

Push to Talk (PTT) using Multicast UDP with IPv6

吳怡蓓 吳坤熹
國立暨南國際大學
資訊工程研究所

{s103321038,solomon}@ncnu.edu.tw

摘要

隨按即說(Push to Talk, PTT)的技術從早期的無線電對講機(Walkie-Talkies)到現在常用的手機對講服務(Push to Talk over Cellular, PoC)已有久遠的歷史。最早，對講機是作為軍事用途，近年來各國則致力於研究關鍵任務一按通服務(Mission Critical Push-to-Talk, MCPTT)，也就是將 PTT 應用於公共安全上，改善第一線人員使用公共安全通訊系統(Public Safety Communication)的運作效能。由於現今的 PTT 是建立在網路電話(Voice over IP, VoIP)的技術上，所以 PTT 的延遲程度、安全性、以及對行動通訊的支援能力也是大家所關注的。

在本篇論文中，我們設計出在 IPv6 (Internet Protocol Version 6) 的環境下，使用 SIP 伺服器 (Session Initiation Protocol Server)、TBCP 伺服器 (Talk Burst Control Protocol Server) 以及 GLM 伺服器 (Group List Management Server) 來做信令 (Signaling) 交換以及多播群組 (Multicast Group) 的管理。有別於一般電信業者的 PoC 系統，本篇論文在 IPv6 環境中利用 SIP 伺服器以及多播的方式，使得使用者能夠任意加入或離開群組，無需事先的撥號。相較之下，本系統提供一個傳輸資料更有效率，信令交換時間更簡短的即時 PTT 系統。

關鍵詞: GLM, IPv6, Multicast, PTT(Push-to-Talk), SIP, TBCP, VoIP

Abstract

From the early Walkie-Talkies, to the recent Push to Talk over Cellular (PoC), it has been a long history where the PTT (Push to Talk) technology is applied. Although Walkie-Talkies have been used in military operations in decades, many countries are recently devoted to the Mission Critical Push-to-Talk (MCPTT) technology, which applies PTT to improve the performance of public safety communication for first responders. Because PTT is based on voice over IP (VoIP) technologies, the performance, security, and mobility of PTT are also of great concerns to researchers and manufacturers.

This paper proposed a design and implementation

of a PTT system, using the SIP (Session Initiation Protocol) servers and TBCP (Talk Burst Control Protocol) servers to transport signaling and using GLM (Group List Management) servers to maintain multicast group management. Additionally, in contrast to commercial PoC systems, this paper fully utilizes the SIP server and multicast feature in IPv6, which allows users to arbitrarily join groups and communicate with others. Finally, this paper provides a more efficient PTT system.

Keywords: GLM, IPv6, Multicast, PTT(Push-to-Talk), SIP, TBCP, VoIP

1. 前言

最早，無線電對講機是作為軍事用途，近年來各國則致力於研究關鍵任務一按通服務，也就是將 PTT(Push to Talk) 應用於公共安全上，改善第一線人員使用公共安全通訊系統的運作效能[1]。

國際標準組織開放行動聯盟 (Open Mobile Alliance, OMA) 針對 PTT，成立了 PTT over Cellular (PoC) [2] 工作群組來制定相關標準機制。源自於傳統無線電的概念，在通話之前，必需先將成員所使用的通訊器材調整至同一頻道 (Channel)。在無線電波的有效範圍內，當使用者按下發話鈕時，所有同頻道的成員才會接收到該使用者發出的訊息。而在 PoC 機制中，與無線電通訊不同，PoC 透過網際網路協定 (Internet Protocol, IP) 來建立連線，必須先將同一群組的使用者註冊後，透過通用封包無線服務 (General Packet Radio Service, GPRS) 或是 3G/4G 無線通訊服務傳輸語音 (Audio)。PoC 與傳統無線電最大的差別在於不會有共用頻道或是頻道干擾的問題，也不會受到無線電波在物理上的距離限制。

