

The Integration of Heterogeneous Protocols in the TWAREN VoIP System

Chia-Hung Hsu Li-Chi Ku Che-Nan Yang Hui-Lan Lee

National Center for High-Performance Computing

{chhsu, lku, cnyang, gracelee}@nchc.org.tw

摘要

TWAREN 為學術研究而設的專用網路，在國內提供學研界網路技術研發平台，在國際端以小網入棲大網，讓我國教研界得以跨國進行研究，參與大規模的國際合作案。

VoIP(Voice over IP)是近年來較炙手可熱的議題。H.323是最常見的 VoIP 協定之一，於1996年由ITU-T所規範，整個協定架構的定義，最早是針對區域網路中多媒體視訊會議所設計，主要是在制定即時聲音與影像及資料之傳輸規格及控制規範，由一連串的訊號、聲音與影像壓縮規範及控制協定的組合。SIP 是 IETF 於1999針對 VoIP 所提出之基於 IP 之上的應用層通訊協定，其架構與 H.323 全然不同，類似 HTTP 協定之主從架構，在封包的處理上可以利用 HTTP 既有的封包資料，而不需要像 H.323 協定，必須保留許多傳輸上的資訊，故非常適用於廣域網路的應用。

本篇文章將以 TWAREN 上異質語音平台之整合為主題，以作為 VoIP 系統管理者在整合異質語音平台參考依據。

關鍵詞： TWAREN、VoIP、H.323、SIP。

Abstract

Taiwan Advanced Research and Education Network (TWAREN) is an academic network serving as a platform for network application researches as well as a link between the research communities in Taiwan and those international collaborators.

VoIP (Voice over Internet Protocol) has been highlighted among other network applications because of its great potential on bridging the network technology and the communication needs in our daily life. H.323 and SIP are undoubtedly the most important two protocols using in the VoIP world, which were developed by ITU-T in 1996 and IETF in 1999, respectively. Based on the existing technologies on PSTN, H.323 has its strengths on bringing audio, video and data onto a packet-switched network while retaining a very high interoperability with the traditional PSTN resources. Compared to this property, SIP is based more on the Internet technologies which gives it more flexibility and the great strength to cooperate with HTTP.

This paper will introduce the work on integrating heterogeneous VoIP technologies on TWAREN, which

would serve as a good reference for administrators who also want to integrate multiple VoIP technologies on their environments.

Keyword: TWAREN、VoIP、H.323、SIP。

1. 前言

VoIP 是現今流行的網路應用之一，它是架構在既有的 IP 網路基礎上，因此在佈建通信網路時，較不需要花費大筆資本，在各地區分部之間也可以節省電話通訊費用，因此成本明顯較傳統電信業低很多。

TWAREN VoIP[1]已建置並服務近兩年，其架構如圖 1 所示，於國網中心新竹總部、台中分部以及台南分部各建置一台 CISCO 3725，透過 T1/E1 PRI 串接中心內分機，另外於台大與成大各建置一台 CISCO 1760 負責串接 TWAREN Gigapop 南北大學校園網路，並透過 ISDN BRI 介面串連至 PSTN 網路。以新竹國網中心為 HQ，將 H.323 Gatekeeper、SIP Proxy Server 與其他所需之服務伺服器建置於此。目前提供之主要服務有 H.323 Phone 與 H.323 Phone 之通話、H.323 Phone 與 PSTN 通話、SIP Phone 與 SIP Phone 之通話、SIP Phone 與 PSTN 通話、H.323 Phone 與 SIP Phone 之通話、NAT 穿越、線上會議、合法監聽、語音信箱以及由 TWAREN 開發之其他功能等。服務對象主要為 TWAREN 成員，未來會擴及至各大專院校之教職人員與學生，進而與亞太地區整合，形成一大型 VoIP 網路。

