

媒體閘道控制協定網路服務品質之探討與設計*

林錦財

崑山科技大學資管系

台南縣永康市大灣路 949 號

ctlm@mail.ksut.edu.tw

摘要

與傳統電話系統相比，網際網路電話通訊(VoIP)除了節省頻寬之外，同時可以結合其他網路應用程式，實行自動化之處理，或進行視訊會議等功能。目前網路電話未能取代傳統電話的主要原因之一是未能提供傳送品質的保證，媒體閘道控制協定(MGCP)為網路電話的標準之一，並被許多 VoIP 廠商所採納。MGCP 1.0 版標準文件，只提出使用 RSVP 作為提昇通話品質的簡短建議，至於如何實現服務品質(QoS)的設計上，並未加以說明，本論文主要針對 MGCP 運作特性，發掘其在網路服務品質方面有關的問題，並提出可行的解決方法。

關鍵詞：媒體閘道控制協定(MGCP)、資源預留協定(RSVP)、網路電話(VoIP)、服務品質(QoS)

一、目的

近年來網際網路急速發展，運用網際網路執行電話通訊(Voice over IP，簡稱 VoIP)已是必然之趨勢。與傳統電話系統相比，VoIP 除了節省頻寬(只需 8kbps 以下)外，同時可以結合其他網路應用程式，實行自動化之處理，或進行視訊會議等功能。然而，VoIP 目前由於網際網路協定(IP)無法提供可靠之通訊品質保證，致能未能全面取代傳統電話。

目前許多學者相繼提出許多改進 IP 之 Best Effort 服務方式的機制，其中以整合式服務模式(Integrated Service Model)與差別式服務模式(Differentiated Service Model)最為著名，而主要以資源預留協定(RSVP) [4]為基

礎，預留通訊頻寬作為傳輸延遲以及低封包遺失率，以提供較可靠之傳輸品質保證。另外，利用 Multi-Protocol Label Switching(MPLS)[15]方式達成服務品質(QoS)的方法，是新穎的研究課題。

媒體閘道控制協定(Media Gateway Control Protocol, 簡稱 MGCP)提供了一簡易而強固的通話控制(call control)協定，已被 IETF 採納為 RFC2705 網路標準協定[1]，並被許多 VoIP 廠商所採納，運用在產品的設計上。MGCP 1.0 版標準文件，只提出使用 RSVP 作為提昇通話品質的簡短建議，至於如何實現 QoS 的設計上，並未加以說明。

本論文主要針對 MGCP 運作特性，發掘其在網路服務品質方面有關的問題，並提出可行的解決方法。

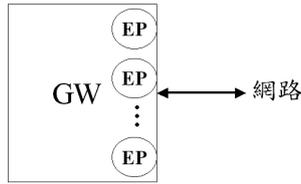
本文第二節先介紹 MGCP 的運作方式，及影響其通話品質的要素，第三節提出提昇 MGCP 協定架構媒體傳送品質的可行架構，最後提出我們的結論以及未來可能的研究方向。

二、基礎

(一)媒體閘道控制協定

MGCP 為結合舊有的電話系統或設備與 IP 網路以及 ATM 網路提供了一個銜接的架構。有別於 ITU-T H.323 協定[9]將通話訊令(call signaling)與通話控制(call control)分別用不同的 TCP 通道(分別使用 H.225.0-Q.931 協定與 H.245 協定)傳送，MGCP 結合了 Session Description Protocol (SDP)[8]，將通話訊令與通話控制合併於以 UDP 傳輸的九種命令中，MGCP 主要提供了通話連接之建立、更改、解除、以及狀態查詢等功能，而真正傳送影音資訊的是 Real-Time Transport Protocol (RTP)[18]。MGCP 之運作包括通話代理器(Call Agent，簡稱 CA)以及電話閘道(Telephony Gateways，簡稱 GW)兩種實體，GW 上可能附著多個端點(endpoints，簡稱 EP)