現今的 PoC 工作原理類似網路電話[3]，主要是基於網際網路工程任務小組 (Internet Engineering Task Force, IETF) 所定義的會議初始協定 (Session Initiation Protocol, SIP) [4] 和即時傳輸協定 (Real-time Transport Protocol, RTP) 以及發話權控制協定 (Talk Burst Control Protocol, TBCP) [5]。要在網路環境下進行網路電話的傳輸，最重要的部分是信令交換，SIP 協定就是為了解決語音傳輸時的信令交換。本篇論文使用了 SIP 伺服器做為語音串流起始 (Initiate)、修改 (Modify) 與終止 (Terminate) 信號的控制伺服器，並且管理彼此之間的

連線狀態。聲音的傳送，則是結合 TBCP 來做發話權(Floor)的管理。TBCP 訊息使用即時傳輸控制協定(Real-time Transport Control Protocol, RTP)來傳遞訊息。即時傳輸協定與即時傳輸控制協定都是以用戶資料包協定(User Datagram Protocol, UDP) [6] 為基礎來傳遞，最後利用 IPv6 的多播群組來完成整個 PTT 系統架構。

本論文主要探討在 IPv6[7]的網路環境底下，利用多播群組，結合 SIP 伺服器、TBCP 伺服器以及 GLM[8]伺服器的運作方式，提供 PTT 服務，令使用者能夠任意的加入或離開單一群組或者是多重群組。除了信號管理需要透過伺服器，在語音傳遞的部分可由端點至端點直接通訊，不需透過伺服器轉送，降低伺服器在遠處所造成的傳輸延遲問題，提高了即時語音的便利性，更提供了一種即時語音的解決方案。

本篇論文之其餘章節分為五節。第二節為研究背景；第三節回顧前人文獻；第四節及第五節為系統架構及系統功能分析；最後則為結論及參考文獻。

2. 研究背景

2.1 SIP 協定

目前常用的網路電話協定為 H.323、SIP、MEGACO 和 MGCP 等。其中 H.323 因複雜性高，在許多技術上的問題受限，不容易針對新的應用作擴展，而有了後續新協定的產生。SIP 協定用於多媒體會談(Multimedia Session)的建立、修改及終止。SIP 為會談發起時的初始化協定，在協定初始化後，傳遞影音等資料則需要其他傳輸協定。例如即時傳輸協定(RTP)能即時傳輸資料，而即時傳輸控制協定(RTCP)則提供服務品質(Quality of service, QoS)；若與即時串流協定 (Real-time Streaming Protocol, RTSP)結合則可以用來控制多媒體語音的播放暫停。會話描述協定 (Session Description Protocol, SDP)可以用來描述多媒體的串流，例如媒體形式(Type)，傳輸協定(Protocol)以及編碼格式(Codec)。

在本篇論文中，運用了 SIP 伺服器作為主要的控制伺服器。而 SIP 協定是則是基於用戶資料包協定(UDP)與網際網路協定(IP)運作的信令協定。SIP 通訊模式與超文本傳輸協定(HyperText Transfer Protocol, HTTP)通訊協定類似，都是採用請求(Request)、回應(Response)的模式，並提供數種的要求命令(Command)和回應代碼(Status Code)，配合夾帶的標頭欄位(Header Fields)訊息(如圖 1)和通訊內容(Content)來完成信令控制。SIP 協定在建立

會談時使用一組類似超文本傳輸協定文字格式的訊息傳遞和交換多個用戶之間的網際網路位址、媒體能力、編碼格式等資訊。SIP 與網際網路工程任務小組的其他協定都有密切關係，例如即時傳輸協定(RTP)、會談公告協定(Session Announcement Protocol, SAP)、會話描述協定(SDP)。而一個完整的 SIP 服務系統，還需要網域名稱系統(Domain Name System, DNS)、動態主機設定協定(Dynamic Host Configuration Protocol, DHCP)、資源預留協定(Resource Reservation Protocol, RSVP)等協定的配合才能正常運作。其中會話描述協定可視為 SIP 訊息傳送的内容，專門負責處理媒體格式的協商。

