

新世代通訊網路之品質管理研究

政治大學資訊科學系

連耀南

1. 前言
2. 從法規面與技術面看網路電話的前景
3. 從法規面與營運面看無線上網
4. Network Convergence
5. All-IP Network
6. VoIP Packet之產生
7. VoIP 與 All-IP Network 之功能架構
8. SIP
9. VoIP 穿越防火牆的技術
10. VoIP 監聽技術
11. All-IP網路之品質管理

1. 前言

通訊網路是一個國家的重要基礎建設，攸關國防及民生，更因其具自然獨占之特性，傳統上各國政府的電信政策都是採用國家獨佔或高度管制下的民營寡佔。各國能有高度穩定可靠的通訊網路，此種政策功不可沒，但伴隨著獨佔及寡佔市場而來的低效率與保守性也是無可避免的，不但價格高昂而且對於新科技的採用也是極為緩慢的。

近代通信與電子科技快速發展，社會型態快速轉變帶動對電信服務需求型態的大幅轉變，（此點可由五花八門的行動通訊服務中體會而得），加以獨占事業之經營欠缺效率的現象日益為世人所重視，美國法院於1984年強令美國最大的電信服務商 AT&T 將市話業務獨立出來，拆開分成 7 家 Local 電信公司 (LEC, Local Exchange Carrier) 之後，電信自由化正式鳴槍起跑，世界各國紛紛跟著美國的腳步實施電信自由化，將傳統高度管制的電信市場逐步轉成中度管制的競爭市場，導入競爭之產業政策，開放民間廠商建構多重通訊網路提供競爭性的電信服務。

有多重的實體通訊網路方有高度競爭的電信市場，通訊網路歷經百年建設，除了昂貴的交換機及長途纜線之外，更有由各地交換機連到各家各戶密密麻麻的用戶迴路（local loop，又稱接取網路）。只要有足夠資金，運用先進技術，很快的就可以建設新的長途及行動通訊網路，但要建設密密麻麻的用戶迴路卻非僅僅資金技術一蹴可及的，要將所有馬路全部挖開鋪設用戶迴路談何容易。因之，行動通訊及長途通訊市場在電信自由化之後很快的就建設了各式各樣的多重網路，達到高度競爭，讓世人得以享受到價廉物美的長途及行動通訊服務。但Local 電信市場(LEX, Local Exchange) 因為用戶迴路建設不易，仍然無法打破獨佔的局面而形成高度的競爭，以致仍為傳統的電信公司所壟斷。

近年來封包網路受到網際網路蓬勃發展的催化飛越的發展，加上VoIP技術的發明，使得長途通訊獲得更進一步的發展，使得競爭更為激烈了。以長途及國際通訊為主要業務的AT&T 在激烈競爭之下受到各方夾攻，其賴以為生的市場遭到鯨吞蠶食，營收大幅萎縮，最後慘遭掌握用戶迴路的 Baby Bell, SBC, 所收購，變成難堪的at&t。

放眼未來，各式各樣的實體網路（固網，無線網路，有線電視）在各種資訊通訊科技的協助下，開創各種應用服務，彼此之間再也不能憑著分離的實體網路維持三分天下的態勢，科技的發展及使用者的願望將逐漸將各種應用服務整合於One-Network-Triple-Play環境之下，使用同一媒體同時提供語音傳輸、數據與多媒體視訊等服務。我們不知道的是：何種技術將會勝出？時程為何？何種公司將會成為市場主導者？螞蟻雄兵式經營網路電話的第二類業者，或是傳統的電信公司會繼續主導？要探討這些問題，牽涉到的不僅是技術問題，更不可忽視的是電信法規以及商業機制，還有民情的影響力（例如行動）。

我們暫以實體網路之有無及型態將今日的公眾電信(PSTN)市場，分成行動通訊，傳統固定通訊（簡稱固網，有線電視及網路電話 (VoIP) 四大塊。其中固網這個龐然大物是重中之重，包括 LEC (Local Exchange Carrier) 及 IXC (Interexchange Carriers)，將會是本文討論的重心。在1990年代網際網路興

起，寬頻網路成為世界各國首要的通訊建設之際，有線電視挾其數百M Hz 頻寬之優勢，大有佔據寬頻接取網路霸主地位之潛力，可惜傳統 LEC 固網業者適時開發出 ADSL這種半寬頻網路技術保住了其接取網路霸主的地位，有線電視網路已經失去與固網競爭 LEC 的資格。再者，繼長途業者(IXC)紛紛建設光纖長途寬頻網路之後，LEC 固網業者也逐步將用戶迴路光纖化，大幅提高接取網路的頻寬，至此，有線電視踏足通訊界的嘗試應該是大勢已去。在台灣，不但有線電視無法跨足LEC，連其他新興的固網公司也無法打破中華電信這個擁有傳統接取網路的電信巨人的壟斷地位。我們幾乎可以下一個結論，LEX 市場是掌握在傳統 LEC 手中，無望打破壟斷。

2. 從法規面與技術面看網路電話的前景-下車容易上車難

摘要

近年來網路電話(VoIP)風起雲湧，大幅降低了國際電話的費用，很多擁有網路電話專業技術的團隊紛紛準備投入經營，而世人也期待業者早日提供完整的VoIP服務。可是遲遲未見Phone-to-PC VoIP上市，本文從法規面及技術面探討經營網路電話(VoIP)業務所面臨的障礙。VoIP業者在經營PC-to-Phone VoIP業務時，是以客戶的身份連上既有電信網路，因此建置系統時較少牽涉電信法規問題。但在經營Phone-to-PC VoIP業務時，必須以電信業者的身份與既有電信網路進行網路互連，而取得電信經營執照必須遵行許多法定義務，而且網路互連也牽涉到與競爭對手之間繁複的互連談判問題，因而使得經營Phone-to-PC VoIP之路困難重重。

2.1 引言

網路電話(Voice-Over-IP, VoIP)可以讓電腦使用者透過網路(例如Internet)彼此以聲音對話(打電話)，也可以讓電腦的使用者與傳統公眾交換電話網路(PSTN，簡稱公眾電話網路，或公網)上的電話用戶通話。VoIP的基本運作，主要是將語音的類比訊號轉換成IP封包，透過網路傳輸至遠端，再將IP封包轉回成語音的類比訊號後，傳至使用者端。網路兩端的任何一端都可以是電腦，也可以是一般電話機。如果兩端都是電腦，稱為PC-to-PC VoIP，那可歸類為一般的網路應用，不涉及電信法規的問題，幾乎所有網路提供者都可以很輕易的提供PC-to-PC VoIP的服務，而幾乎所有的使用者都可以把它當作一般的網路應用很輕易的上手使用，這種PC-to-PC型態的VoIP已有Skype、MSN以及其他許多大大小小的VoIP服務風行於世。如果一通VoIP電話的任何一端是接到PSTN上的電話上，那就牽涉到電信法規以及隨之而來的經營成本的問題，茲事體大。由電腦撥打到PSTN網路的電話稱為PC-to-Phone VoIP服務，例如SkypeOut。而反向從PSTN電話機撥到網路上的電腦則稱為Phone-to-PC VoIP服務，例如SkypeIn。

我們先從技術面及功能面來比較Internet VoIP與傳統網路上的語音服務。除了眾所周知的Internet VoIP價格非常低廉以及品質較差之外，尚有許多重大的差異，值得探討。

1. VoIP 介面遠勝傳統電話機介面

傳統電話機只有區區12個鍵加上on/off開關，使用者能下的指令集非常有限，而且需透過數個按鍵操作才能啟動一個功能，對一般使用者造成很大的使用障礙。在現代社會，許多電子設備都有許多設定需要熟習，例如電視機、錄影機、DVD播放機、數位照相機、行動電話、數位鬧鐘、WiFi無線基地台，等等，一般人既無時間也無強大的記憶力去記住太多的操作指令，導致大部分的功能都被閒置。電話機所擁有的介面實在毫無競爭力，現代PSTN電話網路雖然提供了很多先進服務功能，但一般使用者被淹沒在眾多電子設備中，實無餘力再花精神學習並熟練這些特殊功能的操作，更何況使用這些非常罕用的特殊功能還需每月額外付費，對使用者幾乎毫無吸引力，導致交換機所提供的特殊功能大多數被閒置。

反觀VoIP，當從電腦啟動VoIP時，只要能使用電腦上網的使用者幾乎都可以很輕易的使用各種五花八門的功能，加上其操作介面遠勝電話機，也因此可以產生更豐富的控制信號用以開發各種先進的服務功能。這些都是遠非傳統電話所能望其項背的。