* 本研究由國科會八十九年度專題研究計畫 NSC 89-2218-E-212-004 提供經費補助。

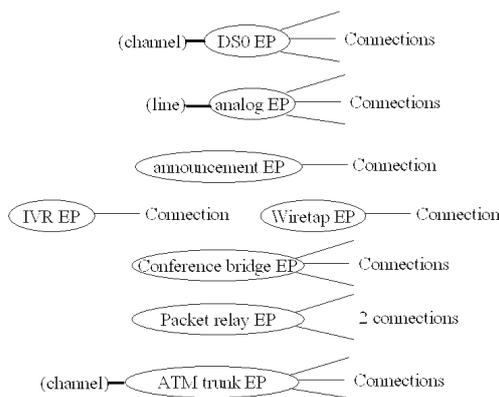


圖一 電話閘道

(如圖一)。可能的 EP 包括：數位通道(digital channel (DS0))、類比線路(Analog line)、通告伺服器存取點(announcement server access point)、會議橋接點(conference bridge access point)、封包中繼(packet relay)、竊聽裝置存取點(wiretap access point)以及 ATM “幹線端(trunk side)” 介面(interface) (如圖二)。GW 的功能是將各種類型的 EP 訊息(包括通話訊令(signal)及媒體資料)加以轉換。GW 與 CA 交換通話控制命令以控制 EP 間的通話連線關係。實際傳送 VoIP 影音資料，並不需經過 CA，而是直接由 EP 透過 GW 與遠端的 EP 以 RTP 協定傳送。

通話連線模型的主要元素為 EP 與連接(connection)，兩 EP 間的連接關係個別以一本地的連接(local connection)互相對應。通話連接之建立是經由 CA 協調所有參與的 EP 達成。最常見的簡單例子是，兩個 EP (設 EP1 與 EP2) 建立通話連線：EP1 以 Connection 1 與 EP2 以 Connection 2 對連。而兩個 EP 間的通話(call)可以包含多條的連接關係，例如傳送多條的語音通道。

MGCP 控制通話的訊息稱為命令(command)，由於是利用 UDP 作為傳輸層協定，為了達到可靠的傳輸，所有命令都須有回應(response)。目前定義的命令有九個：Endpoint Configuration (EPCF)、Notification Request (RQNT)、Notify (NTFY)、Create Connection (CRCX)、Modify Connection (MDCX)、Delete Connection (DLCX)、Audit Endpoint (AUPEP)、Audit Connection (AUCX)、



圖二 各種Endpoints

以及 Restart in Progress (RSIP)，除了 NTFY、RSIP 以及部份的 DLCX 是由 GW 向 CA 發送以外，一般而言，主要由 CA 向 GW 發送命令。若限時未接收到回應，則會重傳命令。

命令或回應都具有一系列的參數(parameters)，而通話訊令(call signaling)則包含於命令或回應的參數中。GW 與 CA 間是利用事件(event)/訊號(signal)進行 EP 間之交握動作(handshaking)。GW 會偵測其附著 EP (通常是電話系統)所具備之事件，如拿起話筒(Hang off, HookDown 或 HD) 事件、放下話筒(Hang on, HookUp 或 HU) 事件、HookFlash (HF)事件、撥號(Dial Digit)、逾時(Timeout)等，而利用 NTFY 命令通知 CA。CA 也會透過命令中的 SignalRequest 參數使 GW 產生訊號，如預備撥號聲(dial-tone)、鈴聲(ringing tone)、忙線聲(busy tone)等。