General-headers	Entity-headers	Request-headers	Response-headers
Call-ID	Content-Encoding	Accept	Allow
Contact	Content-Length	Accept-Encoding	Proxy-Authenticate
Cseq	Content-Type	Accept-Language	Retry-After
Date		Authorization	Server
Encryption		Contact	Unsupported
Expires		Hide	Warning
From		Max-Forwards	WWW-Authenticate
Record-Route		Organization	
Timestamp		Proxy-Authorization	
To		Proxy-Require	
Via		Route	
		Require	
		Response-Key	
		Subject	
		User-Agent	

圖 1 SIP 標頭

SIP 伺服器的運作模式如圖 2，首先用戶代理(User Agent, UA)必須向 SIP 伺服器進行註冊(REGISTER)；當撥出(Call)電話時，則會送出邀請(INVITE)給其他用戶代理；結束通話時，則送出(BYE)的信令。

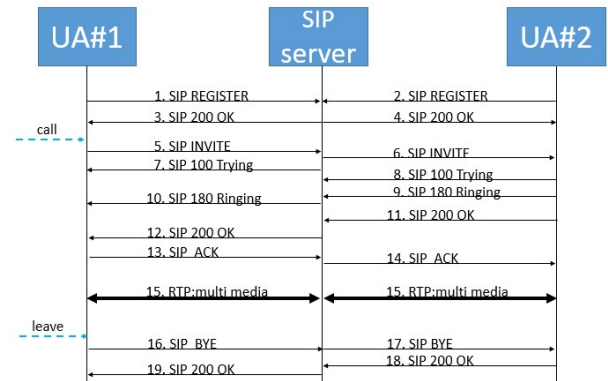


圖 2 SIP 運作流程

2.2 IPv6

現今的網際網路發展蓬勃，因此 IP 位址已有逐漸用罄的趨勢，最初所設計的 IP 位址長度為 4 個位元組，最多分配給大約 40 億個設備，雖然目前的網路位址轉換(Network Address Translation, NAT)及無類別域間路由(Classless Inter-Domain Routing, CIDR)等技術可延緩網路位置匱乏之現象。但是除了大量位址空間，IPv6

還增加了自動設定位址(Auto-Configuration)、內建網際網路安全協定 (Internet Protocol Security, IPsec) 加密機制、行動 IPv6(Mobile IPv6)以及服務品質機制, IPv6 多播(Multicast)也比以往 IPv4 的廣播 (Broadcast)更加彈性, 非常有優勢。

RFC 2373中定義 IPv6封包傳送有三種型式, 分別為 Unicast、Anycast、Multicast。多播 (Multicast)是多點傳輸(Multi-point Transmission)機制, 當封包傳往多播位址時, 所有聽在此多播位址的節點就能收到。因此, 使用者只要送出一份資料, 就能由路由器(Router)自動複製, 轉發給所有群組內的節點(Node)。在有多個接收者時, 可大幅降低傳送端的負擔。圖3所示為 IPv6 多播位址的格式(Format): 前面8個位元(Bit) 為 FF, 代表此為多播位址; 其後4個位元為多播位址旗標(Flags), 主要用來區分是否為網際網路號碼分配局(Internet Assigned Numbers Authority, IANA)指派之多播位址 (Well-known Multicast Address), 表示為0000, 或是暫時性多播位址(Temporary Multicast Address), 表示為0001; 再後面4個位元代表可傳送範圍 (Scope); 最後112個位元為 IPv6多播位址的群組識別(Group ID), 由分配局指派或者使用者自行定義之。

8 bits	4 bits	4bits	112 bits
1111 1111	Flags	Scope	Group ID

圖 3 IPv6 多播位址

2.3 TBCP 協定

國際標準組織開放行動聯盟(OMA)推出之 PoC 架構是運用即時傳輸控制協定(RTCP)的 APP Message 封包形式來夾帶 TBCP 發話權的請求。其特殊之處在於, TBCP 每送出一個請求, 都會有一個時間計時器(Timer)被啟動。當時間到了(Timeout)以後會再重送(Retransmit)請求。

