

VoMPLS 環境中探討網路電話閘道器之話務管控機制

陳景章 林政翰* 蔡奮榮 蘇暉凱

國立中正大學電機工程研究所

m9117@cn.ee.ccu.edu.tw*

摘要

隨著網路技術的進步，利用網際網路(Internet)傳送語音資料，不僅打破傳統電信長途電話的收費標準，並以傳統電話與行動電話發展的經驗來看，VoIP 將更能節省通訊成本與提供多元化的加值服務。VoIP 服務可經由網路電話閘道器 (VoIP gateway) 與一般傳統電信網路(PSTN)整合在一起，拓展通話範圍，充分發揮 VoIP 互連高相容性之優點。本論文藉由在 VoMPLS 環境中，實作網路電話閘道器 (VoIP gateway)，將實驗室的交換機 (PBX) 系統和 MPLS 網路作整合，透過 VoIP Gateway 把 VoIP 服務與傳統電信服務結合在一起；在此整合系統環境下，藉由 MPLS 網路提供的頻寬服務品質保證，設計 VoIP gateway 上的話務管控機制(Call Admission Control)，探討網路頻寬使用與資源的管理，以提高網路資源之使用效率與提供通話服務品質保證。

關鍵字：VoIP(Voice over IP)、VoMPLS(Voice over MPLS)、網路電話閘道器(VoIP Gateway)、話務管控機制(Call Admission Control, CAC)。

1、前言

電話服務是人際溝通最快速、最方便的管道，隨著社會的快速進步，電話服務也成為企業經營中重要的通訊方式。然而，高通訊費用卻常令企業管理者心疼；如何有效利用網路資源，降低電話費用，就成為網路服務規劃與建置之重要議題。

網路電話閘道器 (VoIP gateway) 是提供 VoIP 服務與公眾電信網路或整合服務數位網路 (ISDN) 之互連橋樑；它以不更改原本所使用之電話網路結構為原則，利用網際網路提供 VoIP 服務，作為傳輸管道達成節費的效果。VoIP gateway 之目的在於處理異質網路信令互連之轉換與通訊資料格式之轉換，其中包含傳輸格式、語音編解碼方式 (codec) 與話務控制訊號……等，以使 VoIP 之服務可以與現在的公眾電信網路(PSTN)電信系統互連，提供更多元化的服務。

VoIP 和其他網路服務一樣，雙方通訊必須依循相同的協定，才能順利溝通。在 VoIP 服務的協定中，H.323[2]是目前使用得最廣，定義得最詳細

的協定；然而 MGCP[3]與 SIP[4]則是在近年竄起並廣被討論。H.323 本身是由眾多的從屬協定所構成，定義的是一種能靈活應用於多媒體電話會議設備的通訊方式，並規範應用於不同設備的多媒體類型和壓縮技術，正因為它的定義相當完整，也使得實作上的複雜度也相對地提高。事實上，每種協定各有其優缺點；由於 H.323 協定發展時間最久，而且技術最成熟，再加上市售相關產品目前多已 H.323 為主，如：Netmeeting 與 Openphone 等相關成熟軟體，皆以 H.323 為基礎。基於這些考量，本計畫先以 H.323 規範實現本研究之基礎環境架構。

由於一般的 IP 網路上的傳送方式是一種盡力而為 (Best-Effort) 的服務方式，對於 VoIP 在傳輸上所需之語音品質要求，並無法提供任何保證；另一方面，高服務品質保證與高網路資源使用效益是相對問題，兩者擇一，因此 VoIP gateway 如何提供服務品質保證與有效管理管理網路資源，將是一項重要的課題。為了提升 VoIP 的服務品質，我們選用 Diffserv/MPLS (Differentiated service/ Multiple-Protocol Label Switching) 網路[5][6]作為傳輸語音封包的環境，因為 Diffserv/MPLS 網路具有提供類別差異服務品質保證 (Class-based QoS guarantee) 與訊務工程 (Traffic Engineering) 的能力，可針對傳輸頻寬或傳輸延遲之需求提出保證，並符合 VoIP 所要求的服務品質，如此一來，VoIP gateway 可在此 VoMPLS 環境下，進行 VoIP 服務管理的功能。