2. VoIP 開發新服務功能遠較傳統網路快速且豐富

電腦可以產生更豐富的控制信號用以開發各種先進的服務功能，也由於開發VoIP服務軟體時，不必受限於封閉的傳統電信軟體開發環境，因此可以非常快速的開發新功能。

3. VoIP 現階段沒有互連機制

Internet VoIP不但無法與PSTN進行網路互連(本章隨後將詳細闡述)，而且現階段也尚未發展出成熟的網路互連機制讓不同的VoIP業者進行透通(transparent)的網路互連。所謂透通的網路互連即是讓使用者以為發話端與收話端都在同一網路上，並未知覺跨越不同網路帶來的不方便。例如，讓一個VoIP使用者得知其他VoIP網路上特定使用者是否上線(Cross-Network Present

Service)，並可以直接撥號。而缺乏與PSTN互連的機制的缺憾，導致VoIP無法與PSTN交換很多資訊，因此無法實現很多先進的服務功能。例如美國的900及我國的0204付費電話，如果要能讓Internet VoIP使用者能撥號到900/0204的受話端，必須先有網路互連協議，包括通訊協定，資訊交換協定，帳務處理等協議。網路互連對PSTN業者既耗時費力，又是自挖牆角的事，當然沒有意願與VoIP業者進行網路互連。VoIP業者必須依電信法[1]規定取得電信事業執照（我國的電信事業業者包括第一類及第二類電信業者），才能取得與現有的PSTN業者強制互連的資格，本章隨後將詳細闡述其困難。由於缺乏正式的網路互連機制，PC-to-Phone VoIP服務現階段只限於POTS (Plain Old Telephone Service) 服務，而反向的Phone-to-PC VoIP更是困難重重。

PC-to-Phone VoIP及Phone-to-PC VoIP都有一段接在PSTN上，就涉及電信法規的問題，茲事體大，不容忽視。VoIP業者是以客戶身份與PSTN互連經營PC-to-Phone VoIP服務，並未受到電信法規的制約，因此可以與PC-to-PC VoIP一樣風行。反觀從PSTN電話機撥號到網路上電腦的Phone-to-PC VoIP服務，例如SkypeIn，卻是困難重重，完全無法與PC-to-Phone VoIP相提並論。世人都將此現象歸責於電信監理機關故步自封或受制於既有電信業者的壓力，以致不願開放。此種想法存有極大的誤解。本章將從各種角度剖析VoIP的遠景，俾使讀者能有更清楚的認識。

在尚未進入細節之前，讀者可以回想，為何我國電信法已經修訂完成多時，第二類電信業者已經可以合法經營網路電話，而且可核配070電話號碼給網路電話用戶俾使Phone-to-PC VoIP服務可以順利進行，但Phone-to-PC VoIP的經營仍然姍姍來遲？回想開放前許多業者躍躍欲試的態勢，如今大都是偃旗息鼓，只有速博這種第一類電信業者才敢放手一搏，欲提供雙向通話的網路電話服務，但截至目前還遲遲無法上路。下節將從VoIP結構面法規面及經營面來細細探討其中的關節。

2.2 傳統國際電話與網路互連

首先簡介以電路交換式網路(circuit-switched)運作的傳統PSTN國際電話的連接方式，其中牽涉到幾家公司，以及電話費用的營收如何分配等等複雜的問題。圖2.1是台灣的一個中華電信的用戶利用傳統PSTN電話網路撥打一通電話到美國的SBC地區電話公司的一個用戶的例子。假設這個用戶撥"005"亞太電信公司的國際電信碼，再撥美國的國碼"1"，最後撥美國的國內10碼電話號碼。這通電話連通之後將會像圖2.1那個樣子。撥號者的電話由中華電信的用戶迴路連到中華電信的交換機，而中華電信在此扮演LEC (Local Exchange Carrier) 的角色，中華電信將這通電話經由網路互連連上亞太電信的網路，而亞太電信再利用其國內長途網路將此通電話連上其國際電話交換機 (International Gateway)，再經由國際海纜(電纜或光纖)連上美國某電信公司的國際電信交換機。亞太電信在此扮演IXC (Interexchange Carrier) 的角色。而受話者的電話機是連在SBC這個LEC的用戶迴路上。假設是由AT&T這個美國的IXC與亞太簽訂網路互連合約，則國際海纜接上的是AT&T的國際電信交換機，然後AT&T利用其長途網路將此通電話連到受話端附近SBC的PoP (Point of Present)，最後SBC再將這通電話經由其用戶迴路連上受話者。國際海纜這段，可能是亞太自建，也可能是亞太向其他公司租用，為簡單起見，本文將之視為亞太的自有設備。如此，這通電話經過四家不同公司的網路，兩家LEC及兩家IXC，其中所牽涉到的網路協定，商業協定，及各國的電信法規絕不簡單。

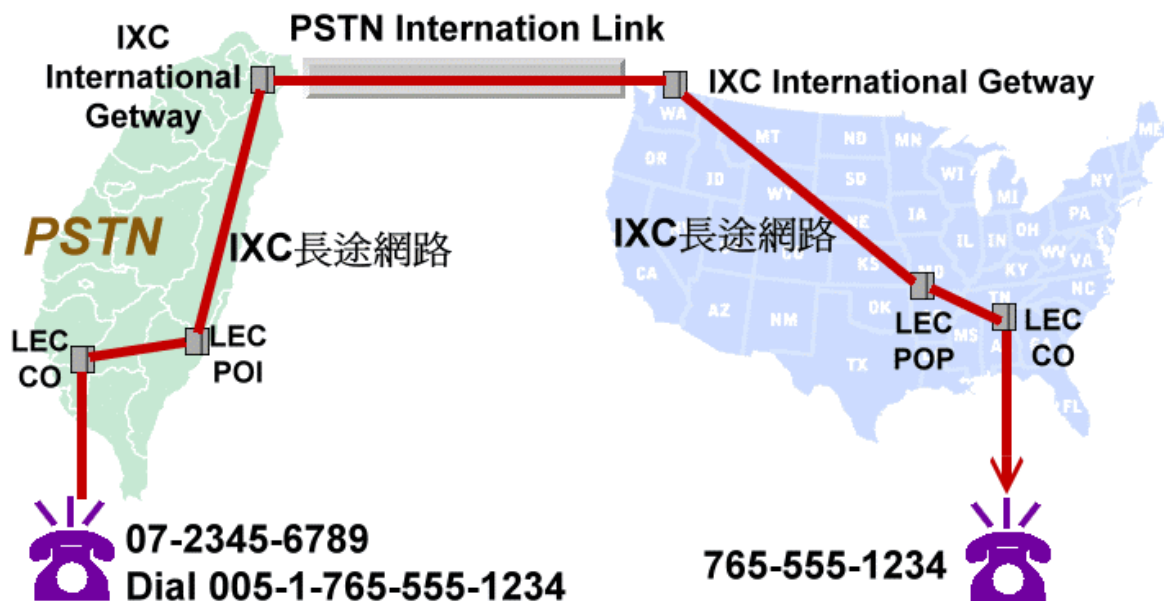


圖2.1 傳統國際電話連線圖

2.3 網路互連的複雜性

暫不論技術性的網路協定，單就營收分配一事來看其複雜度。一般較無爭議的是：發話者負責支付這通電話的費用，此即「發話端付費」原則。爭議較大的問題是：定價權歸屬於誰？發話者支付通訊費用給誰（收帳責任問題）？這筆營收如何分配（營收歸屬及接續費問題）？如果發話者因故不付帳，這筆帳如何算？各國法規各自不同，不可一概而論。本文就我國的電信法角度提出說明。

就圖2.1這通電話而言，定價權及收帳責任無疑是落在台灣這邊，美國這端的AT&T依據國際攤分費率協議[7,8]向亞太電信要求接續費，然後撥出一部份付給 SBC 作為接續費。而台美兩邊的互連協議，以商業談判模式進行，因為兩國的電信法都只能管轄各自國內的電信業者，也都對兩國間的網路互連不具完整管轄權。（WTO對於國際間網路互連之問題訂有相關規範 [9]，若有爭議可依該規範之原則予以處理。）以下我們將問題的討論侷限於台灣內部的LEC及IXC。