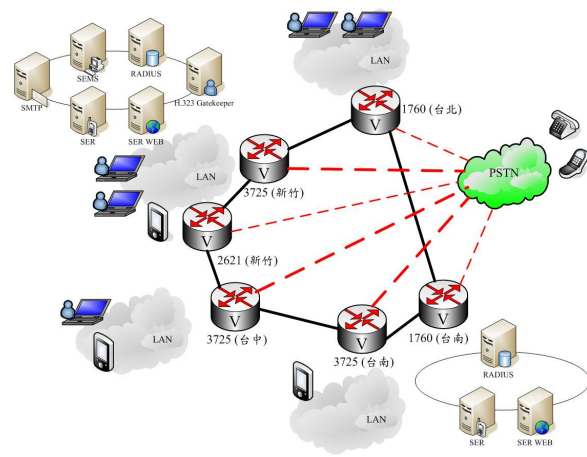


圖 1 TWAREN VoIP 架構

目前整合於 TWAREN 上之語音平台可分為 H.323 VoIP Platform、SIP VoIP Platform 以及 Server Farm 三部份，其中 H.323 VoIP Platform 主要包含了整個 H.323 VoIP Platform 中最核心之伺服器 H.323 Gatekeeper 以及負責認證、授權與記帳是 AAA 伺服器。SIP VoIP Platform 則為以 SIP Proxy Server 為主，其他相關伺服器為輔之新世代語音協定服務平台。Server Farm 部份則包含了 Asterisk 伺服器，扮演 SIP-H.323 Translator[2]的角色，並將 PSTN 封包導向 VGS 伺服器處理，Asterisk[3]是主要由 Digium 公司贊助開發的 Open Source 電話交換機軟體，除了支援完整的 VoIP 功能外，還提供語音信箱、來電號碼傳送、三方通話、SIP 及 H.323 連線等功能，並支援多種 T1、E1 電話線路硬體界面，功能完整而強大。VGS 為語音閘道器選擇程式，主要依循各語音閘道器即時狀況而進行選擇，以減少在大量呼叫發生時，所導致的呼叫失敗率。

本篇文章將就 TWAREN 上現有整合之語言服務平台進行詳盡的解說，以期讓讀者或其他語音網路管理者在進行異質語音服務平台時能提供快速又方便的參考。

2. TWAREN VoIP 服務

TWAREN 提供 VoIP 服務於各 Gigapop 已近兩年，在使用既有之高速 IP 網路，建置以 H.323 與 SIP 協定為主之 IP 電話網路，傳遞電話語音訊息，達到語音訊息與數位資料之目標，如圖 2 所示，其架構與各功能簡介將於各小節介紹。2.1 小節將介紹 TWAREN VoIP 服務之現況。2.2 小節將介紹以 H.323 Gatekeeper 為核心之 H.323 VoIP Platform 架構、特性以及在 TWAREN 上之應用。2.3 小節針對目前較熱門之 SIP 協定為主之語音平台以及於 TWAREN 上之應用。2.4 小節將針對 Server Farm 之成員介紹。並於 2.5 小節介紹整合於 TWAREN 上異質語音平台與其應用。

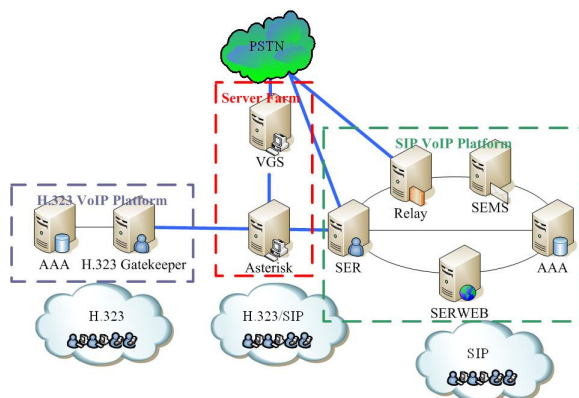


圖 2 TWAREN 異質語音平台架構

2.1 TWAREN VoIP 簡介

TWAREN VoIP 早期以 SIP-Based 之 VoIP 服務為主，主要服務於 TWAREN 網路上各 Gigapop 人員與國網中心人員使用，另外亦積極與國內外各學研單位進行 SIP Peering，以擴充 TWAREN VoIP 網路之範圍，並增加與學研單位之交流與合作。目前與 TWAREN VoIP 網路串接之單位如圖 3 所示，其中學術單位包含：台灣大學、宜蘭大學、中正大學、中興大學、中山大學、逢甲大學、高雄大學，以及正在測試中之東華大學。研究單位則包含：工業技術研究院、國家太空中心，其中與工研院之串接測試亦為 NICI 我國 IPv6 建置發展計畫[4]之成果之一。目前 TWAREN 已將 H.323 VoIP Platform 加入 TWAREN VoIP 服務之中，主要服務於國網中心人員使用，並積極與 APAN[5] H.323 網路串連以達到跨國之異質語音平台整合測試。