透過 MPLS 網路傳送語音封包的方式主要有兩種，一種是 Voice over IP over MPLS (VoIPoMPLS)，它是將原本的 VoIP 直接加在 MPLS 網路上傳送，所以協定堆疊為 MPLS/IP/UDP/RTP；它的好處是實作上較容易，但是因為標頭長度增加，所以傳輸效益較低；另一種是 Voice directly over MPLS (VoMPLS)，它是將語音資料直接加到 MPLS 標頭之後，由於標頭長度減少，對於 MPLS 網路中的語音封包，傳輸效益較高。

本論文在 Diffserv/MPLS 環境中實作支援 VoMPLS 之 VoIP gateway，並與實驗室的交換機系統互連測試。如圖一，在此系統環境下，可提供 PSTN 網路的使用者藉由 Diffserv/MPLS 網路與另一端 PSTN 網路的使用者進行通話。在此實驗環境下，設計一套資源管理機制，以的方法，提高系統資源的利用率與提供通話 QoS 之保證。

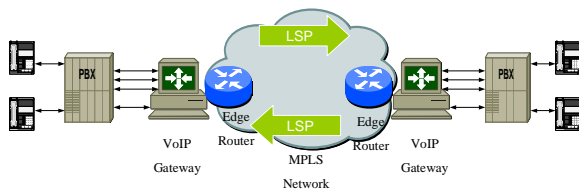


圖 1 實驗環境

2. 實驗環境與 VoIP gateway 運作流程

2.1. 實驗環境

如圖 1 所示，在本實驗環境中，以 VoIP gateway 作為 MPLS 網路和 PSTN 網路之間的溝通橋樑。VoIP gateway 直接與 MPLS 網路中的邊界路由器 (Edge router) 整合在一起，並透過 Dialogic 公司之 IPT/TSP gateway 卡以類比電話線路介面和 PSTN 中之交換機互連；該卡最多可同時支援四門電話上線。在 PSTN 網路部分，我們以實驗室之交換機網路作為測試環境，提供傳統電話服務。

軟體方面，VoIP gateway 是以 Dialogic 公司所提供之的 IPT/TSP gateway 之程式開發介面 (API) 為基礎，並撰寫閘道器相關控制程式。

在信令轉換方面，VoIP gateway 必須將 PSTN 網路之信令轉換成 H.323 之信令傳送到 MPLS 網路；反之，亦必須將 H.323 信令轉換成 PSTN 網路之信令，達到 MPLS 網路與 PSTN 網路能互相通話。通訊資料格式轉換方面，VoIP gateway 必須有能力互相轉換 VoIP 所支援之語音格式以及 PSTN 網路所使用之語音格式 (如：a-law 或 μ -law codec)，以達到雙方可以互相通話[1]。

2.2. H.323 運作流程

H.323 規範在封包交換網路中，終端機之間編解碼方式的標準、通訊協定、通話程序及媒體傳輸等協定。因此，H.323 又被稱為為 Umbrella protocol，旗下有 H.261、H.263 支援 Video codec，G.711、G.722、G.723.1、G.728、G.729 支援 Audio codec，T.120 支援資料及會議的控制。在話務控制與媒體通道控制上，H.323 主要以 H.225[7]與 H.245[8]來敘述。以下我們依通話建立過程，簡介所使用到的協定，其中包含 H.225、H.245 與 RTP/RTCP。

- **H.225 RAS** 利用 UDP 封包傳遞註冊登記、允入控制、頻寬改變及系統狀態等訊息。
- **H.225 Call Signaling (Q.931)** 利用 TCP 封包，進行話務的建立與中斷。
- **H.245** 為控制建立聲音的通訊、傳遞開啟邏輯通道 (Open Logical Channel) 與進行流量控制等訊息。
- **RTP (Real Time Protocol)** 提供點對點即時的傳送服務，影像聲音資料經編解碼封裝入