圖4為即時傳輸控制協定的 APP Message 之標頭, 其中 Message Subtype 用來傳遞 TBCP 的訊息 (Message), 例如 TBCP Request、TBCP Granted、TBCP Deny、TBCP Release、TBCP Idle、TBCP Taken 等, 來達到傳遞控制訊息的效果。

0	15	31		
Ver	P	Message Subtype	Packet Type(APP)	Length
SSRC/CSRC				
Application Name				
Source Address				
Application-depended Data				

圖 4 即時傳輸控制協定的 APP Message 標頭

TBCP 伺服器的運作模式如圖5。當使用者按下 PoC 按鈕, 用戶代理(UA#1)會發出請求(Request), 若現在無人持有發話權, 伺服器就會允許(Granted),

並且向所有同群組的其他用戶代理發送發話權已被持有的訊息(Taken); 之後, 當使用者放開按鈕(也就是發話結束), 用戶代理#1會發送一個發話權釋放的訊息 (Release), 伺服器也會向所有同群組之用戶代理發送發話權閒置的訊息 (Idle)。

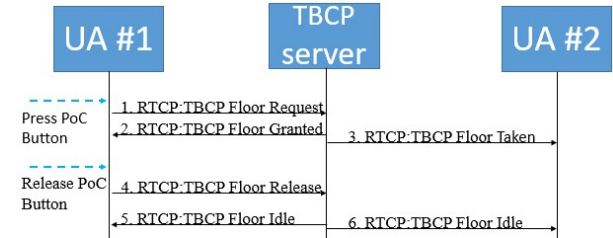


圖 5 TBCP 運作流程

2.4 OMA 架構之 PoC 運作流程

本篇論文是以 OMA 提出之 PoC 架構為基礎, 進一步結合第三節所述及之方法而提出的 PTT 系統。本節先介紹 OMA 的 PoC 架構。

在 OMA 架構中, 可分為四個部分, 分別為 PoC 客戶端(PoC Client)、GLM 伺服器、SIP 伺服器以及 PoC 伺服器, 如圖6。其中使用到之 SIP 以及 TBCP 協定的運作模式可參考前一節之介紹。而 GLM 伺服器之運作可參考[9], 使用者如需要建立、修改、閱讀群組資訊或刪除群組時, 會使用 HTTP 傳送 GET 封包給 GLM 伺服器, 並由 GLM 伺服器回傳 200 OK。

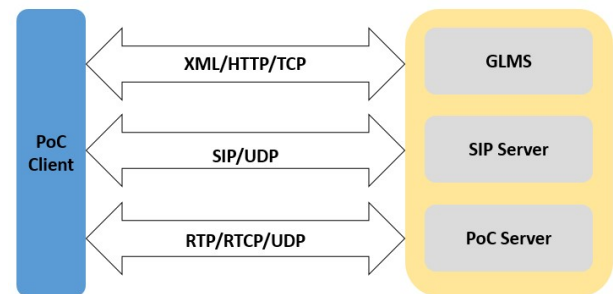


圖 6 OMA 之 PoC 架構圖

PoC 運作流程, 如圖7所示。一開始, 使用者按下按鈕, 用戶代理(UA#1)向 PoC 伺服器發送 INVITE 的信令, 而 PoC 伺服器也會將 INVITE 信令轉送給被邀請的其他用戶代理。接著 PoC 伺服器會使用 RTCP 傳送 TBCP Granted 封包給用戶代理#1, 而其他用戶代理則會收到 TBCP 的 Taken 封包。最後使用即時傳輸協定(RTP)來傳遞聲音訊號。當使用者放開按鈕, 用戶代理#1會向 PoC 伺服器傳送 TBCP Release 的信令, 而 PoC 伺服器則會向群組內所有用戶代理傳送 TBCP Idle 的封包。如使用者再次按下按鈕, 用戶代理#1會傳送 TBCP Request 給 PoC 伺服器, 接著 PoC 伺服器傳送 TBCP Granted 給用戶代理#1, 而其他用戶代理則會收