網路互連管理辦法在訂定時，對每一個問題都有數個方案可以選擇，而每一個選擇對國內的電信產業都有深遠影響。首先須考慮的問題是：接續費是成本計價或商業計價？如果採用商業計價，爭議最小。各個電信公司在訂定協議時提出自己的接續費要求，並選擇對己方最有利的伙伴訂定網路互連協議，定價權及收帳責任等問題，都少有爭議，反正是漫天要價就地還錢，雙方各憑本事談判。這個方案最大的弊病在於無法打破壟斷。在電信自由化之前，只有中華電信一家獨佔，每一家新興電信公司並無自由選擇的餘地，必須與中華電信互連。因此，中華電信可以任意訂定接續費價格，也不必費盡心思引進新科技，努力提高效率降低經營成本，甚至於會形成浪費越多賺得越多的情況。果真如此，電信自由化的美意將全部落空。因此，對於存有優勢力量之市場主導業者（市場未自由化前即存在之既有業者，如中華電信）而尚未形成有效競爭之電信市場，必須捨棄本方案而強制採用「成本計價」方案[2]。換言之，提供接續服務的公司，只能以成本收取過路費，為人作嫁毫無利潤可言，大部分利潤落入擁有定價權的業者手中。「網路互連管理辦法」[2]中關於定價權的指定攸關所有電信公司的生死，也攸關我國電信自由化的成敗，所以是小心翼翼歷經千辛萬苦才徵得所有電信業者心不甘情不願的同意下才訂定下來的。而最不甘心的其實是當時的獨佔業者中華電信，因為電信法的主要目的是要打破壟斷，自然對市場主導者較嚴苛。不過當年中華電信是國營公司，股東是全國人民，民意強烈要求開放電信市場，自然不得不配合。當打破壟斷之後，電信法就會對各家業者公平對待。

「定價權」在「網路互連管理辦法」中與「營收歸屬」息息相關，圖2.1之例中這通由台灣撥打至美國的電話，由誰定價，就屬於誰的營收。在訂定網路互連管理辦法時，這通電話的營收歸屬有兩個選擇，一是發話端所接的LEC（中華電信），二是負責國際電信的IXC（亞太電信）。最簡單的方案是，將定價權、營收歸屬、收帳責任等全部賦予發話端的中華電信，再由中華電信付接續費給亞太電信，而亞太電信付接續費給 AT&T，AT&T 再付接續費給 SBC。這個方案的弊病是：付出最少資源的LEC獲得最大

利潤，而付出最多資源的 IXC 只能收取成本，完全是為人作嫁，在LEX(Local Exchange)業務完全為既有業者壟斷時，這樣的方案只會助長壟斷情勢，因此不能採用。我國的網路互連管理辦法在訂定初期採用第二個方案，將定價權與營收歸屬賦予經營國際通信之IXC(亞太電信)，而亞太電信則付接續費給中華電信與AT&T。這個方案有個尾巴，誰來幫亞太電信收帳，如果發話者賴帳又怎麼辦？中華電信願意代為負責嗎？這些問題在「網路互連管理辦法」中都有詳細的規定，這裡不便詳細說明。

在電信自由化之前，中華電信只需與 AT&T 進行商業談判即可建立國際電信的運作。但在電信自由化之後，國內所有第一類電信業者彼此之間必須在電信法的規範下進行網路互連談判獲得協議，才能讓國際電信順利運作。而網路互連所牽涉到的技術問題雖然複雜，但是其中所涉及的商業競合關係使得網路互連變成非常棘手的問題。電信法裡的網路互連管理辦法是歷盡千辛萬苦才誕生出來讓各電信業者可以遵循以進行網路互連，建構網網相連的電信網路。換言之，如果沒有這部「網路互連管理辦法」，電信自由化根本自由不了。VoIP 業者也必須靠這部「網路互連管理辦法」，才有生存的機會。但電信法裡面賦予電信業者的義務，自也不能規避，因而以地攤方式經營 VoIP以節省經營成本絕對是行不通的。網路互連的重要性及其麻煩何在？由上節的說明即可一窺管豹，下節將繼續說明其理念。

電信產品與一般的商品大有不同。世上大部分的商品，生產者之間幾乎不需互相合作，各自推出最優良的產品在市場上公平競爭，只要有一部「公平交易法」即足以規範所有廠商，不需政府過度介入。電晶體可以擊敗真空管，微軟小蝦米也可憑者優良的產品擊敗大鯨魚IBM，但是如果沒有網路互連，即使你發明比現有電話好上一百倍、便宜一百倍的新電信網路，也沒有人願意中斷現有的電話服務，變成你的客戶。試想，當我國行動電話開放之初，如果新興行動電話公司的客戶無法與中華電信的客戶通話，有哪一家新興行動電話公司可以存活？中華電信這個既有業者根本不必絞盡腦汁努力經營，只要拒絕與其他業者網路互連或提高互連門檻就可以輕易的保有市場壟斷地位。政府為了打破壟斷落實電信自由化的目的促進競爭，就制訂「網路互連管理辦法」強制第一類電信事業相互間，有一方要求與他方之網路互連時，他方不得拒絕。第一類電信業者接續費之計算，應符合成本導向及公平合理原則，且不得為差別待遇，公平的進行網路互連。所謂公平也者，各業者所負的權利義務都相同也，舉凡平等接取、普及服務、緊急電話服務、通訊監察等等都是電信業者在電信法的規範下必盡的義務。此外，雖然網路互連法有明訂，但實施細節仍須各業者彼此細細協商方能成事。各業者之間彼此競爭，各懷鬼胎，在訂定協議時莫不推出最佳法務人才，各自使出渾身解數，訂定對自己最有利的協議，對於成本計算、成本分攤方式、接續費率、收帳責任、介接點訂定、通訊協定等莫不鎔銖必較、刀光劍影，試圖佔盡便宜。此乃因任一微小出入，就影響以億元為單位的營收。在營運過程中也是爭議不斷時常對簿公堂，互連談判絕非擺地攤式的經營者可以承擔的重任，非有財力雄厚擁有堅強法務部門的公司方有資格下場一戰。

VoIP業者如欲與傳統電信網路進行平等的業者對業者網路互連，必須先取得電信經營者的資格，然後在電信法的規範下與傳統電信業者公平競爭。為了促進新技術的引進，電信法在短期內也許可以賦予VoIP特殊優惠，但長期而言，電信法必須不分技術種類對所有電信業者一視同仁公平對待。有志投入VoIP 戰場的專業人士，不能單從技術角度考慮成敗，必須同時考慮法規環境以及商業經營環境。

2.4 VoIP網路架構

PC-to-Phone VoIP 及 Phone-to-PC VoIP都須藉助gateway 將語音從 Internet送到PSTN或反向為之。圖2.2 是簡單的示意圖，由網路(Internet)連上PSTN俗稱為「下車」，而由PSTN 連上Internet則俗稱為「上車」。

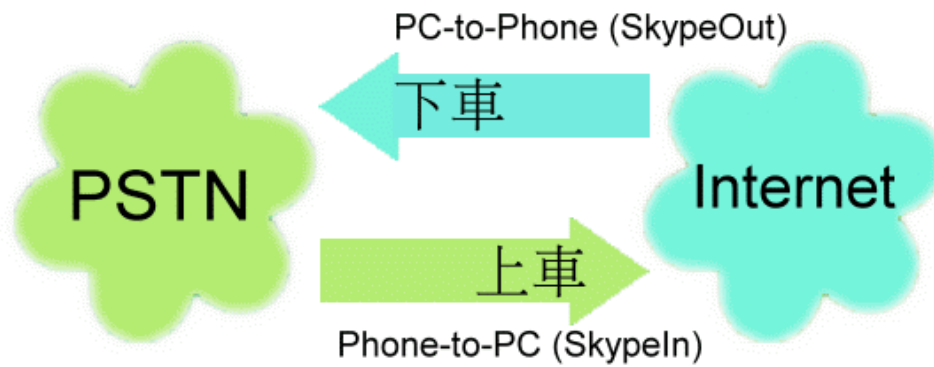


圖2.2 Internet VoIP與PSTN之介接

圖2.3至圖2.7以一個從美國的一部電腦用 SkypeOut打到台灣PSTN 上的一部電話以及反向由台灣的一部電話打到美國的一部電腦為例來說明如何建構一個實際的VoIP運作架構。

圖2.3 簡單的表示PSTN與 Internet在台灣之介接設備。為了方便說明，特地將台灣的PSTN與 Internet 分開畫出，左邊綠色的是PSTN網路，右邊藍色的是Internet網路。上方的國際海纜連接兩國的PSTN網路，而中間的連線則是跨國Internet，雖然實際上兩者可能都是運作在同一條光纖纜線上，但在運作上兩者是互相獨立無法互通的兩個網路。VoIP業者應在各地區設置上下車gateway 以供VoIP電話從Internet連到PSTN 上各地的交換機。當然VoIP業者也可以在台灣只設置一個 gateway 連到 PSTN 上的一個交換機，但如此一來，一通VoIP 電話上車前或下車後就必須經過長途PSTN才能連上全台各地的PSTN用戶，除非PSTN業者願意提供低價長途通訊服務， VoIP通話費用可能會大幅增加。為了盡量縮短VoIP 電話在上車前下車後行經的PSTN 路線長度， VoIP業者最好在每一個市內電話涵蓋範圍內(話價區)都設置一個gateway。從gateway 下車到PSTN 或從PSTN 上車到gateway 是VoIP 能否順利運作的關鍵，最大的困難也在這裡，「下車容易上車難」，本文將在下面各節詳細說明。