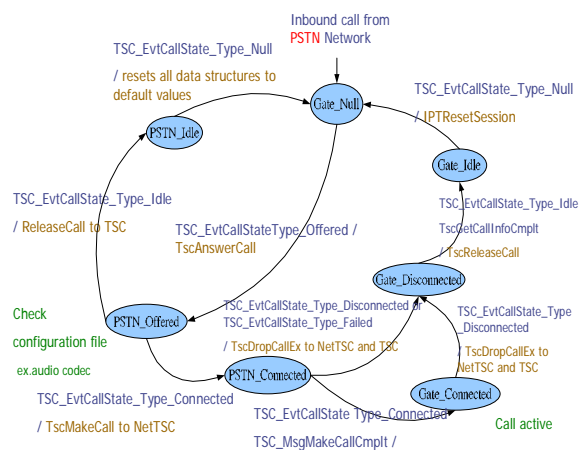


圖 2 VoIP gateway 狀態圖 – PSTN Inbound Call

RTP 封包，以 UDP 方式傳送。

- **RTCP (Real Time Control Protocol)** 為 RTP 的一部分，提供 RTP 的狀態與訊息，作為接收端影音同步用。

2.3. VoIP gateway 軟體狀態圖 (state machine)

VoIP gateway 軟體在運作上，會隨著通話過程中不同事件的觸發，而產生狀態上的改變，此外，當通話的來源端屬於不同性質的網路時，也會有不同的處理方式。因此，以下分別以 PSTN Inbound 與 IP Inbound 來描述。

2.3.1. PSTN Inbound

如圖 2，電話是從 PSTN 網路打到 VoIP gateway。當沒有電話上線時，VoIP gateway 的狀態為 Gate_Null；當有電話進來時，會觸發 VoIP gateway 把狀態改變成 PSTN_Offered，此時，它會去檢查設定檔的參數(如可提供的編解碼方式)，並確認是否能夠針對發話端 (caller) 提供通話服務，如果不能提供服務，則狀態會變為 PSTN_Idle，反之，如果 VoIP gateway 能夠提供通話服務，則狀態變成 PSTN_Connected；接下來 VoIP gateway 會針對設定檔中所指定的目的端，即受話端 (called)，在封包交換網路的部分進行通話繞送的服務；在這樣的情形下，如果無法與受話端之間建立連線，則狀態會變成 Gate_Disconnected，反之，如果成功地與受話端之間建立起連線，則狀態會變成 Gate_Connected，在此狀態下，即代表雙方可正式開始通話；在通話的過程中，只要有任何一方結束通話，則 VoIP gateway 會告知另一方此通話即將結束，並將狀態改變成 Gate_Disconnected；此時，VoIP gateway 會針對此通話的相關資訊進行收集與統計，如通話時間的長短，此動作完成後會將狀態改變成 Gate_Idle；接下來，VoIP gateway 會把通話相關的設定參數重新設定成預定值，當完成此重置 (Reset) 的動作後，則把狀態還原成一開始的

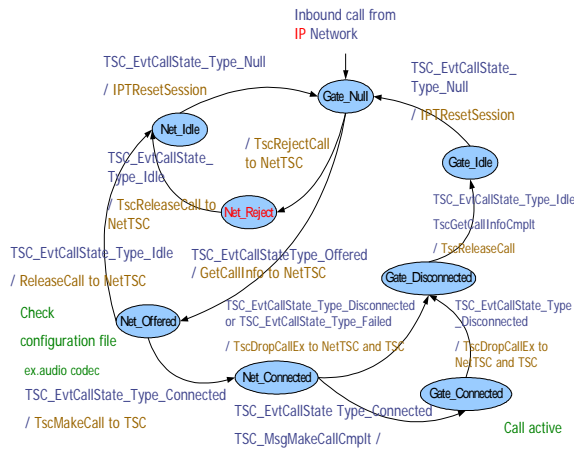


圖 3 VoIP gateway 狀態圖 – IP Inbound Call

Gate_Null，如此一來，即完成了 VoIP gateway 運作狀態上的一個完整通話週期。

由於 VoIP gateway 對於從 PSTN 網路進來的通話作話務管控機制，主要的判斷是針對 Diffserv/MPLS 網路上是否能提供足夠的頻寬，所以我們將話務管控機制的機制加在圖 2 的 PSTN_OFFERED 狀態。因為在這個狀態下，gateway 會檢查設定檔中的參數值，而其中的語音編解碼方式和實際語音傳輸所需的頻寬有關，所以在這個狀態下，除了原本的檢查動作外，還需加上話務管控機制的判斷。