到 TBCP 的 Taken。最後，使用者按下離開，用戶代理#1會發送(BYE)信令給伺服器，並經由 PoC 伺服器轉送給其他用戶代理。

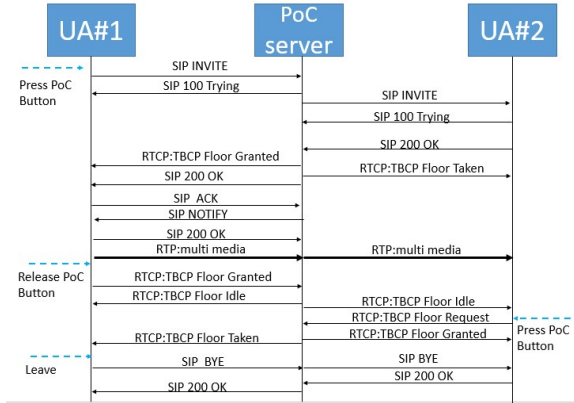


圖 7 OMA PoC 運作流程圖

3. 文獻探討

在本節中，將針對目前國內外學者先前所提出之 SIP 伺服器、TBCP 流程以及 IPv6 多播做完整回顧，並綜合各學者提出之架構，提出一個新的 PTT 架構，並在下一節中說明。

3.1 點對點之語音傳輸(Point to Point Audio Streaming)

Akshai Parthasarathy 在[10]中提到，利用 SIP 伺服器作信令控制，而後利用即時傳輸協定(RTP)點對點傳送語音資訊。其想法奠定了本篇論文中語音資訊傳遞的方式，由 SIP 伺服器做信令控制，但傳輸語音資訊時，則是用戶代理對用戶代理，不再透過中間的 SIP 伺服器。現今個人電腦運算能力越發強大，所以讓伺服器只著重在信令控制，不需要浪費效能於語音傳遞上，既可以減輕伺服器負擔，對於伺服器與用戶代理的距離影響自然減少，語音傳輸也能更順暢。

3.2 多播 PTT

Jen, Chien-Maw 在[11]提出了利用多播即時傳輸協定與 SIP 協定的 PTT 實作，SIP 伺服器的部分是建立會談，而 PoC 伺服器除了做發話權控制也負責維護及儲存群組名單(Group List)，最重要的是其 PoC 伺服器利用多播即時傳輸協定來負責把得到發話權的客戶端(Client)之來源 ID(Source ID)以及音訊多播給其他客戶端。而本文也參考其架構加以修改，TBCP 信令傳遞是使用多播轉送給所有用戶代理，但是音訊傳遞的部分則不需透過任

何伺服器。

3.3 多播位址群組(Multicast Address Group)

HaiYan Liu、Ying Li 與 YunFeng Zhang 在[12]中提出了實現 IPv6 多播的通訊過程，更重要的是著墨在多播所產生的安全問題，本篇論文也參考其提出之 IPv6 多播架構，並加入其來源驗證(Source Authentication)的作法，藉以提高多播應用在 PTT 系統可能產生的安全隱憂。

總合此節與第二節之內容，本篇論文與 OMA 架構不同的是，用戶代理需與 GLM 伺服器、SIP 伺服器以及 TBCP 伺服器進行資料交換或信令傳遞。其次，本篇論文中是先邀請用戶代理加入群組後才能開始按下按鈕擁有發話權，而非等使用者按下按鈕後才邀請其他用戶代理加入群組，我們認為這樣更符合原本傳統對講機的概念(預先調整為同樣頻率)。第三，本篇參考以上各學者提出之架構與改進，取各篇之優點，點對點傳輸語音訊息、TBCP 伺服器與 SIP 伺服器的信令整合以及多播 IPv6，提出下一節之系統架構。

4. 系統架構

根據上節各學者提出的研究，本論文提出的 PTT 系統，是利用 SIP 伺服器作為管理所有用戶代理的主要伺服器，TBCP 伺服器做為管理發話權的伺服器，並由 GLM 伺服器為管理群組的伺服器，擁有 Group ID 與 IPv6 多播位址對照表，最後，透過 IPv6 多播將語音訊息傳送給群組內所有用戶代理，不管是一對一或一對多的情境下，都能適用。下面兩小節，將對於上述所提出的 PTT 之系統，說明設計架構與各伺服器之描述。