圖 3 TWAREN SIP VoIP 網路串接單位

2.2 H.323 VoIP Platform

H.323 是在 1996 年由 ITU Telecommunication Standardization Sector (ITU-T)[6]為了在封包交換式網路中發展出與業已成熟的線路交換式網路相同的語音通話、視訊會議等功能而發展出之通訊協定。由於其功能及設計的主要目的是擴充早已成熟的公共交換式電話網路之中類似的多媒體音訊、視訊、資料傳輸協定，因此與傳統 PSTN 電話及視訊會議系統擁有高度的整合能力。又因為它主要是針對封包交換式網路而發展的通訊協定，因此它成了在現今 Internet 進行音訊或視訊連線時非常理想的選擇。H.323 目前即廣泛使用於 VoIP 及視訊會議相關的用途中。

H.323 協定從 1996 年提出以來，經過多次的改版與增益，最接近的一次是在 2006 年 6 月所提出的 H.323 version 6，不但為 H.323 增加了 Assigned Gatekeeper 的能力，使整體 H.323 網路的架構彈性及容錯能力更上層樓，更通過 H.323 旗下的 H.225.0 及 H.245 等子協定的擴充，使 H.323 新增對 GSM、iLBC、H.264 等壓縮格式及多種傳輸 QoS 協定的支援。H.323 穿越 NAT 及防火牆的能力也同

時獲得大幅的增強。

脫胎於傳統電話及視訊服務的 H.323 在訊號傳遞的設計上稟持著同樣嚴謹的原則，因此相較於其他的 VoIP 或視訊協定來說，H.323 的訊號傳遞較為複雜的同時，卻易於提供穩定品質及異質設備溝通性更佳的服務。

H.323 在建立連線之信號流程如圖 4 所示，當使用者 111 撥打電話至使用者 222 時，會先發送 ARQ(Admission Request)要求至 H.323 Gatekeeper 詢問使用者 222 的相關資訊，在使用者 111 接收到 H.323 Gatekeeper 之 ACF(Admission Confirm)回應後，即可得知使用者 222 之相關資訊，並且發出 Q931 之呼叫要求至使用者 222，要求建立通話。當使用者 222 收到此要求時便進行與使用者 111 和 Gatekeeper 之間相同之 ARQ/ACF 流程，便可得知使用者 111 相關資訊，最後發出 Q931 呼叫要求，雙方可建立通話。中斷連線時的訊號傳遞方式圖 5 所示，當某一方中斷連線時會發出 DRQ(Disconnect Request)到 H.323 Gatekeeper，H.323 Gatekeeper 再發送 DCF(Disconnect Confirmation)到兩端點。