以下是兩個 EP 間典型的連接過程：

- (1) CA 首先對各個所管轄之 GW 發出 Notification Request (RQNT)命令，要求 GW 當其附著的 EP 發生所列事件(如 HU、HD 事件)時通知 CA。
- (2) GW 對 CA 之命令都必須做回應。且當 GW 附著的 EP (假設為 EP1) 發生 CA 所列應通知之事件時，須立即通知(Notify, NTFY 命令)CA。
- (3) CA 接到拿起話筒(HD)的 NTFY 訊息後，於是向 GW 提出“建立連線”(Create Connection, CRCX 命令)之要求，並要求 EP1 產生預備撥號聲(dial-tone)。
- (4) EP1 的 GW 收到 CRCX 命令時，首先配置連線所需資源(如訊號處理功能、封包處理功能、socket 通訊埠)，並回應 CA 其 session description (採用 Session Description Protocol, SDP 規格)。
- (5) 接著 EP1 撥號(dial-digits)的事件會用 NTFY 命令傳送給 CA，CA 查詢所撥號碼(E.164 規格)，若為合法的另一 EP 電話號碼，CA 便向另一 EP (假設為 EP2)所在 GW 提出 CRCX 命令，命令中便含有 EP1 所提供之 session description 以及產生鈴響聲(ringing tone)的訊號要求；同樣地，EP2 配置連線所需資源，並回應 CA 其 session description。
- (6) CA 向 EP1 的 GW 傳送“更改連線”(Modify Connection, MDCX)命令，將 EP2 之 session description 告知 EP1，此時並產生回饋的鈴響聲(ring-back tone)。
- (7) 等 EP2 拿起話筒接話而產生 HD 事件時，其 GW 便通知 CA，CA 接著通知

Phone1	EP1	Call Agent	Name Server	計費	EP2	Phone2
		← Notification Request				
Off Hook	Ack	→				
	Notify	→				
(Dial-tone)		← Ack				
		← Create Connection + Notification Request				
Digits	Ack(SDP1)	→				
	Notify	→				
(Progress)		← Ack				
		← Notification Request				
	Ack	→				
		Query(E.164)	→			
		← IP				
		CreateConnection(SDP1) + Notification Request	---	---	→	(ringing)
		←	---	---	Ack(SDP2)	
		← ModifyConnection(SDP2) + Notification Request				
	Ack	→				
		←	---	---	Notify	Off-hook
		Ack	---	---	→	
		← ModifyConnection + Notification Request				
	Ack (cut in)	→				
		Call start	---	→		
		Notification Request	---	---	→	
		←	---	---	Ack	
		(Call Established)				
		←	---	---	Notify	on hook
		Ack	---	---	→	
		← Delete Connection				
		Delete Connection	---	---	→	
	Ack(Perf Data)	→				
		←	---	---	Ack(Perf Data)	
		Call end	---	→		
		Notification Request	---	---	→	
on hook	Notify	→	---	---	Ack	
		← Ack				
		← Notification Request				
	Ack	→				

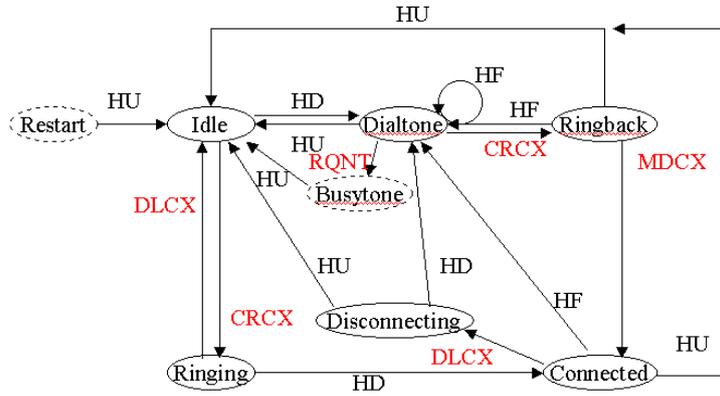
圖三 兩EP通話連接過程範例

EP1，停止 ring-back tone，連接便建立完成。連接建立完成後，兩 EP 之間根據 session description 的資訊，直接以 RTP 傳送媒體資料，而 GW 並負責做數位訊號之轉換(Digital Signal Processing)。

(8) CA 可依需要，以 Audit Endpoint (AUEP)

命令監看 EP 狀態或以 Audit Connection (AUCX)命令監看所建立之連接狀態。

(9) 當其中一方的 EP 掛上電話，該 EP 的 GW 將掛上電話(HU)事件以 NTFY 命令送給 CA，CA 即向 EP1 與 EP2 送刪除連線”(Delete Connection, DLCX)命令，結束