4.1 設計架構

圖 8 為本篇論文的系統架構圖，包含四個部份：第一部份、用戶代理(UA)。第二部份、SIP 伺服器(SIP Server)。第三部份、TBCP 伺服器(TBCP Server)。第四部份、GLM 伺服器(GLM Server)。

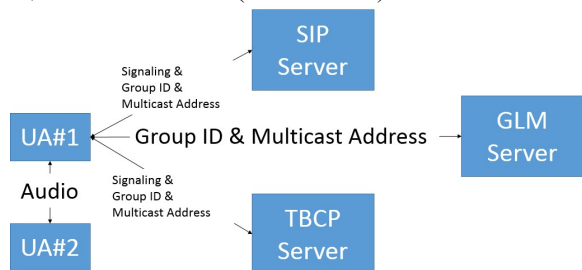


圖 8 系統架構圖

用戶代理除了負責與使用者互動(User Interface)的部分，還須與 SIP 伺服器、TBCP 伺服器、GLM 伺服

器溝通，將使用者的語音(Audio Data)多播給其他用戶代理，並接收其他用戶代理傳來的音訊。而在 SIP 伺服器方面，主要負責信令(Signaling)控制，用戶代理註冊、邀請以及加入群組。用戶代理之群組管理則是透過 GLM 伺服器，並且由伺服器分配群組的 IPv6 多播位址給用戶代理。而每當使用者要發話時，則透過 TBCP 伺服器來獲得發話權(Floor)。

此外，底層則是採用了 IPv6 協定，除了 IPv6 提供廣大的位址，IPv6的單播(Unicast)能透過鄰居發現協定(Neighbor Discovery Protocol, NDP)以及無狀態位址自動設定(Stateless Address Auto-configuration)之自動定址(Auto-Configuration)的特性，讓使用者不須手動設定位址以外，多播功能可以有效減少網路流量，更是本論文選擇 IPv6 的原因。

4.2 GLM 伺服器

本篇中，GLM 伺服器與 OMA 提出有些微不同，其只需與用戶代理利用 SIP Message[13]做資料傳遞，並不與其他伺服器做溝通。而通訊內容為 Group ID(由使用者自行命名)以及 IPv6 多播位址(由 GLM 伺服器分配給群組)，並利用 SIP 來傳資料而非透過 HTTP。

4.3 SIP 伺服器

本篇之 PTT 系統中，採用 SIP 伺服器架構，用戶代理向 SIP 伺服器註冊(Register)之後，透過 INVITE 邀請其他用戶代理加入群組，如2.1節。其中多加了利用 SIP Message 來傳遞 Group ID 與多播位址。

4.4 TBCP 伺服器

本篇論文與 OMA 所提出之 PoC 採用相同的 TBCP 通訊協定。用戶代理向 TBCP 伺服器發出請求來得到發話權，其中傳送多加了 Group ID 與多播位址。與2.3節不同之處在於：步驟3、5、6的部分，TBCP 伺服器會用多播的方式將 RTCP 封包發給所有用戶代理，而不須一一傳送，大幅減少封包數。

5. 系統功能與分析

在本論文中，採用 SIP 協定，TBCP 協定以及 GLM 為主要架構，提出於 IPv6環境的 PTT 機制，使用於即時語音訊息之傳遞。在以下章節，先對

於本論文 PTT 機制做詳細說明。

5.1 系統流程

有別於 VoIP 技術，除了利用 SIP 協定中的註冊伺服器以及用戶代理以外，也參考原本 OMA 之 PoC 機制，更為重要的則是應用了 IPv6多播位址實現點對點傳送。

圖 9為本論文所提出隨按即說系統之流程圖，其中可以分為六個階段，分別為註冊(Register)階段、發起群組(Invite)、取得發話權(Floor)階段、(Audio)發送對話、結束發話權(Release)以及取消群組(Bye)。