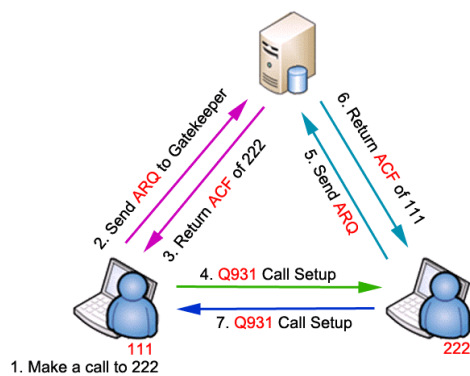


圖 4 H.323 連線建立信號流程

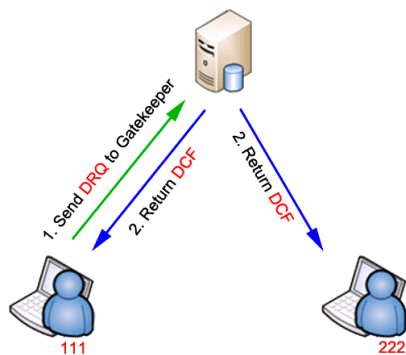


圖 5 H.323 連線中斷信號流程

2.3 SIP VoIP Platform

TWAREN 上 SIP-Based 之 VoIP 建置[7]一文與 The design and comparison of TWAREN voicemail systems 一文中[8]，詳細介紹建置於 TWAREN 上之 SIP VoIP Platform。本年度新增一 SIP Relay 伺服器[9]，架構圖如圖 6 所示，SIP RTP Relay 伺服器主要工作為當 SIP 伺服器判定 SIPUA 為 NAT 底下之使用者時，會將封包導向 SIP RTP Relay 伺服器處理，以減輕 SIP 伺服器之負擔。其信號流程如圖 7 所示，假設 SIPUA1 為 NAT 之下使用者，當 SIPUA1 發出 INVITE SIPUA2 時，SIP 伺服器判斷此來源在 NAT 之下，SIP 伺服器會將 Via 欄位加上 receiver 與 rport 並修改 SDP 訊息之中的 c 參數後，將 INVITE

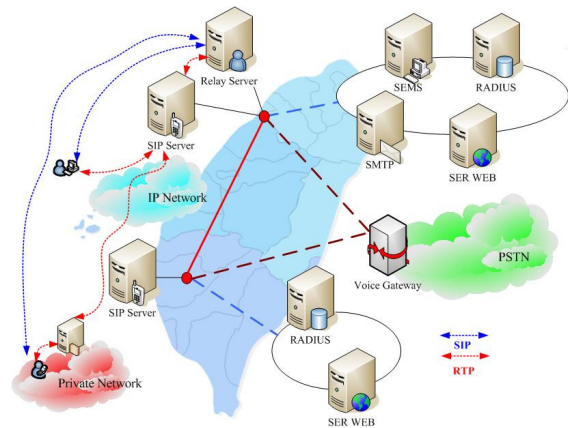


圖 6 SIP VoIP Platform 架構

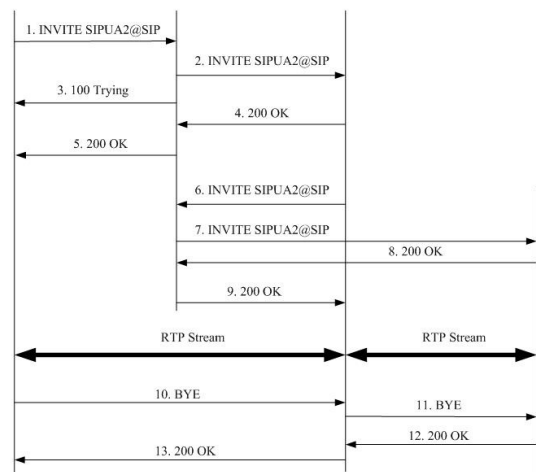
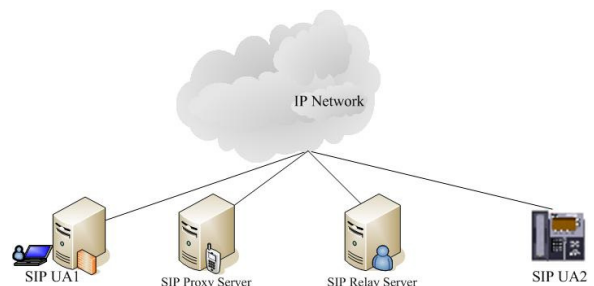


圖 7 SIP + SIP RTP Relay 信號流程

SIPUA2 轉送到 SIP RTP Relay 伺服器，由 SIP RTP Relay 伺服器來處理，接著 SIP RTP Relay 伺服器向 SIP 伺服器發出 INVITE SIPUA2，得到 SIPUA2 之資訊後，SIP RTP Relay 伺服器便可與 SIPUA2 之間建立 RTP Session 進行通話。

2.4 Server Farm

Server Farm 部份主要由 Asterisk 伺服器與 VGS 為主，Asterisk 專司負責處理異質語音協定之轉換，並將 PSTN 封包導向 VGS 處理。