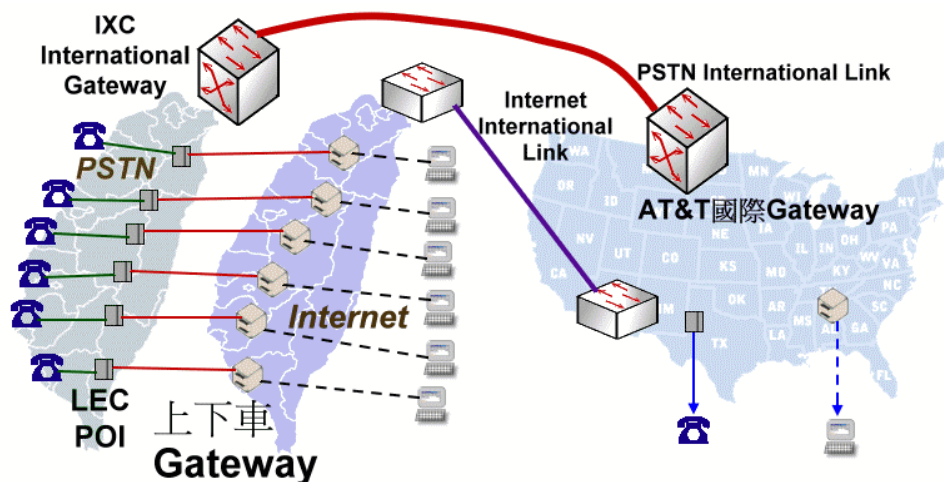


圖2.3 VoIP與PSTN 之介接閘道器

2.4.1 PC-to-Phone VoIP 的運作

本節說明PC-to-Phone VoIP 服務的運作及所涉及的法規與商業經營環境，SkypeOut 是目前最有名的PC-to-Phone VoIP 服務。

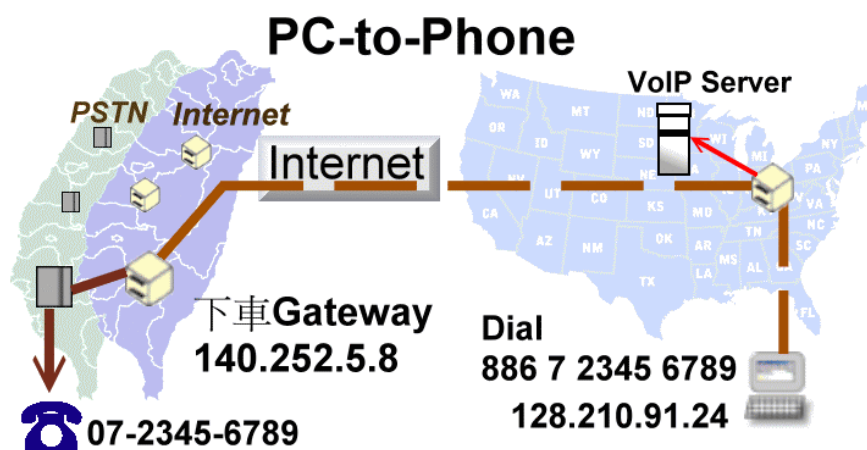


圖2.4 PC-to-Phone VoIP 的實際連接圖

當一部在美國的電腦，利用SkypeOut 撥接台灣 PSTN 上的一個電話時，電腦先與 Skype 公司設置的 Server 聯絡，獲得相對應下車gateway 的 IP 地址，再利用特殊通訊協定與下車gateway 聯絡，建立連線。當連線建立之後，就可把語音封包送給下車gateway，gateway 再轉成語音訊號透過PSTN 交換機接到受話端的電話機。

由下車 gateway 如何連上PSTN 交換機？最簡單的方式是把gateway 當成PSTN 的一個用戶，向 LEC 申請一支電話或租用專線，即可循PSTN電話打PSTN電話的方式運作。位於國外的VoIP 業者對於我國的電信法而言，只是一個市內電話的用戶而已，很難以電信法相繩，因此法所不禁。

雖然沒有涉及法規問題，但商業經營之可行性卻尚待考慮。試想，Skype 這家公司原先只需提供伺服器即可服務全世界數以百萬計的 PC-to-PC VoIP 使用者，如今為了提供SkypeOut 服務卻須在全世界各地建置下車gateway，其投資遠非小公司所能承擔，即使能承擔，其所獲商業利益亦遠低於建置成本，無論如何都是長期虧損的買賣。所以由VoIP業者在全世界自行建置下車gateway的經營方式在商業上並非明智之舉。

在商業上可行之道，係與各地專門提供下車服務之業者簽約合作，由各地的下車業者為VoIP業者提供下車服務，如此，VoIP 業者可省下建置成本，而其付給下車業者的低廉當地通話費用，可直接轉嫁給發話者。以台灣而論，除了中華電信以外的固網業者都可能願意提供下車服務。LEC 的主導業者，中華電信，自然不願經營VoIP 下車業務，以免協助VoIP侵蝕他們自己的國際電話業務。

2.4.2 Phone-to-PC VoIP 的運作

本節以SkypeIn 作為Phone-to-PC VoIP 服務的代表，說明其運作及所涉及的法規與商業經營環境。Phone-to-PC VoIP 與 PC-to-Phone VoIP 差異極大，最大的差異乃在於 VoIP 業者幾乎沒有任何主導權。撥號時，是由PSTN用戶使用傳統電話機撥打Internet 上的電腦，而使用者的電話機是接在 LEC 的用戶迴路上，LEC 並沒有義務、也無意願將這通電話連上Internet 上的。我們分別就國際電話及國內070 網路電話來討論。假設使用者的撥號是：「005 1 317 555 1234」，而 317 555 1234 是美國的一個 Skype電話號碼。VoIP 業者希望此通電話如同圖2.5所示由台灣的 LEC 協助上車將語音訊號經由Internet 由台灣直接送至受話者的電腦上，但此種連接方式在商業上不太可能實現。當 LEC(中華電信)收到撥號後，將此通電話經由網路互連連到 IXC(亞太電信)的網路上，而IXC會將此通電話當作一般的國際話務，透過其國際gateway 經其國際海纜連上美國的PSTN 網路，再由美國的 IXC轉到Internet 上，如此，這通電話仍然以傳統國際電話計費，無法獲得VoIP 節省國際電話費用的好處。像圖2.5 這種理想情況，由IXC將其上車至 Internet 的連接方式在商業上是不太可行的，IXC不太願意與 VoIP業者簽約協助使用者上車使用Phone-to-PC VoIP服務而侵蝕其自身的國際電話業務。

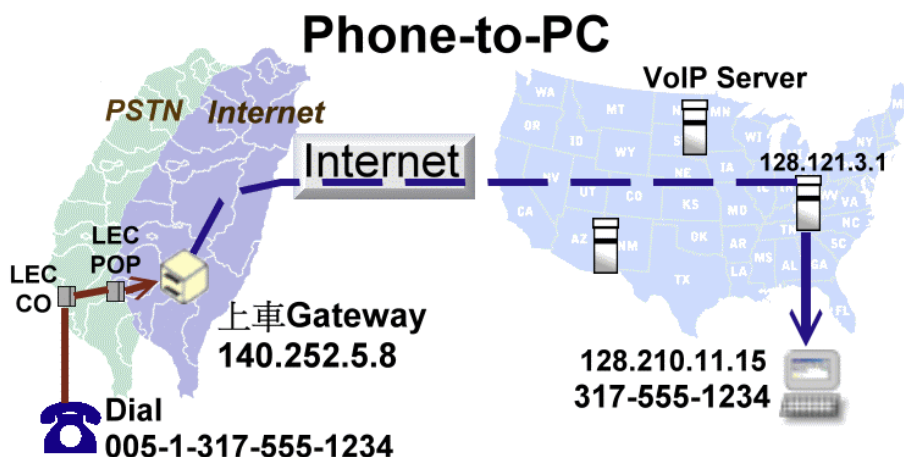


圖2.5 國際 Phone-to-PC 連接方案一

另一個方式，是由Skype公司(或我國的VoIP公司)向我國申請電信經營執照變成電信業者[1]，並申請核配070電話號碼，並建置上車gateway，並以電信業者的身份與我國的各電信公司簽訂網路互連合約並實際建置網路互連與上車設備(或與上車業者簽約委託代為上車)，而世界各地的使用者向Skype申請我國的070電話號碼，SkypeIn就可以讓我國PSTN上的電話經由Internet撥打到全世界各地擁有070電話號碼的SkypeIn用戶了，如圖2.6與2.7所示。