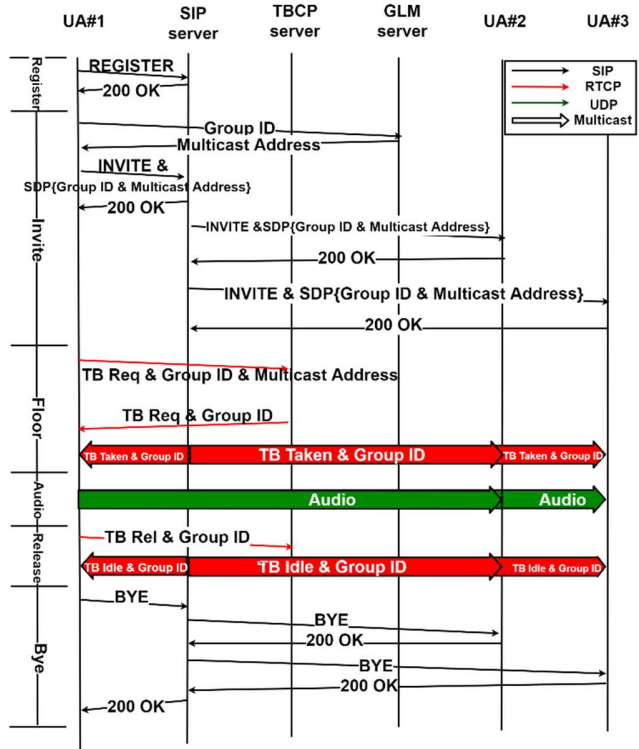


圖 9 系統流程圖

Step 1 (Register): 首先，使用者會進行註冊，因此用戶代理(UA#1)需要向 SIP 伺服器發送 REGISTER 信令，在 SIP 伺服器回應 200 OK 的訊息後，則成功加入 PTT 群組。

Step 2 (Invite): 註冊成功後，使用者可自行輸入人員名單並按下邀請，用戶代理#1會先透過 SIP 來向 GLM 伺服器取得 IPv6 多播位址，再傳送 SIP 的 INVITE 信令以及夾帶 IPv6 多播位址的 SDP，來告訴 SIP 伺服器所要邀請的所有用戶代理，而 SIP 伺服器則會將 INVITE 以及 IPv6 多播位址送往其他用戶代理，等到其他用戶代理回應 200 OK 之後，新的群組即建立完成。

Step 3 (Floor): 取得發話權階段，選擇想要發話的群組後，當使用者按下隨按即說之按鈕時，會利用即時傳輸控制協定(RTCP)的封包，將 TB Req、Group ID

以及 IPv6 多播位址夾帶在標頭(Header)中發送給 TBCP 伺服器。在 TBCP 伺服器收到此封包時，則會察看此群組 Group ID 的發話權(Floor)是否有人佔用。若無人佔用，TBCP 伺服器則會回送 TB Granted 訊息的封包給用戶代理#1，最後將夾帶 TB Taken 以及 Group ID 訊息的即時傳輸控制協定封包利用多播的方式發給群組內所有用戶代理。其他用使用者的發話按鈕此時就會被鎖定而無法使用。用戶代理#1 收到 TB Granted 後顯示燈亮，才能開始說話；反之則顯示已有人佔用頻道之訊息視窗，並鎖定按鈕。

Step 4 (Audio): 發送對話階段，使用者得到發話權，用戶代理#1 會利用已知的多播位址，將使用者的語音串流利用多播的方式發送給此群組內的所有成員(也就是所有聽在這個 IPv6 多播位址的用戶代理)。

Step 5 (Release): 當使用者放開按鈕，發話權結束，用戶代理#1 會傳送 TB Rel 以及群組的 Group ID 給 TBCP 伺服器。而 TBCP 伺服器會依據 Group ID，從 GLM 伺服器得到群組 IPv6 多播位址，把 TB Idle 的信號用多播的方式傳給群組內其他用戶代理。此時其他用戶代理的發話按鈕才能使用。

Step 6 (Bye): 最後，在取消群組階段，用戶代理#1 可以任意離開已加入的群組。在送出 BYE 指令之後，SIP 伺服器會更新群組名單，即可離開此群組。