Asterisk 是由 Digium 公司主導發展，統合了網路上眾多自由軟體程式設計師所共同開發的一套 Open Source 電話交換機軟體。身為一套稱職的數位交換機軟體，其所支援的 VoIP 接入格式之廣，亦為目前市面上 VoIP 軟體的翹楚。Asterisk 主要包含了幾個不同的 Component，每個 Component 都有其特定之功能，如圖 8 所示[10]，包含 PBX Switching Core，主要負責接受由介面卡收到之呼叫，並依照 Dialplan 做適當之處理。Application Launcher 專司負責應用層次部份，如振鈴、傳到語音信件等。Codec Translator 為處理不同 Codecs 之間使用者之 Codec 轉換。Scheduler and I/O Manager 主要控制排程並管理 I/O Process，讓整個系統更加順暢。在可載入之模組 APIs 則包含 Channel API 被呼叫處理使用者端不同之 Channel 連線。Application API 被呼叫處理伺服器端不同之 Applications 服務。Codec Translator API 被呼叫處理 Codec 之間的轉換。File Format API 則被呼叫處理不同之檔案格式。Asterisk 目前支援的 Codec 種類，共有十種之多，涵蓋範圍包含了一般 PSTN 電話、手機、乃至於一般電腦 VoIP 軟體常用的各種壓縮格式。Asterisk 所支援的通訊協定亦極為廣泛，包含各種業界最常用的協定。

除此之外，Asterisk 主機還能藉由安裝 T1/E1/J1 介面卡(例如 Digium Wildcard TDM400P)

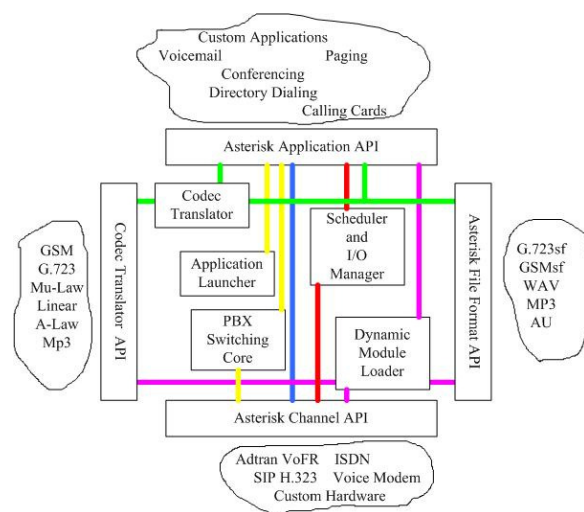


圖 8 Asterisk 架構

而具備直接與 PSTN 電話線路直接連接的能力。正因為 Asterisk 具備在 Codec 及 Protocol 寬廣的支援度，又具備與實體 PSTN 電話線路連接的能力，因此它能在不同平台的 VoIP 軟體及實體電話線路間擔任交換機的功能。

VGS(Voice Gateway Selector)是為最佳化 VoIP 與 PSTN 之間效能而開發之程式，其架構如圖 9 所示，VGS 根據管理者訂定之時間週期向語音閘道器進行輪詢(Polling)，語音閘道器將狀態回報(report)給 VGS 後，VG Pool 便存有即時可用或低負載之語音閘道器清單與候選語音閘道器 (Candidate Voice Gateway, CVG)，當 Asterisk 收到往 PSTN 之語音封包時再進入 VG Pool 選取 CVG，此演算法則主要參考距離(即語音閘道器距離封包轉入 PSTN 點之距離，通常為經過之交換機數量)以及語音閘道器之線數，當在剩於輪詢時間週期之內所得到之權值愈大，則被選取的機會愈大，使用到之參數與方程式如下：

T : 輪詢時間週期

W_i : 第 i 台語音閘道器之權重

L_i : 第 i 台語音閘道器之可用線數

$D(i)$: 第 i 台語音閘道器與 HQ 之距離函數

Tr : 輪詢剩餘時間

t : 經過的時間(秒)

k : 語音閘道器數量

$$Tr = (T - t) \dots \dots \dots (1)$$

$$CVG = \max_{i=1}^k \left\{ \frac{(L_i + D(i)) * W_i}{Tr} \right\} \dots \dots \dots (2)$$