除了上車問題之外，尚須考慮商業經營面的可行性。根據前節的分析，作為電信業者應該承擔的義務包括平等接取、普及服務、緊急電話服務、通訊監察事項，雙身份證件之核對等。此外，網路互連協議之談判與建置不但麻煩也會大幅增加營運成本，最後，VoIP業者只能以成本計價向LEC要求接續費，雖然Skype不一定在乎通話費的利潤，但龐大的投資與居高不下的營運成本(例如設立據點接受門號申辦)使得Phone-to-PC的商業可行性變得極低。

經由以上的詳細說明，應可瞭解經營Phone-to-PC VoIP服務的困難度，所謂的「下車容易上車難」，可見一斑。

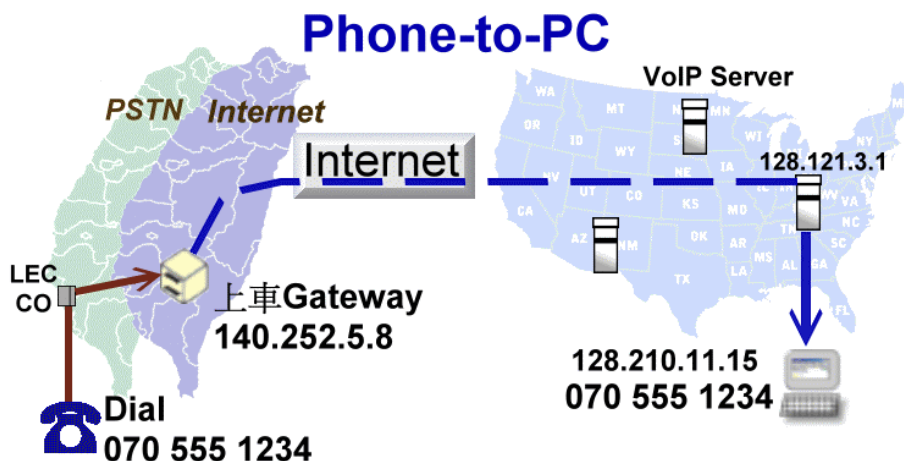


圖2.6 國際 Phone-to-PC 連接方案二

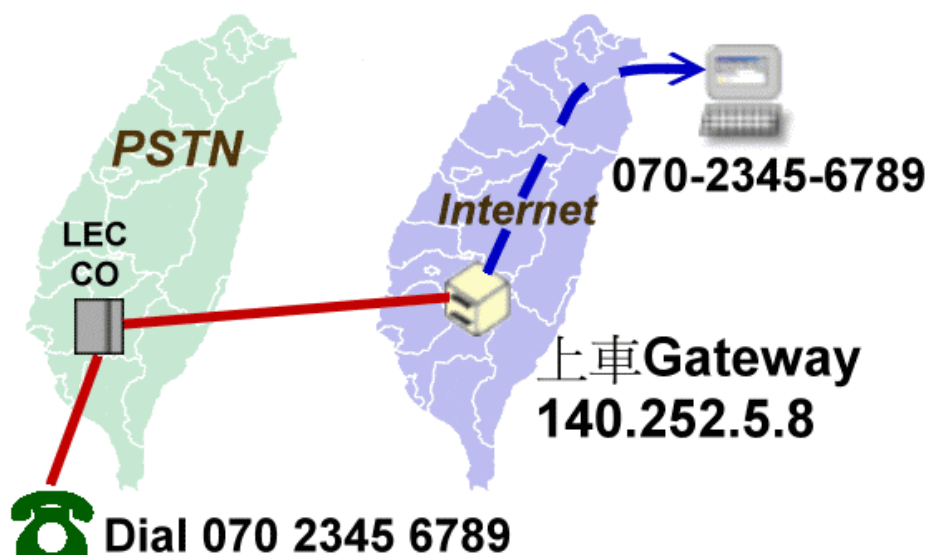


圖2.7 國內Phone-to-PC 連接方案

2.5 電信業者應負擔的義務

在電信法的規範下，電信業者必須承擔一些義務，例如：普及服務、緊急電話服務、國安監聽(通訊監察事項)等，具有可提供用戶號碼之VoIP電信業者自也不能自外於此。本節將針對這幾項稍作說明。

2.5.1 普及服務

現代國家有義務提供全體國民合理價格的基本電信服務，公用電話、以及免費的緊急及救難電話(119, 110等)服務。這些服務因非以經濟效益為主要考量，提供這些服務的業者難免產生虧損，在電信自由化之前係由中華電信的前身，交通部電信總局下的業務部門，獨家提供，其虧損則由長途及國際電話業務所獲的利潤補貼。在電信自由化之後，這些服務須由全體電信業者共同承擔。現行的方式是，所有電信業者按營收比例分攤普及服務的虧損。其細節可參考[3]。實際提供服務的業者以自願為原則，但電信主管機關可以指定業者提供服務，中華電信因為囊括了九成以上的 LEX 業務，因此很自然的成為提供普及服務最主要的業者。VoIP業者只需參與按比例提成支付即可，除緊急電話服務之外，與技術牽涉不大。普及服務的經費等於由是全體使用者分攤。

2.5.2 緊急電話服務

每一個用戶電話都應該擁有免費撥打緊急電話的功能，而且第二類電信事業管理規則第十六條之二規定，提供網路電話服務之電信業者應提供緊急電話服務，並於技術可行情況下依主管機關要求提供緊急電話發話者的位址[5]。建置緊急電話牽涉到相當程度的技術細節。如果每一家業者都建置用戶迴路接到每一個緊急電話的受話單位(警察局，消防隊，派出所等)，不但是高度的重複建置，而且每一個受話單位並不希望所有電信業者都有一條專用電話接進來，反而希望所有業者能協調由單一業者接入。試想，每一個警察局及派出所都有數十支緊急電話的情況，應該很難順利運作，(當然最理想的是由警方設立一個統一的報案中心，將所有緊急電話都接到單一的報案中心，再統一調度警力)。因此，在台灣，此項任務當然又落到中華電信的身上，其他業者只需將緊急電話利用網路互連連到中華電信的網路上，由中華電信接至受話單位。其實在電信法之下，中華電信並未負有當然義務為其他業者轉接緊急電話，但作為LEC 主導業者並考量警消單位之需求，只好「當仁不讓」協助建置緊急電話之網路了。

VoIP 電話要提供緊急電話服務至少有兩個難以克服的缺點，其一是VoIP設備的可靠度(或可用度，availability)遠低於傳統電話的99.999%，其二是難以即時提供發話者的位置。當沒有電源時，配有電話號碼的電腦或VoIP gateway 根本無法運作，即使電源正常，網路也時有斷線之可能，而網路即使正常，VoIP 軟體也不一定正常運作，換言之，VoIP電話的可靠度遠低於傳統的PSTN 電話。此外，當有緊急事故時，例如遇到搶匪或心臟病突發，撥電話者可能無法與受話者正常的溝通提供自身的位置，受話者必須能盡快找到發話者位置。而傳統固網電話因位置固定，幾乎不需額外成本即可提供此項功能。但 VoIP 電話如要提供定位功能，必須由VoIP 業者與網路業者(例如提供ADSL服務的

業者)密切合作才能達到。但如果使用者的上網位置不固定(這是 VoIP 的賣點之一)，一個使用者可能從家中利用HiNet上網、在辦公室利用TANET上網、在咖啡店利用HiFly上網，一個VoIP業者如何能夠保證跟所有的網路業者保持密切合作即時交換定位資訊?再者，許多網路電話是利用P2P方式由發話端的電腦將語音封包直接傳送給接收端，並未經過交換機或伺服器，而且中間可能經過防火牆、NAT、STUN 伺服器等層層關卡，使得收話端所看到的發話者IP位址可能是經過層層轉換而得的，更讓即時追查發話者位置難上加難。因此VoIP 很難提供此項功能。基於以上兩個難以克服的困難，在有生命危險的緊急情況下，VoIP電話實在難以依靠。美國曾發生過因為VoIP 電話在緊急時無法撥緊急電話以致喪命而將VoIP業者告到法院的案例。我國電信法因考量到實際的技術障礙並未要求VoIP 提供與傳統電話同樣可靠的緊急電話服務，僅規定必須將緊急電話與傳統電話服務之差異比較載明於營業規章並告知消費者。

