218	100%	4978	35.60%
南投縣	178	100%	2331	59.46%
雲林縣	193	100%	2804	60.63%
嘉義縣	170	100%	1918	38.58%
台南縣	210	100%	3479	85.34%
高雄縣	203	100%	4692	76.79%
屏東縣	227	100%	3353	53.09%
台東縣	121	100%	1120	51.34%
花蓮縣	129	97%	1460	34.93%
澎湖縣	56	100%	507	48.72%
基隆市	58	100%	893	83.09%
新竹市	44	100%	1467	61.69%
台中市	89	100%	4163	69.52%
嘉義市	無訪視資料			
台南市	67	100%	1676	129.53%
金門縣	25	100%	271	101.11%
連江縣	無訪視資料			

表 5、網路電話支援之 IP 協定

縣市別	網路電話支援 IPv4 to IPv4	網路電話支援 IPv4 to IPv6	網路電話支援 IPv6 to IPv4	網路電話支援 IPv6 to IPv6
台北市	有	無	無	無
高雄市	有	有	有	有
台北縣	有	有	有	有
宜蘭縣	有	有	有	有
桃園縣	有	有	有	有
新竹縣	有	有	有	有
苗栗縣	有	無	無	無
台中縣	有	有	有	有
彰化縣	有	有	有	有
南投縣	有	有	有	有
雲林縣	有	有	有	有
嘉義縣	有	有	有	有
台南縣	有	有	有	有
高雄縣	有	有	有	有
屏東縣	有	有	有	有
台東縣	有	有	無	無
花蓮縣	有	有	有	有
澎湖縣	有	有	有	有
基隆市	有	有	有	有
新竹市	有	有	有	有
台中市	有	有	有	有
嘉義市	無訪視資料			
台南市	有	有	有	有
金門縣	有	有	有	有
連江縣	無訪視資料			

柒、區網擬建置之話機與 IP PBX

區網擬建置IPv6 話機與IP PBX分配如 表 6 所示。

表 6、區網擬建置 IPv6 話機與 IP PBX 分配

區域	單位名稱	擬建置設備總數	
		IP PBX	IPv6 話機
教育部電算中心	教育部電算中心	0	5
台北區網一【台灣大學】	泰山高中	1	30
	銘傳大學	1	80
	國立臺北藝術大學	1	30
	大同大學	1	193
	臺北醫學大學	1	50
	明志科技大學	1	40
	亞東技術學院	1	60
	臺灣藝術大學	1	100
台北區網二【政治大學】	中國科技大學	3	90
	松山家商	2	60
	政治大學	9	268
桃園區網【中央大學】	中央大學	10	423
	萬能科技大學	2	20
	武陵高中	1	20
	中壢高商	1	20
	金門技術學院	1	20
	治平高中	1	20
	桃園啟智	1	20
	振聲中學	1	20
	中壢家商	1	20
新竹區網【清華大學】	清華大學	2	22
竹苗區網【交通大學】	交通大學	1	45

	新竹高中	1	32
	新竹教育大學	2	100
	玄奘大學	1	30
	中華大學	1	45
	忠信高中	1	30
	實驗高中	1	30
	新竹高商	1	30
	苗栗農工	1	30
	大華技術學院	1	45
	育達商業科技大學	1	45
	世界高中	1	30
	親民技術學院	1	50
台中區網【中興大學】	修平技術學院	1	50
	國立卓蘭實驗高中	1	30
	國立台中家商	1	40
	國立台灣體育學院	2	40
	中國醫藥大學	2	40
	台中二中	1	20
	台中女中	1	20
	彰化縣私立達德商工	1	20
	朝陽科技大學	1	40
	中興大學	2	120
南投區網【暨南大學】	埔里商工	1	33
	水里商工	1	33
	五育中學	1	6
嘉義區網【中正大學】	雲林科技大學	1	45
	虎尾科技大學	1	30
	南華大學	1	20
	環球技術學院	2	73
	嘉義大學	2	70

	大同技術學院	0	18
	吳鳳技術學院	1	50
	崇仁醫護管理專科學校	2	57
	私立協志高職	1	12
	華南高職	0	10
	協同中學	0	13
	嘉義高工	0	12
	稻江科技管理學院	1	30
	新港藝術高中	1	0
	中正大學	0	40
台南區網【成功大學】	成功大學	4	100
	南台科技大學	1	60
	崑山科技大學	2	60
	台南市光華女中	1	40
	中華醫事科技大學	2	80
	國立新豐高級中學	1	30
	台南啟智學校	1	35
	新化高工	1	60
	北門農工	1	52
	台灣首府大學(原致遠大學)	1	50
高屏澎區網【中山大學】	實踐大學高雄校區	1	20
	屏東大仁科技大學	1	50
	高雄師範大學	1	30
	中山大學	5	345
	義守大學	1	5
	陸軍官校-電算中心	3	45
宜蘭區網【宜蘭大學】	宜蘭數位機會中心	1	30
	宜蘭大學	28	90
	國立羅東高中	1	71
	蘇澳海事水產職校	1	18