在方程式(1)中，必須讓時間 t 在增加到與輪詢時間 T 相同時重新計算，否則在方程式(2)中，會造成分母為 0 之情形發生。在方程式(2)中，主要參考為語音閘道器之線數與距離，一般而言，可用線數愈多之語音閘道器可服務之客戶數會愈多；在距離方面，此演算法則參考之 $D(i)$ 為語音閘道器相對於 HQ 取得之距離函數值，值愈大代表因為距離而造成之影響愈小，愈容易被選取。在 W_i 權重方面則

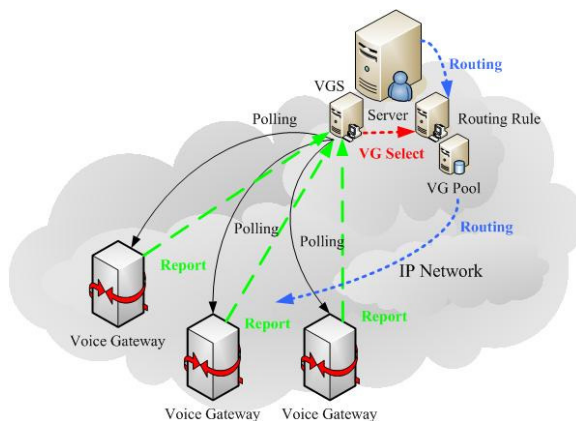


圖 9 VGS 架構

由管理者自行訂定適當之權重值，參考之特性可為個人偏好、語音開道器效能、費用成本等。

利用美國加州大學柏克萊分校等所設計之網路模擬程式 NS-2[11]進行模擬，模擬環境參數如表 1 所示，共設定 10 台語音開道器 50 條線路， λ 為呼叫要求到達率，設定為 50 到 100ms，每次間隔 10 單位， T_s 為呼叫時間，代表每一通呼叫佔用語音開道器線路時間， T_{sim} 為系統模擬總時間，設定為 10^6 秒，圖 10 所示為針對使用 VGS(藍線)與未使用

表 1 系統模擬參數

Parameters	Symbol	Value
呼叫到達率	λ	{50,60,70,80,90,100}ms
呼叫時間	T_s	1s
呼叫數	N_s	{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10}*10
VG 數量	Num_{VG}	10
模擬時間	T_{sim}	10^6

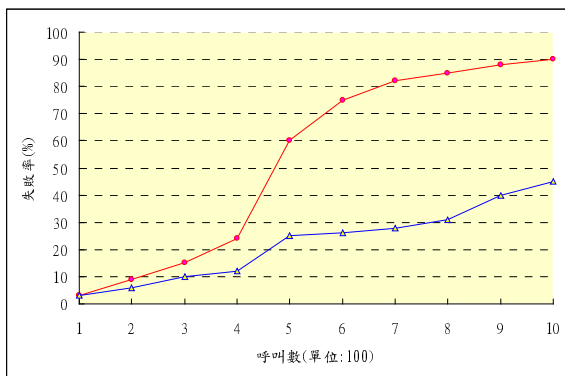


圖 10 模擬結果

VGS(紅線)之呼叫失敗率，在使用 VGS 後可明顯降低呼叫失敗率。

2.5 異質語音平台之整合

目前在 TWAREN 上使用開放軟體中功能最強大的 GNU Gatekeeper (GnuGK) 建置了一台 H.323 Gatekeeper 提供使用者進行身份登錄、網路位址查詢、H.323 訊號的管理與傳遞、以及穿越 NAT 及防火牆時的訊號轉送服務，並以 GnuGK 的 GWPrefixes 連線轉送及 RewriteE164 號碼改寫功能與現有的 TWAREN Asterisk 語音平台進行整合。在 SIP 部份則利用 SER 實作 SIP VoIP Platform。透過 Asterisk 伺服器將連線至 TWAREN 現有 SIP 語音服務與 H.323 的用戶順利以 TWAREN 網路語音服務互連。

一般而言，在兩端使用者之間建立呼叫大致上需要三個重要的資訊[12]，包含訊號目的位置、Codec 以及 RTP Port。此三種訊息在 H.323 之呼叫，會被分成不同的階段傳送與溝通；在 SIP 之呼叫中則會整合在 INVITE 與回應的訊息之中。因此在