2.5.3 國安監聽與發話來源追蹤

我國「通訊保障及監察法」規定，電信業者有義務提供介接設備讓國安單位在法院授權下進行特定電話的監聽[4]。而且電信業者必須提供協助追查訊務的相關資料，包括：被監聽者基本資料、發話及受話端號碼、通信時間、通信內容等。即使在美國，自從發生911 事件之後，網路監聽也獲得法院的支持了。上節已經提到VoIP提供即時定位資訊的困難，雖然定位資訊在離線狀態比較簡單，但是仍然相當複雜。而監聽方面，因為許多網路電話是利用P2P方式傳送封包，並未經過交換機或伺服器，在技術層面上必須進行大幅度的架構整建才能順利進行監聽，如此勢必大幅增加VoIP 業者的建置及營運成本。

2.5.4 電話門號申請之身分查核

國內現在以電話進行詐欺的事件日趨嚴重，政府為求防範，規定用戶必須以雙證件申請電話號碼，電信業者負有核對之責。對於在台灣擁有數十萬甚至數百萬客戶，並於各大小鄉鎮設有服務據點的電信業者而言，本就有面對面處理電話申裝事宜的能力，並不需大幅增加成本即可應付。但對於一切都仰賴網路供世界各地的使用者進行門號申請的 VoIP業者而言，並無能力應付此種要求，即使能力及，但以低價為訴求的VoIP 又如何能壓低成本經營 Phone-to-PC 的VoIP 服務?

2.5.5 VoIP 網路互連中的品質問題

先前已有說明電信業者在網路互連的談判中所遇到的重重問題，而VoIP 服務還有另一個因品質而發生的問題。現有VoIP服務之通話品質和PSTN尚有差距，當一通電話經過PSTN轉接之後如發生品質問題時，如何釐清責任?根據網路互連管理辦法的規範，互連雙方網路都必須提供相當程度的品質保證，如果VoIP業者無法保證達到網路互連管理辦法中指定的品質，PSTN 的一方可以因此拒絕互連，VoIP 的品質問題在網路互連的路上又增加了一個障礙。

2.6 VoIP 通話費用分析

PC-to-PC 及 PC-to-Phone 的VoIP 服務可算是非常成功，大幅降低了長途電話費用。為何VoIP可以降低如此多的費用?其成本差異何在?難道傳統電信使用的電路交換(circuit-switched)網路與VoIP所使用的封包交換(packet-switched)網路有如此大的差異嗎?以下我們粗略的分析一下大致的成本結構。

2.6.1 PC-to-Phone VoIP 通話費用分析

PC-to-Phone VoIP服務的成本可大致分成三大塊：第一項成本是中央伺服器及營運成本，多半由業者自行吸收，第二項成本是下車費用，此項費用轉嫁使用者，由VoIP 業者向使用者收取，第三項是將實際語音封包由發話端傳送到受話端的網路通訊費用，這是VoIP的主要費用，由發話者負擔。假設發話者是使用Internet上網，那這項網路通訊費用是包含在上網費用中，而偏偏現行的Internet上網的計費方式，大部分是吃到飽的包月制，對VoIP的使用者而言，並未因為使用 VoIP而增加費用，因此等於是免除第三項的網路通訊費用費，所以 PC-to-PC 可以免費而PC-to-Phone可以非常便宜。如果Internet上網是計時收費，例如利用3G或付費的無線上網，那VoIP的費用還要計入上網費用，有時並不便宜。例如在機場的旅客利用在機場候機時間購買一天十美元的無線上網服務，而如果只是為了打幾分鐘的VoIP電話，那就可能太貴了。

目前的吃到飽的Internet上網計費方式具有「劫貧濟富」的效應，低用量使用者補貼高用量使用者。這種計費方式於短期內不會更改，所以在所預見的未來，VoIP服務將持續搭「上網費率吃到飽」的便車維持低價位服務。

2.6.2 Phone-to-PC VoIP 通話費用分析

至於Phone-to-PC 的通話費用，也可以分成三大塊：中央伺服器及營運成本、上車費用及網路通訊費用。與 PC-to-Phone 最大的不同則在於上車費用除了gateway 的費用之外，還有付給 LEC 的費用。這部分牽涉到複雜的電信業者網路互連問題。我們以圖2.6的例子說明，發話者連在LEC(中華電信)的用戶迴路上，而LEC 則把一通Phone-to-PC 的電話透過網路互連連上VoIP業者所指定的上車gateway，再經過Internet 送達受話者的電腦上。我國電信法規定，當VoIP業者與傳統電信業者互連時，由發話者付費、定價權及營收歸屬於發話端的 LEC，如此，發話端LEC 向發話者收取通話費用，再支付接續費給VoIP業者，VoIP業者再支付上車費用給所委託的上車gateway 業者。對於一個傳統 PSTN網路上的發話者而言，如果這通從台灣撥打到美國的國際電話是傳統的連接方式，那就必需支付昂貴的國際電話費，如果受話者是位於美國擁有我國070 VoIP網路電話用戶，那麼主要的國際連線費用被受話者的上網費用吸收了，發話者真正負擔的是LEC的費用及上車費用。雖然定價權是LEC，而非VoIP業者，但只要網路互連協議定得合宜，LEC 應該不會漫天要價。最後，VoIP 業者如能壓低經營Phone-to-PC VoIP的營運成本而自行吸收的話，Phone-to-PC 的價格就不會遠高於PC-to-Phone VoIP 的價格。

2.7 結語

VoIP 利用封包網路傳送語音訊號，不但可以大幅降低長途電話費用，更開創了創新應用的空間，對於電信市場已經產生了價格破壞的深遠影響。但是目前僅限於不牽涉電信法規的 PC-to-PC 及 PC-to-Phone 兩種 VoIP服務，如果要提供 Phone-to-PC VoIP 服務，仍有重重的障礙。這些障礙表面上是電信監理法規所造成的，實際上是因為電信網路必須網路互連的特性所造成的。小規模的VoIP 公司很難獨力經營 Phone-to-PC 的業務。

參考文獻

1. 電信法, http://www.ncc.gov.tw/chinese/law_detail.aspx?site_content_sn=186&is_history=0&law_sn=766&sn_f=1067.
2. 電信事業網路互連管理辦法, http://www.ncc.gov.tw/chinese/law_detail.aspx?site_content_sn=189&law_sn=142&sn_f=1347&is_history=0.
3. 電信普及服務管理辦法, http://www.ncc.gov.tw/chinese/law_detail.aspx?site_content_sn=189&law_sn=713&sn_f=1257&is_history=0.
4. 通訊保障及監察法, <http://law.moj.gov.tw/Scripts/Query4A.asp?FullDoc=all&Fcode=K0060044>.
5. 徐國根, "網路電話服務監理架構," www.ipox.org.tw/download.phpfile=admin/meetingdoc/01070qsfqh.ppt.
6. 連耀南, "我國電信自由化-固網規劃風雲," 台灣經濟研究月刊, vol. 22, no. 1, Jan. 1999, pp. 82-89.
7. ITU-T Recommendation D.140 Amendment 3, "Accounting Rate Principles for the International Telephone Service," <http://www.itu.int/rec/T-REC-D.140-200311-I!Amd3/en/>.
8. ITU-T, "Accounting Rate and How They Work," <http://www.itu.int/osg/spu/intset/whatare/howwork.pdf>.
9. ITU-T, "WTO reference paper on basic telecommunications," <http://www.itu.int/newsarchive/press/WTPF98/WTORefpaper.html>.