圖四 EP狀態轉移圖

通話。

圖四為簡化的 EP 狀態轉移圖。

(二)影響 MGCP 服務品質之因素

VoIP 服務品質，在連接建立部分則通常包括連接成功機率、連接建立時間、連接正確性，以及安全性。

在媒體資料方面，影響媒體品質的因素包括採用的傳輸延遲、延遲變異度、封包遺失率、媒體壓縮方法、回音抑制(echo cancellation)及訊雜比的增強控制(gain control)。前三者與網路傳輸有關，而後三者是與數位訊號處理單元有關。媒體傳輸部分造成延遲之因素至少包括：(1) digitization: 類比媒體轉成數位媒體(取樣)所需時間、(2) encoding: 數位媒體經編碼壓縮的時間、(3) RTP packetization: 編碼後之媒體封裝成 RTP 封包之 payload 的時間、(4) UDP/IP packetization: RTP 封包封裝至 IP 封包的時間、(5) transmission delay: 傳送 IP 封包的時間、(6) propagation delay 與 queuing delay: 封包在網路中繞送的時間、(7) depacketization: 接收端拆解封包的時間、(8) decoding: 解碼的時間、以及(9) reduce jitter: 開始播放前的緩衝時間。

除網路本身之可用性(availability)外，含 MGCP 命令或回應之 UDP 封包的遺失或延遲、Name Server 之可用性也是影響撥接成功率之因素。MGCP 文件已考量訊息重送以及 CA 或 Name Server 失效之相關問題，本論文不另探討。

三、提昇 MGCP 服務品質之方案

3.1 回饋法

回饋法是利用媒體的來源端所得知封包

傳送情形，調整其傳送參數。回饋資訊可能來自網路(Link Layer)或是接收端。網路回饋方式，可能的方式是利用如擁塞控制的 quench 訊息，但由於傳送媒體是使用非連接導向的(connectionless) UDP 協定，而且這些額外的控制訊息使得網路擁塞程度更為惡化，所以並不合適。來自接收端的回饋，有三種可能：

- (1) RTCP 之 Receiver report 訊息，包含封包之遺失率。
- (2) CA 使用 AUCX 命令，向接收端 EP 詢問傳送情形(connection parameters)，然後轉通知傳送端。
- (3) 接收端直接以特定訊息通知傳送端有關傳送情形。

第一種方式，RTCP 則是屬於 RTP 協定的一部份，可直接利用。第二種方式的 AUCX 詢問雖有定義，但因屬於選擇項，受詢的 EP 也許不回應相關資訊，至於如何轉知傳送端，則在 MGCP 中並未定義。最後一種方式，在 MGCP 中並未有相關之協定。

傳送端得知傳送情形，相對應的動作可以是：

- (1) 調整傳送頻寬，例如使用 G.723.1 等多重速率編碼法(multi-rate codec)，改變所需頻寬。
- (2) 若採用多層級編碼法(layered-source codec)，如 H.263，則可調整使用層級，達到調節頻寬的目的。
- (3) 可採用 Forward Error Correction (FEC)技術[17]，彌補遺失封包。

3.2 減少額外負擔

數位媒體封裝成 IP 封包過程，不僅花費封裝時間，同時也因標頭增加而增加傳輸的時間。尤其是對於聲音媒體，如 G.729 編碼，

媒體本身只需 10bytes，IP/UDP/RTP 標頭合計卻需 40bytes，顯然地額外負擔過大。

減少標頭額外負擔的方式有：

- (1) IP/UDP/RTP 標頭壓縮[6]。
- (2) 多重訊框(multi-frame)封包：將多段數位媒體封裝在同一 RTP 封包中。

3.3 利用網路層提供的QoS 技術

利用回饋法調節頻寬方式，僅於應用層次的端末系統(end system)，至於封包經過中間的路由器，是屬於網路層級。為了控制封包在路由器的處理方式，則需要網路層級的 QoS 技術。