2.3.2. IP Inbound

圖 3 為電話從網際網路打到 VoIP gateway，當沒有電話上線時，VoIP gateway 的狀態為 Gate_Null；當有電話進來時，VoIP gateway 會先檢查目前本身電話線路所使用的情形，如果電話線路的數量都已使用完畢，即代表 VoIP gateway 無法提供電話線路將此通話繞送到 PSTN 網路上，則 VoIP gateway 會拒絕建立此通話的連線，並將狀態設為 Net_Reject，反之，如果還有剩餘的電話線路可支援通話，則會觸發 VoIP gateway 把狀態改變成 Net_Offered，此時，它會去檢查設定檔的參數(如可提供的編解碼方式)，並確認是否能夠針對發話端提供通話服務，如果不能提供服務，則狀態會變為 Net_Idle，反之，如果 VoIP gateway 能夠提供通話服務，則狀態變成 Net_Connected；接下來 VoIP gateway 會針對設定檔中所指定的目的端(即受話端)，在 PSTN 網路的部分進行通話建立的服務；在這樣的情形下，如果無法與受話端之間建立連線，則狀態會變成 Gate_Disconnected，反之，如果成功地與受話端之間建立起連線，則狀態會變成 Gate_Connected，在此狀態下，即代表雙方可正式開始通話；在通話的過程中，只要有任何一方結束通話，則 VoIP gateway 會告知另一方此通話即將結束，並將狀態改變成 Gate_Disconnected；此時，VoIP gateway 會針對此通話的相關資訊進行收集與統計，如通話時間的長短，此動作完成後會將狀

態改變成 Gate_Idle；接下來，VoIP gateway 會把通話設定的相關參數重新設定成預定值，當完成此重置(Reset)的動作後，則把狀態還原成一開始的 Gate_Null，如此一來，即完成了 VoIP gateway 運作狀態上的一個完整通話週期。

由於 VoIP gateway 本身已具有對於電話線路數量的檢查，因此我們在設計話務管控機制時，對於電話線路數量的檢查上，有針對使用目的和使用者的身分訂定了臨限值(threshold value)的判斷，因此，我們將話務管控機制的判斷加在圖 3 的 Net_Offered 狀態中。當 VoIP gateway 上的電話線路完全用完時，狀態會進入到 Net_Reject 狀態；然而，如果因為還有電話線路可用而進入到 Net_Offered 狀態時，則會進一步在此狀態下作臨限值的檢查，如此一來，即可達到話務管控機制的目的。

3. 資源管理(Resource Management)與話務管控機制(Call Admission Control)

3.1. 設計原理

我們利用在 VoIP gateway 上加入話務管控機制的判斷，作為資源管理的方法，以提高資源的利用率。在資源使用上，主要可分為兩大部分，一種是往 Diffserv/MPLS 網路上建立通話時所受到的頻寬限制，另一種是往 PSTN 網路上建立話務連線所面臨電話線路數量的限制。

以圖 1 為例，每個 PSTN 網路可以看成是每個分公司內部的電信系統，並透過 VoIP gateway 連接 Diffserv/MPLS 網路與各分公司之 VoIP gateway 互連。在進行網路互連之前，各分公司會先與網路服務提供者(ISP, Internet Service Provider)簽訂服務合約(SLA, Service Level Agreement)，如：應用程式類別、頻寬與網路品質要求.....等等，ISP 再根據此合約內所簽訂的 QoS 等級，建立滿足 SLA 的標籤交換路徑(LSP, Label Switched Path)；有關 Diffserv/MPLS 網路如何保證 QoS，不在本論文討論議題內，請參考其他相關論文。

當完成 Diffserv/MPLS 網路之申請與設定後，不同分公司之間要建立通話時，會先從發話端分公司內部的交換機將話務交換到 VoIP gateway，並透過發話端的 VoIP gateway，經由 IP 網路與受話端的 VoIP gateway 進行話務控制，當完成 VoIP 話務連線後，雙方 VoIP gateway 會透過 VoMPLS 技術，直接將語音資料串流導入具服務品質保證之 LSP。待雙方 VoIP gateway 話務建立成功後，受話端的 VoIP gateway 會再將話務轉交給受話端內部的交換機，該交換機再根據所撥打的電話號碼將電話搭線給受話端。在連線建立的過程中，VoIP gateway 會依據資源的要求，進行話務管控機