3. 從法規面與營運面看無線上網

運用無線電在行動語音通訊(行動電話)已經獲得相當的成功，不但獨佔行動通訊的市場，在某些國家的行動通訊公司也因其吃到飽的定價策略之故也侵蝕了部分長途電話的市場。但行動數據服務尚未獲得顯著的成功。本文就法規面與經營面稍作探討。

由第一類電信業者提供的 GPRS 與 3G 行動數據服務(行動上網)在速度與價格上仍然無法與ADSL 等固網的數據服務相比。雖然GPRS 等已經有吃到飽包月制的計費方式，但因一般人行動上網的實際時數仍極為有限，速度也不高，如用每封包的價格比較，GPRS/3G 與ADSL 相距仍然頗大。因此，自Wi-Fi (IEEE802.11)出現以來，常有利用Wi-Fi 或WiMAX 建構公眾行動數據網路之提議，但公眾的 Wi-Fi 網路迄今並未獲得商業化的成功已經是有目共睹之事，而WiMAX雖也在政府的推動下如火如荼的推動，但其商業面之成功與否仍在未定之天。

3.1 免費Wi-Fi無線網路之消長

任何公司或個人可以很輕易的利用Wi-Fi基地台 (Access Point)連上固網的數據服務網路(例如:ADSL)建構一個 Wi-Fi無線網路。除了很多公司有架設Wi-Fi 無線網路之外，很多人家中也自行架設Wi-Fi 無線網路供家中數部電腦同時上網，早期大部分的Wi-Fi無線網路都沒有設定密碼，免費開放給他人上網，在 Wi-Fi 網路涵蓋範圍內的鄰居或路人只要能收到Wi-Fi 訊號的都可以免費上網。但是近年來網路犯罪日益猖獗，尤其是在發生美國911 事件之後，幾乎一夜之間大部分的Wi-Fi網路都上鎖，不再開放給陌生人免費上網，以免惹禍上身。

3.2 商業性公眾Wi-Fi無線網路之成敗

所謂商業面之成功與否，其關鍵在於營收與成本，營收必須大於成本才算是成功的商業經營。技術專業人員常犯的毛病即是對營收之預期太過樂觀，而對成本之估計則不足。一般而言，Wi-Fi基地台價格低廉而頻寬超大且不需無線電執照，比起需要執照的行動電話那真是價廉物美。所以世界各地有許多的團隊投入經營公眾 Wi-Fi無線網路，但至今鮮有成功之例，只有在各國際機場，咖啡店等地常見有公眾Wi-Fi 無線網路之使用。究其原因不外營收遠低於成本而已。營收之多寡取決於使用者之多寡，由於行動使用者在使用電腦上網遠比使用行動電話不方便，一般使用者在外急需上網的需求遠低於行動電話，因此願意以每月數百元月租費取得使用權的使用者寥寥無幾。另一方面，Wi-Fi 無線網路雖然運作於不需執照的無線電頻道，但因每部基地台因功率受限而涵蓋範圍太小，以致需要太多基地台才能建造高涵蓋率的無線數據網路。每部基地台雖然價格低廉，但數量眾多也會大幅提高總建置成本。如欲與台灣的行動電話的涵蓋率相抗衡，非有數十萬部基地台不可，其建置與維運成本均與行動電話網路相去不遠，其所需資金絕非小公司所能承擔，因此只能大幅限制其涵蓋率，也因此影響到使用意願，影響營收，更影響到維運資金，形成惡性循環。

3.3 公眾Mesh無線網路

Wi-Fi 無線網路之建置成本中，除了Access Point 硬體設備之外，基地台與公共數據網路的連接也是重大成本之一。除非是電信業者自建，否則一般的Wi-Fi無線網路業者必須仰賴既有的上網機制，例如ADSL，作為「上網鏈結」連上網路，每一部無線基地台後面都需要一條上網鏈結，以ADSL為例每月以1000元計，數十萬個基地台每月即需數億元上網費用。拋開其他維運費用不論，單論此項費用即需上百萬個使用者才能達到損益平衡。而且ADSL的上行頻寬本就不高，Wi-Fi 的大頻寬變成英雄無用武之地，因此這種「每一個基地台後面一條上網鏈結」的建置模式維運費用太高，不利Wi-Fi無線網路的營運。為了降低Wi-Fi基地台對上網鏈結的需求，近年來網路專家提出Mesh 新網路模式，各個Wi-Fi基地台之間利用Ad-Hoc 模式互相轉接，可以讓一群基地台共用一條上網鏈結，因此可以降低上網鏈結的需求，大幅降低上網費用，提高公眾Wi-Fi無線網路的商業可行性。雖然如此，其營收與成本之間是否能達損益平衡，仍然大有疑問。

3.4 雙網手機之成敗

我國政府在2004年左右在M-Taiwan 計畫下大力推動雙網計畫，鼓勵國內生產行動電話手機的廠商加入Wi-Fi上網能力，期望雙網手機可以利用「將」普遍存在的Wi-Fi上網。我國廠商如能盡早投入研發，將可在全球雙網手機市場搶佔先機，攫取大部分的市場。可惜因為免費的 HotSpot 因安全問題大部分被鎖碼，而商業運轉的公眾Wi-Fi網路也因不符成本效益而沒有大舉建設，以致雙網手機的的無線上網功能變成「雞肋」，未能發揮預期效益。政府的雙網計畫並未達到預期目標。

3.5 從營運面看公眾WiMAX網路之遠景

WiMAX被視為取代目前的Wi-Fi無線網路之替代技術，因為其傳輸距離遠，AP佈建數目較少，可為固網解決最後一哩(Last Mile)問題，可是從商業面看，仍然是霧裡看花，疑慮重重。

首先我們先澄清一項技術上的盲點。WiMAX 的支持者極力鼓吹WiMAX 的傳輸範圍可達數十哩而且頻寬很高，因此可以取代Wi-Fi，成為公眾無線上網的主要技術。這是很大的誤解。Wi-Fi技術雖然比較老，但是差距絕對沒有如此大，Wi-Fi技術之傳輸距離之所以如此短，完全是因為其運作在 ISM頻段，其發射功率被電信法限制著，（如果有人任意在 ISM頻段發射大功率訊號，那其涵蓋範圍內的其他使用者都會被干擾到，豈有此理。）WiMAX 如果運作在ISM頻道，那其功率也必須受到限制，其傳輸距離自然不會比Wi-Fi 高多少。再者，ISM 頻道是共用頻道，WiMAX不能佔用全部頻寬排斥他人使用，所以其頻寬也高不了多少，所以WiMAX 並不比Wi-Fi好多少。

如果WiMAX 是運作在需要執照的專屬頻道，那當然可以提高功率，拉長傳輸距離，並提高頻寬。但這時候拿來與 Wi-Fi 相比較也是不合理的。專屬頻道是需要頻率使用費的，一張執照數億元標金是跑不掉的，加上基地台與網路的建置與維運，其成本以不下於資金以百億計的行動電話業者了。難道 WiMAX 業者投資了這麼多的資金，其目標僅在於區區數百萬或數千萬元年營業額的行動數據市場嗎？WiMAX 業者必須能搶奪行動電話及固網的寬頻上網市場方有成功的機會。在固網及2G/3G的網路不普遍的地區，WiMAX的技術優勢應可以讓WiMAX擊敗其他技術。但

是在固網及2G/3G的網路基地台已經普遍佈建完成的地區，WiMAX 將陷入苦戰。

3.6 WiMAX 營運商想要虎口奪食?難!

政府投入鉅資推動M-Taiwan 計畫，WiMAX是重點之一，也已發出數張執照給數家營運商，希望藉由執照的發放，促使營運商大量建置WiMAX通訊網路，除了讓國人能早日享受寬頻無線通訊之便利之外，更重要的算計其實是要讓國內 WiMAX設備製造商能從實際營運中獲得實際技術經驗俾能搶得先機，從 Wi-Fi設備製造大國進一步成為WiMAX設備製造大國。無線寬頻通訊網路之建設可以提升國家競爭力，但見效緩慢，反而是WiMAX 設備的出口可以帶來可觀的外匯，增加國家財富收效快多了。可是事與願違，各營運商紛紛延後開台，與十餘年前大哥大執照發放之後，各營運商都拿出渾身解數搶著開台相比，不啻天淵之別。政府想憑著發放執照就想一石兩鳥既收得以億為單位的執照費用，又可達到政策目標，一本萬利的算盤打得嘩啦嘩啦響。從技術面看，WiMAX 絕對遠遠超過 Wi-Fi，但技術優越並非成功的保證。與Wi-Fi無線網路運作於不需執照的無線電頻段不同， WiMAX 運作在需要執照的頻段，因此Wi-Fi成功的經驗無法套用在 WiMAX 上，如果沒有新的變數，政府打的如意算盤只怕是鏡花水月，竹籃打水一場空。公眾的無線寬頻網路，背後需要有一個強力的營運商投資興建整個網路，維持營運，其投資及營運都需以億為單位的資金支持。一家能涵蓋全國大部分地區的全區營運商需要數十萬以上每月至少貢獻數百元的使用者才能達到損益平衡，不致虧本。試想，我國現階段能有這麼多的行動數據使用者嗎？從各縣市的M-Taiwan計畫中建置的實驗公眾Wi-Fi 網路經驗中即可知道，即使是免費，公眾Wi-Fi 使用者也非常有限。台灣的地理環境狹小，一般人出門在外時，滯留時間不長，願意每個月花費數百元擁有隨時隨地上網能力的行動資訊使用者極為有限，連一家WiMAX營運商都餵不飽。在短期內，營運商必須設法加入既有的通訊市場中搶奪使用者，例如，讓使用者改用WiMAX 打行動電話，或退租ADSL轉而使用WiMAX上網。換言之，通訊市場的餅尚未因WiMAX 而變大，而WiMAX營運商必須爭食既有的大餅。可惜的是，如果沒有壓倒性的技術優勢來大幅降低行動通訊的服務成本，新興的WiMAX營運商要從現有的電信三雄口中奪食，談何容易？亞太與威寶這兩家 3G行動通訊營運商的處境可為殷鑑。短期內，國內WiMAX設備製造商難以仰賴國內的 WiMAX 營運商提供養分，只能仰賴國外的WiMAX 市場，終究難以一圓技術領導者的美夢。政府在3G 及WiMAX 的執照發放上撈得數百億的標金，對於政策目標之達成有害無益。