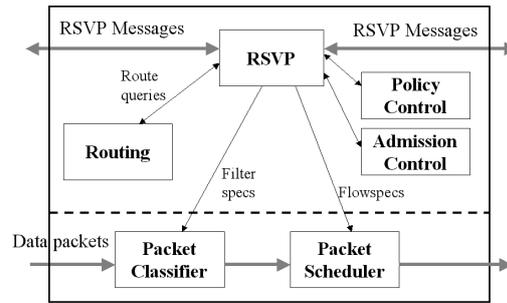
一般的路由器通常是以先進先出(FIFO)且不區分不同的資料流地轉傳封包。而具備 QoS 之路由器，則須能夠區分封包，並適當地排程以使某些資料流的傳送延遲與遺失率達到某種程度的要求。除了封包分類器(classifier)以及排程器(scheduler)，路由器需有許可控制(admission control)功能，以管制網路中的資料流數目，以及速率控制(rate control)功能，以確保被許可的資料流符合其指定的流量限制。封包之分類與排程功能，是每部路由器都需要的功能，然而許可與速率控制功能則通常只有在邊緣路由器(boundary routers 或 edge routers)上運作。

3.3.1 與 QoS 有關的參數

當建立連接(CRCX)或更改連接(MDCX) CA 可能會以 **Local connection options** 參數建議 GW 有關 EP 的連接(connection)屬性：

- (1) 封包包裝間隔時間(Packetization period)
- (2) 較偏好的壓縮法(Preferred type of compression algorithm)
- (3) 頻寬(Bandwidth)需求
- (4) 是否使用 Echo cancellation
- (5) 是否使用 Gain control
- (6) 是否使用 Silence suppression
- (7) 服務類型(Type of service)
- (8) 是否使用資源預留(Resource reservation)：包括“guaranteed service”，“controlled load”，或“best effort”。
- (9) 是否使用 RTP 加密安全
- (10) 使用何種網路作連接(Type of network)：包括 “Internet”，“ATM”，或 “Local area network”。

CA 的 Local connection options 建議的資訊來源可以由 CA 向 GW 送 AUEP 命令，使得



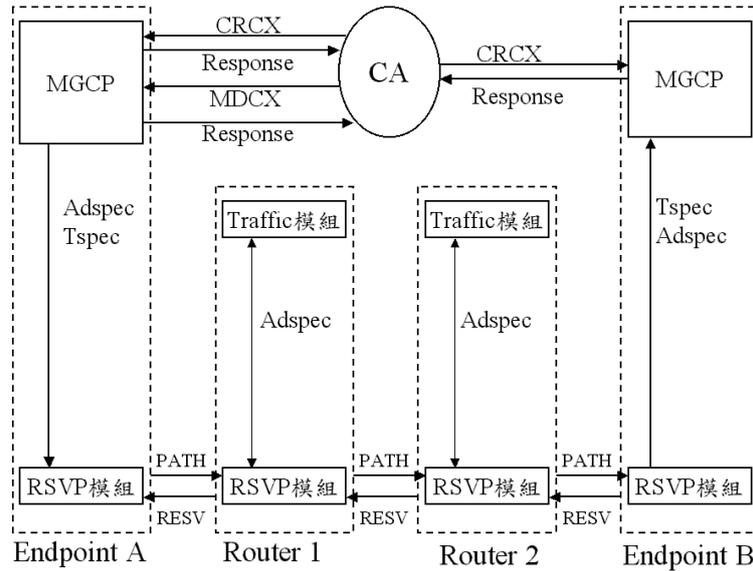
圖五 RSVP路由器內模組

GW 可以在回應 AUEP 命令時，告知 CA 其可匹配之能力(capability)，包括：編解碼(codec)方法、packetization period、bandwidth、echo cancellation、silence suppression、gain control、type of services、resource reservation、encryption key、type of network、以及 EP 能支援的 event packages、modes。