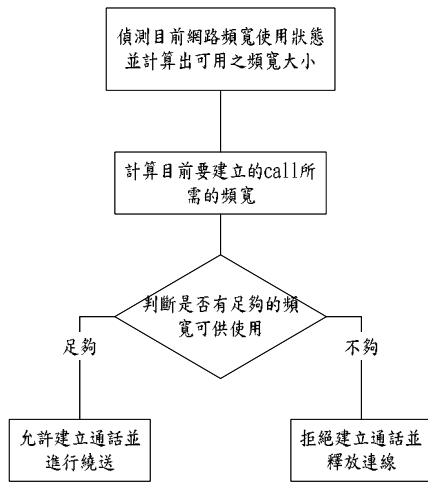


圖 4 話務管控機制 – 頻寬

制的判斷，方式如下：

3.1.1. 頻寬管理

當發話端 VoIP gateway 接收到從 PSTN 網路進來的電話時，會針對通話信令的部分作轉換動作，此時，VoIP gateway 可根據目前頻寬的使用情形，並預測此通話將會佔用的頻寬大小，再進一步決定是否允許建立通話[9]，判斷流程如圖 4。

可使用頻寬的部分，因為事先與網路服務業者簽訂好了服務合約，並建立好具服務品質保證之標籤交換路徑，所以整個 Diffserv/MPLS 網路系統預先保留給 VoIP gateway 的頻寬是固定的。因此，當有新的電話進來時，VoIP gateway 可以先針對目前本身所管理的通話，計算出所使用掉的頻寬和可用頻寬各有多少，再利用此通話所使用的編解碼方式與話務交通之 on-off model 計算出該電話所需的頻寬資源。若目前 VoIP gateway 所剩餘的可用頻寬還可以接受新的電話進來，則允許該話務之建立；反之，則拒絕。如此一來，VoIP gateway 有效管理所簽訂 LSP 之資源使用，並讓每通電話滿足需須知頻寬要求。

在計算通話的傳輸頻寬時，會因為 VoIP 所選用的編解碼方式(codec)和話務交通之 on-off model 的參數不同而造成所需的頻寬需求也不一樣。如表 1，常見的語音編解碼方式有 G.711、G.723、G.729，由於壓縮的方式不同，所得到的語音品質也不同[10]；在計算通話頻寬時，因為語音資料是屬於封包中的 payload 部分，所以還要加上封包的標頭長度 (header length)。本研究是以 VoMPLS 技術傳送語音資料，因此只須加上 MPLS 的標頭 5Bytes；然而，如果是傳統的 VoIP 環境為例，必須加上 IP、UDP、RTP 的標頭，標頭大小共 40Bytes，因此傳輸效益較差。

由於一般 VoIP 傳輸語音資料具有靜音壓縮 (silence suppression) 的功能，所以話務交通具有 on-off model 的特性，當偵測到靜音時(使用者沒有說話)，系統不會傳送語音封包，只有當使用者

表 1 編解碼方式與使用頻寬之比較(無靜音壓縮)

Codec	Coding speed (Kbps)	Frame size (ms)	Payload (bytes)	Bandwidth (Kbps)
G.711	64	20	160	66
G.723.1	5.3/6.3	30	20/24	6.63/7.61
G.726	32	20	80	34
G.729	8	10	20	10

表 2 編解碼方式與使用頻寬之比較(有靜音壓縮)

Codec	Voice-on 100% (Kbps)	Voice-on 50% (Kbps)	Voice-on 40% (Kbps)	Voice-on 30% (Kbps)
G.711	66	33	26.4	19.8
G.723.1	6.63/7.61	3.31/3.80	2.65/3.04	1.98/2.28
G.726	34	17	13.6	10.2
G.729	10	5	4	3

有說話時，才會有語音封包被送出。一般 on-off model 的比例會隨使用者講話行為而有所改變，因此在 VoIP gateway 運作中，我們會統計分析每通話務交通行為，並預估下一通電話之交通模型。如表二，我們計算出較常見的 on-off model 比例所使用頻寬需求，作為話務管控機制之參考數據。