5.2 IPv6 多播位址

前面幾個章節中提到，利用 GLM 伺服器管理每個 Group ID 所對應之多播位址，其中此多播位址為暫時的，所以旗標欄位的值為 0001，而範圍的部分則可依照所在環境做調整。因為本篇論文所提出之架構是希望用於一個組織(如學校、醫院等內部網路)，所以範圍預設為 Site-Local (0101)，而 IPv6 多播位址後 112 位元的 Group ID 則隨機產生。

6. 結論

行動通訊的推廣以及無線網路的蓬勃發展，都使得上網更為便利，且頻寬的限制也不再是問題，因此促成 PTT 的發展與使用更為容易。功能面而言，PTT 是一個被廣為使用的功能。雖然目前在網際網路上語音串流服務非常普遍，但如何更方便快速即時的傳送語音訊息，是本篇論文想要達成的目標。尤其針對 IPv6 網路環境，透過多播的傳輸方式，達成點對點即時語音的交談，是本篇論文主要的研究議題。

參考文獻

- [1] Y. Lair, G. Mayer, "Mission Critical Services in 3GPP," June 20, 2017. [Online]. Available: https://www.3gpp.org/news-events/1875-mc_services. [Accessed: 10- June- 2019]
- [2] O. M. Alliance, "Push to talk over Cellular (PoC)-Architecture," *OMA-AD-PoC-V1 0-20060609-A*, 2006.
- [3] B. Goode, "Voice over Internet protocol (VoIP)," *Proceedings of the IEEE*, vol. 90, no. 9, pp. 1495-1517, 2002, doi: 10.1109/JPROC.2002.802005.
- [4] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, E. Schooler, "Session initiation protocol," *IETF RFC 3261*, June, 2002.
- [5] M. Tsai and Y. Lin, "Talk burst control for push-to-talk over cellular," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 7, no. 7, pp. 2612-2618, 2008, doi: 10.1109/LCOMM.2008.060980.
- [6] W. Hongtao, J. Yuehui, W. Wendong, M. Jian, and Z. Dongmei, "The performance comparison of PRSCTP, TCP and UDP for MPEG-4 multimedia traffic in mobile network," in *International Conference on Communication Technology Proceedings, 2003. ICCT 2003.*, 9-11 April 2003, vol. 1, pp. 403-406, doi: 10.1109/ICCT.2003.1209108.
- [7] R. Hinden and S. Deering, "IP version 6 addressing architecture," *IETF RFC 2373*, July, 1998.
- [8] S. Myung-Ki, K. Ki-Il, K. Dong-Kyun, and K. Sang-Ha, "Multicast delivery using explicit multicast over IPv6 networks," *IEEE Communications Letters*, vol. 7, no. 2, pp. 91-93, 2003, doi: 10.1109/LCOMM.2002.808396.
- [9] M. Dawei, L. Binde, Z. Fengbin, and S. Chen, "Research and Realization of Poc Group List Management Server," in *Proceedings of the 2012 International Conference on Computer Application and System Modeling*, 2012/08 2012: Atlantis Press, doi: <https://doi.org/10.2991/iccas.2012.252>.
- [10] A. Parthasarathy, "Push to talk over cellular (PoC) server," in *Proceedings. 2005 IEEE Networking, Sensing and Control*, 19-22 March 2005, pp. 772-776, doi: 10.1109/ICNSC.2005.1461288.
- [11] C.-M. Jen, "Method for implementing push-to-talk over SIP and multicast RTP related system," ed: Google Patents, 2009.
- [12] H. Liu, Y. Li, and Y. Zhang, "IPv6 multicast implementation and security solutions base on .Net platform," in 2011 International Conference on Mechatronic Science, Electric Engineering and Computer (MEC), 19-22 Aug. 2011, pp. 1780-1782, doi: 10.1109/MEC.2011.6025828.
- [13] B. Campbell, J. Rosenberg, H. Schulzrinne, C. Huitema, D. Gurle, "Session Initiation Protocol (SIP) Extension for Instant Messaging," *IETF RFC 3428*, December,