3.3.2 使用RSVP/Intserv

從 MGCP 1.0 版的 Local Connection Options 中的 Resource Reservation 選項，可看出訂定 MGCP 之作者以 RSVP 為思維來處理 QoS。RSVP 起源於 Intserv 的端點對端間的 QoS 模型，但因為擴充性問題，大致只能適用於網路邊緣；而核心網路，比較可能使用 Diffserv 這類較具擴充性的 QoS 機制。RSVP 封包網路的路由器內模組如圖五所示，主要包含有預留設定(Reservation Setup)、許可控制(Admission Control)、管理策略控制(Policy Control)、封包排程(Packet Scheduler)及封包分類(Packet Classifier)五大功能。[4, 5]

CA 利用 AUEP 可得知 EP 是否具有 RSVP 能力，若 CA 以 Local Connection Options 參數建議 EP 執行「資源預留」功能，則如圖六所示，EP 運用 RSVP 來為媒體資訊流預留資源(頻寬)，傳送有關媒體資訊流之流量需求(Tspec)給 RSVP 模組。EP 並可以選擇性地提供 Adspec 的初始值給 RSVP 模組，此初始值包含 EP 與其 Capability 的相關資訊。於是，RSVP 模組將 Tspec 與 Adspec 以 PATH 訊息傳送給路徑上的下一路由器。當 PATH 訊息到達接收端 EP，接收端利用 Tspec 與 Adspec 決定各種 QoS 有關的參數，例如，利用“與速率無關的累積佇列延遲”以及“與速率有關的累積佇列延遲”計算端點對端點的延遲上限；利用最大傳送單元(MTU)用以計算最大封包大小；利用 Adspec 的旗標，判別端點到端點間所能提供的 QoS 類型，如 Guaranteed service 或 Controlled-Load。接收端回送 RESV 訊息，包含 QoS 服務類型以及 flowspec(包含



圖六 MGCP結合RSVP

Tspec 與可有可無的 Rspec)與一系列的 filterspec。

由於通話雙方所使用的 IP 位址及連接埠號是在 CRCX 或 MDCX 命令中的 Local Connection Descriptor，因此，RSVP 協定之運作，須在 CRCX 命令或 MDCX 命令完成之後。連接模式(connection mode)是“send-only”，“send-receive”，“conference”，“network loop back”或“network continuity test”這些可送出媒體資訊模式的連接，則開始送出 RSVP 的“PATH”訊息；而連接模式是“receive-only”，“send-receive”，“conference”，“network loop back”或“network continuity test”這些可接收媒體資訊模式的連接，則一旦接收到“PATH”訊息，便立刻發送“RESV”訊息。

由於 RSVP 狀態屬於 soft state，因此，在完成頻寬預留之前，也可以開始進行通話，只是在無預留頻寬的狀態下，則以 Best Effort 方式傳送媒體資訊流。這種方式，較不影響通話連接之成功率；另一種作法是須等到 RSVP 預留頻寬成功後，才進行通話，如此則可確保媒體傳輸品質，但將導至連接時間較長，而且配置頻寬的成功率，也將影響通話連接之成功率。

3.3.3 Tspec 的描述

Tspec 描述是否精準會影響網路頻寬之利用率。關於 Tspec 的部份，對於 VoIP 而言，Packetization Period 與壓縮方法(codec)是決定頻寬(bandwidth)需求的要素，是與 Tspec 有關的參數。而描述流量需求的方式包括 average rate, exponential weighted moving average, two-parameter token bucket,

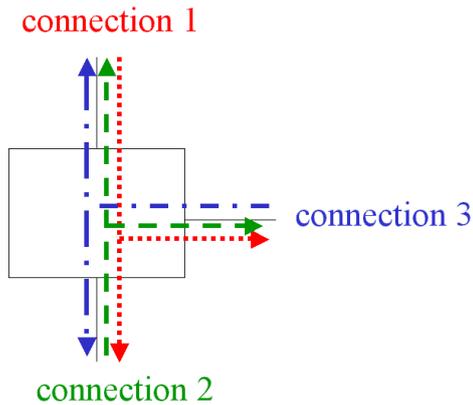
multi-stage token bucket meter 等[2]。流量的變動情形可能受到來自作業系統處理其他網路訊息的影響並不固定，採用即時作業系統(Real-Time OS)，確保傳送媒體資料的頻寬，則變動情況較可預期，有助於提昇網路頻寬之利用率。