由於本系統中所使用的語音邏輯通道(audio logical channel)是單向的，再加上 MPLS 網路中的標籤交換路徑也是單向性的，因此當一通電話建立的過程中，發話端和受話端的 VoIP gateway 都必須處理頻寬檢查的動作，才能確保雙向通話時的語音品質。

3.1.2. 電話線路管理

當 VoIP gateway 接收到從 MPLS 網路進來的 VoIP 電話時，會對通話信令的部分作轉換的動作。此時，VoIP gateway 必須針對頻寬的使用和 VoIP gateway 本身電話線路使用狀態做檢查的動作，再進一步決定是否允許建立通話。由於 VoIP gateway 所對 PSTN 網路所提供的電話線路數量是有限的，所以當 VoIP gateway 要從 VoIP 話務建立連線到 PSTN 網路時，必須受到電話線路資源的限制。在電話線路使用管理上，可依使用需求分為兩種：線路資源有效使用與保留特殊線路。線路資源有效使用是當有電話進到 VoIP gateway 時，如果電話線路還沒用完，就允許建立通話，直到所有的電話線路都用完，才停止其他電話再進來。保留特殊線路是預先保留部分的電話線路，以提供特殊用途，如緊急電話與高優先電話服務……等。前者對於資源的利用率較高，在設計上也較為簡單，但較不符合目前電信網路之服務理念；相對地，後者所能提供的服務類別較多元化，但是所付出的代價是設計上會較為複雜，且資源的利用率可能會較前者來得低。

在本論文中，是以後者為主要的設計理念，及訂定電話線路資源管理的策略，在 VoIP gateway 上提供優先等級電話服務 如圖 5，當電話從 MPLS

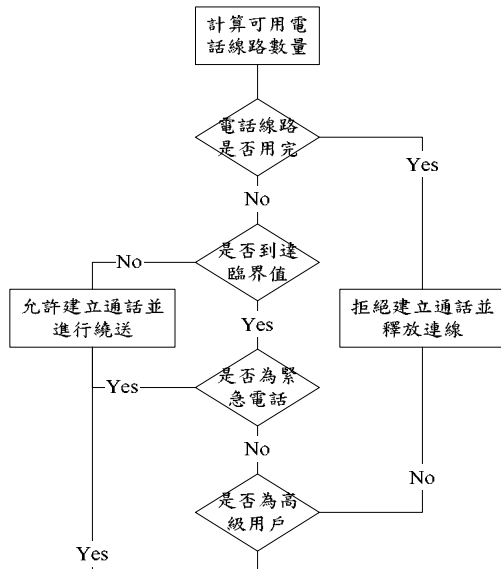


圖 5 話務管控機制 - 電話線路

網路進到 PSTN 網路時，會先在 VoIP gateway 做話務管控機制，判斷是否有適當的電話線路可以提供通話服務。在設計上，我們提出臨界值的觀念，如果電話線路使用數量尚未達到臨界值前，所有的電話都可被建立通話；但是，當電話線路使用數量已經到達臨界值時，所剩餘的電話線路則被保留給緊急電話(如：119)和高級用戶。

3.1.3. 效能分析

由於我們所設計的話務管控機制，其目的在於改善 VoIP 系統的整體效能，因此我們以圖 2 為基礎，進行模擬與分析。我們假設在兩 VoIP gateway 之間建立兩條不同方向之標籤交換路徑，且各自保留 5Mbps 作為語音封包傳送用。如圖 6，不同的編解碼方式，對於傳送語音封包時所需的頻寬也不同，是因為壓縮比例上的不同，此外，因為語音封包具有 on-off model 的特性，加上我們的系統具有靜音壓縮的能力，所以對於系統所能支援的最多同時上線通話數量，具有提升的效益。

針對 VoIP gateway 上的電話線路資源管理狀態，我們也進行了相關的模擬與分析，雖然我們實際的系統環境最多只能同時支援 4 通電話上線，但是為了能更有效地觀察出話務管控機制的效能，我們的模擬環境是假設系統最多能同時支援 100 通電話上線，如圖 8，當使用率低於 80% 時，所有進到 VoIP gateway 的電話都會被允許建立，當使用率介於 80% 到 95% 之間，一般用戶被拒絕建立連線的機率是 50%，而高級用戶是 25%，當使用率超過 95% 時，一般用戶會被拒絕建立連線，高級用戶是 50%，而緊急電話則是完全不受到臨界值的限制，只要系統有電話線路可以支援，它就可以建立連線，如圖 7，當系統的使用率超過 100% 後，所有進入到 VoIP gateway 的電話都會被拒絕連線，如圖中的虛線部份。