H.323-SIP Translation 中 Asterisk 伺服器必須有將此三種訊息整合為 SIP INVITE 訊息的能力；反之則 Asterisk 伺服器必須有將此三種訊息分開的能力。

由於 SIP-H.323 之轉換發生於 Asterisk 伺服器，因此 Asterisk 伺服器首先必須於 H.323 Gatekeeper 和 SIP Proxy Server 上註冊，方能識得兩種不同之語音通信協定，圖 11 為 SIPUA 與 H.323EP 之間通訊信號流程，由 SIPUA 發出 INVITE 信號至 SIP Proxy Server，目標為 H.323EP@SIP，SIP Proxy Server 收到 SIPUA 之 INVITE 後，根據撥號路由規則，將 INVITE 傳送到 SIP323-Translator，接著 SIP323-Translator 發出 ARQ 至 H.323 Gatekeeper 查詢 H.323EP 之 IP 位址與相關資訊，於一連串之 H.225 RAS 信號後可建立 SIP323-Translator 與 H.323EP 之間之 RTP Stream，再經由標準 SIP 流程則可建立 SIPUA 與 SIP323-Translator 之間之 RTP

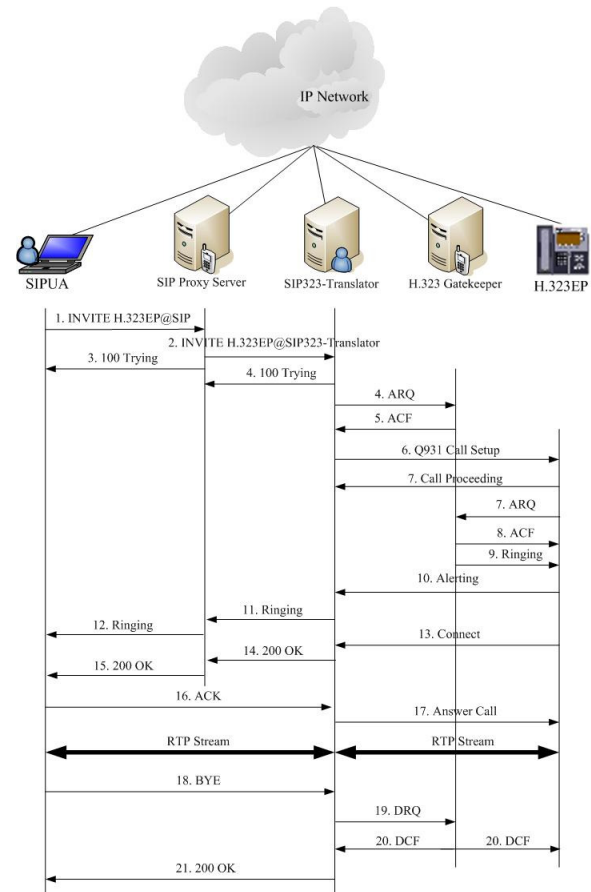


圖 11 SIP-H.323 信號流程

Stream，則 SIPUA 與 H.323EP 之間之 RTP 通訊即建立完成。

本文透過兩台 Asterisk 伺服器、兩台 SER 伺服器、兩台 H.323 Gatekeeper、一台 PSTN 語音開道器、三條線路、兩台 SIPUA 以及兩台 H.323EP，針對 SIP/H.323 Trunking 進行測試實驗，各主要伺服器安裝之套件如表 2 所示，其中 SIP Proxy Server 主要使用 iptel 發展之 SER、H.323 Gatekeeper 為免費軟體 Gnugk、在 Asterisk 部份則是使用 Digium

表 2 TWAREN 語音伺服器套件

SIP Proxy Server
Fedora Core 4 SER 0.9.6-sems mysql 4.1.11-2 rtpproxy 0.3 mediaproxy 2.0
H.323 Gatekeeper
Fedora Core 5 GnuGK 2.2.6 pplib 1.10.3 openh323 1.19.0.0.1
Asterisk
FreeBSD 6.2-RELEASE Asterisk 1.2.17 mpg123 0.59 openh323 1.18.0 pplib 1.10.3 zaptel 1.4.1