3.3.4 會議通話(conference call)

會議通話的型式主要有三種：集中式(meet-me)、隨意式(ad hoc)以及交互廣播式(interactive broadcast)[10]。MGCP 文件中有敘述使用 conference bridge(為 EP 之一種)，可作為集中式會議的集會地點，其應具備 conference 的連接模式，並具有融合(mix)同一個通話(call)之連接之媒體資訊流的功能。當連接被設為 conference 模式時，當有媒體資料進入此連接時，EP 須將所接收到的媒體資料轉送到該 EP 同一通話的其他所有可送出媒體資料的連接上。

利用 conference 連接模式，MGCP 亦可達成隨意式的會議通話，也就是任何一位原本的會議參與者可以邀請新的參與者加入會議，例如三方通話。該邀請者只須將其連接模式設為 conference，則可以轉送其他連接之媒體資料。值得注意的是，連接模式改變時，RSVP 相關資源須連帶更新。

至於交互廣播式會議，主要要求其擴充性(scalability)，也就是可容能極大量的參與者，較適合使用 multicast 達成，但 MGCP 並未定義 multicast 的相關作法。就 MGCP 的訊令系統而言，除非指定特定的代理者(如某個虛擬 EP)管理，否則對一個 multicast 位址而言，EP 無法知道應與何者進行通話訊令交換



圖七 Conference Bridge Access Point

(當然可以直接由 CA 代理)。媒體資料則可直接採用 multicast 方式傳送，EP 本身須負責融合(mix)所收到的媒體資料。來自不同 GW 的媒體資料須使用 Network Time Protocol (NTP) [13]作同步校正(synchronization)。

對於隨意式的會議方式，要計算端點對端點的延遲最複雜，須瞭解連接的關係圖。若連接關係未適當地管制，還可能造成迴圈(loop)，使得媒體資訊不斷地在網路中循環。避免迴圈產生的辦法是很簡單的，即「已經參與該會議通話者，不重複邀請加入」，使得任何會議成員間只用一連線相通。

然而，欲確保參與會議者間的通話品質，我們必須限制最大的端點對端點的延遲、延遲變異與遺失率。因此，設定連接模式作為媒體轉送的 EP，勢必也需轉送控制 QoS 的 RSVP 訊息，並執行 RSVP 模組合併(merge) flowspec 等功能，這將使得 GW 在設計上非常複雜，我們不建議媒體閘道兼做 RSVP 路由器使用。因此，在確保通話品質的前提下，應限制使用 conference 連接模式的 EP 數目。

集中式會議方式，端點對端點延遲的上限可由 conference bridge 與 EP 間的延遲上限獲得，只要控制好 bridge 與 EP 間的 QoS，即可確保 EP 間的 QoS。不過，集中式會議的缺點是其擴充性，bridge 所能支援的連接個數受限於其所擁有的資源。同時，conference bridge 轉送封包的速率必須大於接收封包的速率，以免發生擁塞現象，造成封包遺失。

至於交互式廣播會議方式，則與實現 multicast 的路由方法(如 Distance Vector Multicast Routing Protocol[19]、Multicast Open Shortest First[14] 或 Protocol-Independent Multicast[7])所求得的路徑有關。而進行封包複製的是具群播(multicasting)功能的路由器。媒體閘道只要使用 RSVP 功能即可獲得 QoS 控制。

3.3.5 使用 Diffserv

雖然 RSVP 原本用作 Intserv 網路之訊令控制協定，但也可以提供 Diffserv 網路之用 [3]。RSVP 可以傳送有關 Diffserv 的資訊如 Differentiated Services CodePoint (DSCP) [16]。EP 或進入 Diffserv 區域的第一個路由器(ingress router)負責將適當的 DSCP 加到 IP 標頭(通常是 Type of Service 欄位)中。封包經過路由器時便依據其 DSCP 所對應的 per hop behavior (PHB)而做相對應的處理。因為在不同的管理區域中，相同的 DSCP 可能對應不同的 PHB，所以當封包要跨越不同的管理區域時，離開目前 Diffserv 區域的最後一個路由器(egress router)可能需要重新給予適當的 DSCP。