	蘭陽女中	1	20
	宜蘭高中	1	10
東部(花蓮)區網【東華大學】	東華大學資網中心	1	40
	花蓮高中	2	45
	國立花蓮高農	2	64
	花蓮女中	2	60
台東區網【台東大學】	台東高中	0	13
	台東大學	2	52
	台東專科	1	21
	台東女中	0	11
	台東高商	1	15
	公東商工	0	16
	關山高工	1	6
	東大附中	0	10
	東大附小	1	14
	育仁中學	0	3
	台東生活美學館	0	2
	教育電台	0	2
	史前文化博物館	1	0
總數量		**160**	**4800**

捌、總結

在本篇報告中，第一章與第二章中，介紹了學術網路現有的架構與學術網路 VoIP 的架構，並說明各學校接連上 TANet 語音交換平台中心對於各學校在使用 VoIP 上可降低使用成本,但因各學校 IP 位址的不足使得實行上有困難,其解決方案中以建置 IPv6 VoIP 為長久且可行的解決方案。第三章說明為建置 IPv6 VoIP 環境並與現有 VoIP 環境界接，我們提出了修改 IPv6 話機與 SIP 伺服器的註冊機制與傳遞 SIP 訊息的方法來達成 IPv6 話機與 IPv4 話機的相互通話，在第四章中，我們說明了 TANet VoIP 平台中的四種 VoIP 通訊的情況，其中以 IPv6 to IPv4 的 SIP 訊息需要 IPv6-IPv4 轉換，並提供了三種範例來說明其訊息傳遞的情形，第一個範例說明 IPv6 話機撥打另一部 IPv6 話機；第二個範例說明 IPv6 話機撥打屬於相同 SIP 伺服器上的 IPv4 話機；第三個範例說明 IPv6 話機撥打屬於不同 SIP 伺服器上的 IPv4 話機。第五章說明為了讓建置之 SIP 伺服器與 IP 話機符合區網交換中心之需求，TANet VoIP 技術小組訂出 SIP 伺服器與 IP 話機的需求表，讓廠商有標準可依循，目前在 SIP 伺服器中已經有三個製造商符合需求，在 IP 話機中有十三個經銷商符合需求。第六章提供各縣市網建置的成果，包括縣市內的學校、班級建置 VoIP 的情形與 IPv6、IPv4 在 VoIP 上互連的情況。在第七章裡我們提供了各區網已經在進行的建置計畫，IP PBX 擬建置 160 台，IP 話機有 4800 部，在促進國內的 VoIP 的產業上，有相當的幫助。

參考資料

[1] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, and E. Schooler. SIP: Session Initiation Protocol. RFC 3261, IETF, June 2002.

[2] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, and V. Jacobson. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. RFC 3550, IETF, July 2003.

[3] M. Handley, V. Jacobson, C. Perkins. SDP: Session Description Protocol. RFC 4566, IETF, July 2006.

[4] D. Sisalem, J. Fiedler, and R. Ruppelt. SIP and IPv6: Why and How. SAINT2003, Orlando (Florida, USA), pages 27-31, January 2003.

[5] M.-K. Shin, Y.-G. Hong, J. Hagino, P. Savola, and E. M. Castro. Application Aspects of IPv6 Transition. RFC 4038, IETF, March 2005.

[6] E. M. Castro, T. Miguel, and S. Pavon. Transition of Applications to IPv6. Upgrade Journal, 6(2):15-18, April 2005.

[7] W.-E. Chen, Y.-B. Lin and A.-C. Pang, “An IPv4-IPv6 Translation Mechanism for SIP Overlay Network in UMTS All-IP Environment”, IEEE Journal of Selected Areas in Communications (J-SAC), 23(11): 2152-2160, Nov. 2005.

[8] W.-E. Chen, Q. Wu, and Y.-B. Lin, “Design of SIP Application Level Gateway for IPv6 Translation”, Journal of Internet Technology (JIT) Special Issue on IPv6, 5(2), 2004.

[9] RTPProxy- RTP (Real-time Transport Protocol) Proxy Server. http://ftp.iptel.org/pub/rtpproxy/.

[10] S. Deering, R. Hinden. Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification. RFC2460. December 1998.