發展之 IP-PBX 軟體、唯 H.323 Gatekeeper 部份 PWLIB 與 OPENH323 函式庫版本需特別注意，一但版本不合，則會有無法完整安裝之情形。實驗架構則如圖 12 所示。在相同架構下，分別針對 SIP 與 H.323 協定測試雙邊使用者之通話以及撥打至 PSTN 之通話，其中 IP-PSTN 轉換點可在 Local 端之 Asterisk 伺服器，或經過 Trunking 到 Remote 端之 Asterisk。

本實驗主要測試 H.323EP 與 SIPUA 在穿越異質語音網路平台時之通話能力，以驗證異質語音平台服務於 TWAREN 上之完整整合。

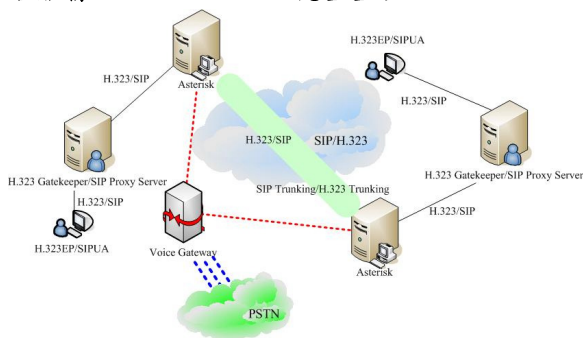


圖 12 Trunking 實驗架構

3. 結論

H.323 與 SIP 是 VoIP 的主流通訊協定，其中 H.323 協定是 ITU-T 制定之標準，SIP 協定是由 IETF 所制定，兩者均可以完成呼叫建立、中斷、轉送和多方通話能力等功能。H.323 協定採用了 ISDN 的設計思想，利用 Q.931 協定完成呼叫的建立和中斷，明顯具有電信網路可管理性和集中的特徵；而

SIP 協定具有簡單、擴展性好以及和現有的網路應用緊密結合之特點，因此在功能之擴充上，SIP 協定比較容易執行，因而也快速發展，同時 SIP 也將在 3G 移動通信核心網和智慧業務中得到廣泛應用。

TWAREN VoIP 服務以 SIP VoIP Platform 為主，提供使用者 SIP-Based 之網路語音系統服務，本年度在 H.323 VoIP Platform 部份，提供了 H.323 使用者語音系統服務，加上 Server Farm 中 Asterisk 伺服器做為 SIP-H.323 之轉換中心，使得原有之 SIP 使用者可透過訊號之轉換而進入 H.323 的架構中，另外透過 VGS 之協助，TWAREN 使用者可在較少失敗率之下使用 PSTN 的服務。最後透過實驗來驗證異質語音平台服務可完整且正確無誤地整合於 TWAREN 之上。

未來 TWAREN VoIP 團隊將繼續努力將 MGCP、Google Talk、Skype 等更多的語音相關 Protocol 整合進入 TWAREN 異質語音平台中，以期提供 TWAREN 語音平台使用者更加完整、更加全面的語音服務。

參考文獻

- [1] <http://ser.nchc.org.tw/>
- [2] H. Schulzrinne “RFC 4123 – Session Initiation Protocol (SIP)- H.323 Interworking Requirements”
- [3] <http://www.asterisk.org/>
- [4] <http://www.ipv6.org.tw/>
- [5] <http://www.apan.net/>
- [6] <http://www.itu.int/ITU-T/>
- [7] TWAREN 上 SIP-Based 之 VoIP 建置，“徐嘉宏，郭書宏，張宜正，楊哲男，TANET2005.
- [8] Chia-Hung Hsu, Shu-Hung Kuo, Li-Chi Ku, Che-Nan Yang “The design and comparison of TWAREN voicemail systems,” TANET2006.
- [9] Ming-Cheng Liang, Li-Tsung Huang, Chun-Zer Lee, Min Chen, Chia-Hung Hsu, “A Scalable Multi-Server Cluster VoIP System,” APAN24.
- [10] Mark Spencer, Mack Allison, Christopher Rhodes, The Asterisk Documentation Team. “The Asterisk Handbook V2”
- [11] The Network Simulator, NS-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [12] K. Shingh and H. Schulzrinne, “Interworking Between SIP/SDP and H.323,” IPTEL2000.