3.5 結論與未來研究

本篇論文以實作的觀點探討 MGCP 在結合 RSVP 技術上需要考量的問題，包括：RSVP 在 MGCP 連接建立中的何種階段使用、媒體閘道應具備何種功能、以及在會議通話上，MGCP 可能採用的方法等。除此之外，本論文也說明了一些 MGCP 標準文件中所沒有的實作細節。

RSVP 協定為目前在 IP QoS 技術上少數具有實際雛型(prototype)的協定，雖然目前還不斷在改良中，但它在網路服務品質發展上佔有極重要的地位。IETF 的 ISSLL 工作群組亦持續發展配合各種連結層的 RSVP 協定。

未來的研究方向包括以下幾點：

- (1) 各種 EP 以及其所屬 GW 的細部設計探討，包括 EP 如何對於不同 codec 與 packization 取得相關的 Tspecc 資訊。
- (2) 針對特定的通話特性，如電子會議或遠距教學應用等，更有效地使用 QoS 技術。
- (3) 探討 MGCP 運用其他 QoS 技術的問題。

五、參考文獻

- [1] M. Arango, et. al., "Media Gateway Control Protocol (MGCP) Version 1.0", RFC 2705, Oct. 1999.
- [2] Y. Bernet, et. al., "A conceptual model for diffserv routers", draft-ietf-diffserv-model-01.txt, Oct. 1999.
- [3] Y. Bernet and Microsoft, "Format of the RSVP DCLASS Object", RFC 2996, Nov. 2000.
- [4] R. Braden, et. al., "Resource Reservation

- Protocol (RSVP) --- Version 1 Functional Specification”, RFC 2205, IETF, Sep. 1997.
- [5] R. Braden, et. al., “The Design of the RSVP Protocol”, Technique report of USC/Information Sciences Institute, 1995.
- [6] S. Casner and V. Jacobson, “Compressing IP/UDP/RTP Headers for Low-speed Serial Links”, RFC 2508, Feb. 1999.
- [7] S. Deering, et. al. “An Architecture for Wide-Area Multicast Routing”, Proceedings of ACM SIGCOMM’94, London, Sep. 1994.
- [8] M. Handley and V. Jacobson, “SDP: Session Description Protocol”, RFC 2723, Apr. 1998.
- [9] ITU-T Recommendation H.323 Version 3, May, 1999.
- [10] V. Kumar, M. Korpi and S. Sengodan, *IP Telephony with H.323*, John Wiley & Sons, Inc., 2001.
- [11] C. P. Low and N. Wang, “An Efficient Algorithm for Group Multicast Routing with Bandwidth Reservation”, *Computer Communications* 23, pp.1740-1746, 2000.
- [12] G. Lu, “Issues and Technologies for Supporting Multimedia Communications over the Internet”, *Computer Communications* 23, pp. 1323-1335.
- [13] D. L. Mills, “Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation”, RFC 1305, Mar. 1992.
- [14] J. Moy, “Multicast Extensions to OSPF”, RFC 1584, Mar. 1994.
- [15] MPLS charter, <http://www.ietf.org/html.charters/mpls-charter.html>.
- [16] K. Nichols, et. al, “Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the Ipv4 and Ipv6 Headers”, RFC 2474, Dec. 1998.
- [17] H. Risenberg and H. Schulzrinne, “An RTP Payload Format for Generic Forward Error Correction”, RFC 2733, Dec. 1999.
- [18] H. Schulzrinne, et. al., “RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications”, RFC 1889, Jan. 1996.
- [19] D. Waitzman, C. Partridge, and S. Deering, “Distance Vector Multicast Routing Protocol”, RFC 1075, Nov. 1988.