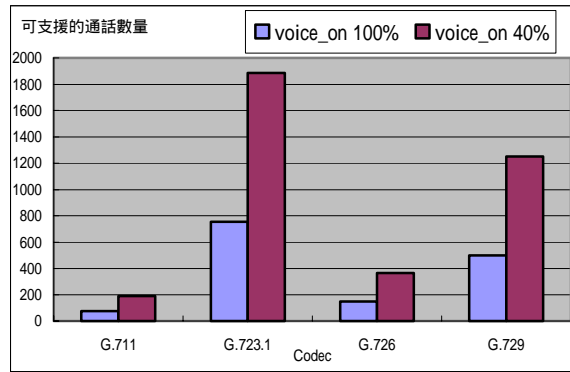


圖 6 可支援通話數量與靜音壓縮之比較

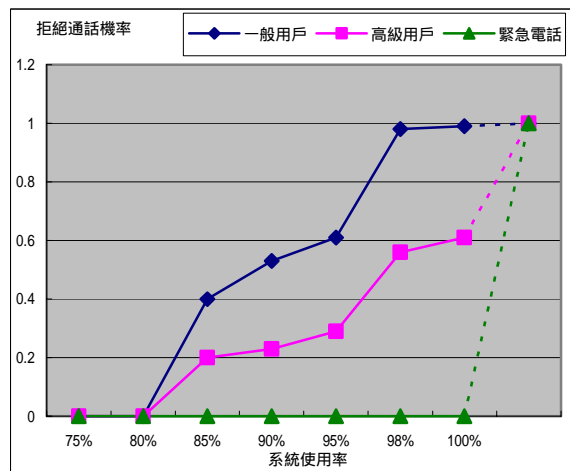


圖 7 拒絕建立通話的機率

4. 結論

以往的 VoIP 藉由 IP 網路傳送語音封包，因為 IP 網路的傳送方式是 Best-effort，使得語音品質無法獲得保證。因此，我們針對 VoIP 的服務品質問題提出解決的方法。利用 Diffserv/MPLS 網路本身服務品質保證與訊務工程的能力，以 VoMPLS (Voice over MPLS) 技術實現 VoIP gateway，並設計一套話務資源管理機制，以達到同時兼顧 VoIP 通話品質與網路資源使用效益。未來待 Diffserv/MPLS 網路技術成熟後，可將此開發經驗引入網路服務，相信對 VoIP 服務品質與資源管理議題將有所貢獻。

5. 參考資料

- [1] 朱元三, 蘇暉凱, 姚志臻, 李育廷, "網際網路電話整合服務之實作與測試," TANET 2002.
- [2] ITU-T, *ITU-T Recommendation H.323: Packet Based Multimedia Communication Systems*, 1998.
- [3] Mauricio Arango, Andrew Dugan, Isaac Elliott, Christian Huitema, Scott Pickett, "*Media Gateway Control Protocol: Version 1.0*," RFC 2705, Dec 1999.

- [4] J. Rosenberg et al., “*SIP: Session Initiation Protocol*,” RFC 3261, June 2002.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2705>
- [5] Rosen, et al., “*Multiprotocol Label Switching Architecture*”, RFC 3031, January 2002.
- [6] Blake, et al., “*An Architecture for Differentiated Services*”, RFC 2475, December 1998.
- [7] ITU-T, *ITU-T Recommendation H.225.0: Call signaling protocols and media stream packetization for packet based multimedia communication systems*, 1999.
- [8] ITU-T, *ITU-T Recommendation H.245: Control protocols for multimedia communication*, 2000.
- [9] David Houck, Gopal Meempat, “*Call admission control and load balancing for voice over IP*,” Performance Evaluation 47 (2002) PP.243-253.
- [10] Jogesh. K. Muppala, et al., “*VoIP Performance on Differentiated Services Enabled Network*,” 2000.