3.7 小結

決定一項技術能否成功的商業化，往往不僅僅依靠技術的優越性，法規面及商業面常常擁有更大的影響力。作為資訊專業人員應該已經看過太多被微軟擊敗的慘痛實例。具有壟斷特性的電信業更是如此。不能單純的從技術面去看一項新技術預測其發展趨勢。

4. Network Convergence

VoIP盛行，已經對語音電話服務造成價格破壞的效果，雖然Phone-to-PC 的 VoIP 服務仍然困難重重，但PC-to-PC 及 PC-to-Phone 的成功已經大幅侵蝕了傳統電信業者的營收，而且 VoIP 市場的成長趨勢未見趨緩，對於傳統電信業者的威脅越來越大。傳統電信業者當然不會坐以待斃坐視語音服務市場被VoIP掠奪。於是提出 Network Convergence 的概念，試圖以單一的All-IP 網路取代現行語音及數據分離式的網路，希望能大幅降低成本，加速開發新服務功能。本章將闡述其概要。

4.1 物美價昂的 Circuit-Switched Network

我們先說明為何傳統網路價格昂貴。從網路架構看來，傳統上語音服務網路與數據服務網路是互相獨立的兩個網路，雖然這兩種網路都是建置在同一個實體網路上的，只是接上實體網路的交換機各有不同而已，如圖4.1所示。傳統語音網路使用 TDM (Time-Division-Multiplexing) 交換機建構成 Circuit-Switched Network (CS Network)，而Packet-Switched Network (PS Network) 則是使用 Frame-Relay 或ATM，而IP Network則是在 Frame-Relay 或ATM 上再加上 Router作為IP 交換之用。

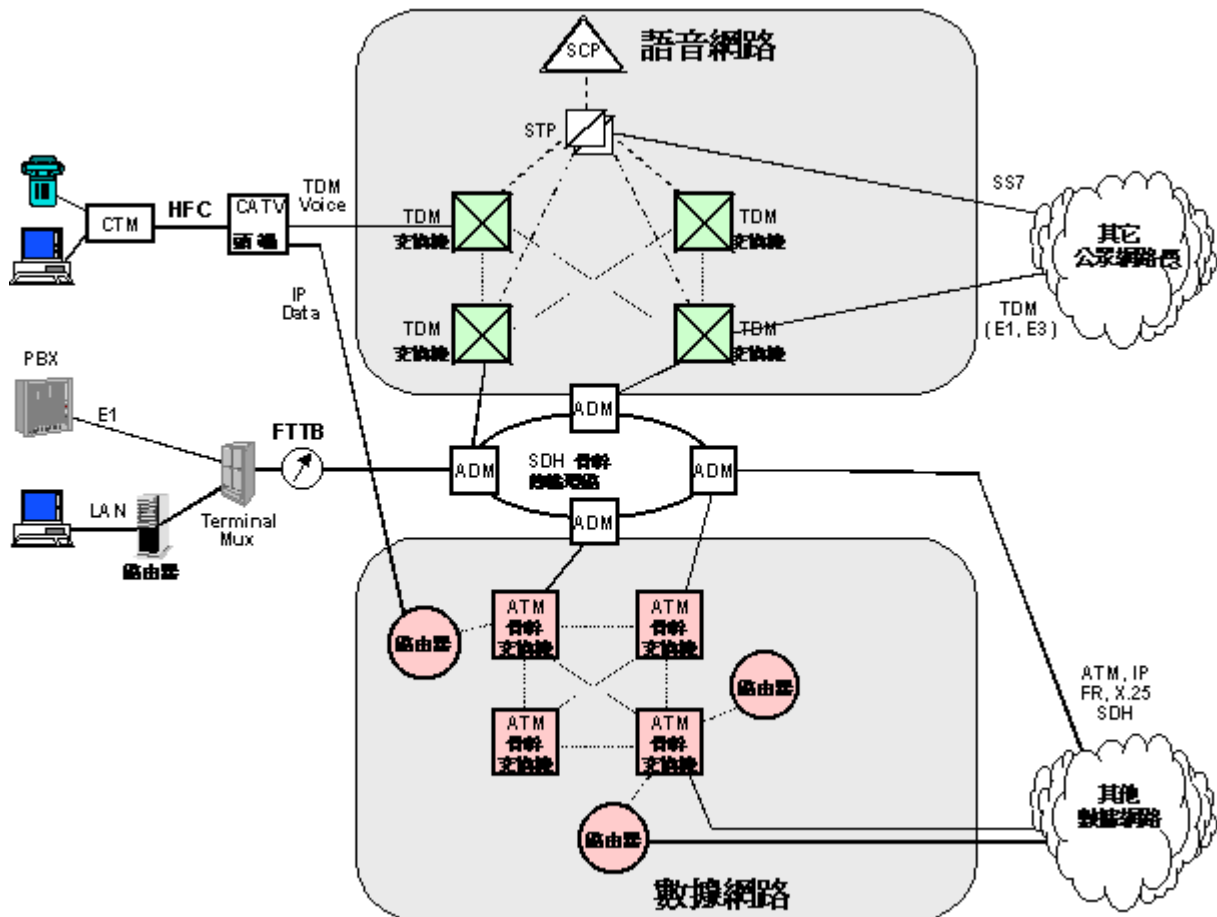


圖 4.1 傳統 CS 及 PS 網路共用光纖傳輸網路之架構

TDM 交換機造價昂貴主要的原因是其提供的 99.999%可靠度，與個人電腦之低可

靠度相較，不啻天壤之別。為了這99.999%的可靠度，TDM 製造商必須特製硬體與軟體。既然硬體軟體都是特製的，自然無法享受電子資訊科技日進千里的好處，無法如同一般電子資訊設備般快速的降價。例如，PC 所用的記憶體的價格幾乎每一兩年就降一半，而TDM 交換機使用的特製記憶體不但價昂而且只能緩慢的降價，價格差距年年拉大。就軟體部分，因為不能使用市面上的軟體，必須自行培養大批的軟體高手，使用異常嚴密的軟體開發品管慢慢自行開發 TDM 的軟體，其軟體生產力往往低至每天一條程式碼的程度，服務功能開發的標準生產流程至少需時一年半。龐大的軟體開發團隊，複雜的軟體，加上極低的生產力，當然造價昂貴。可靠度，是靠高昂的成本堆積出來的。

話說回來，為何TDM交換機需要如此高的可靠度？因為在很多情況下一個小失誤就會造成極大的損害。當一個人獨自在家突然心臟病發，掙扎著抓到電話機求救，電話的可靠度就影響到一條生命。1990年的一個情人節，AT&T 的長途電話網路忽然大規模癱瘓，全美有形無形的損失難以估計，所幸當天是週末假日，否則AT&T 可能就此破產，未自 AT&T 獨立出來，需負全責。那次的網路癱瘓導因於當年尚屬於AT&T 的 Lucent所生產的4ESS交換機的一個軟體小錯誤。一段C程式碼內有一個'case' 少放了'break' 造成 'fall through case'，而這個錯誤在軟體測試中，並未被測試到。不幸的是，這個軟體錯誤造成一個非常罕見的系統異常，而偏偏這個異常竟然引起連鎖反應，癱瘓了很多AT&T 的4ESS長途交換機。軟體測試在理論上是無法測試所有可能的 scenario，但AT&T 內部軟體品管程序有這麼一個規定：每一行程式碼在測試中必須被執行過。此項軟體錯誤在標準測試中原可被查覺，但因測試未被嚴格遵行以致未在測試階段發覺此項錯誤，相關人員自然難逃家法處置[1]。

再舉一實例，有一年，大紐約地三座機場的通訊網路全面癱瘓，連機場指揮塔都無法運作，飛機無法起降，波及歐美各大機場的航班，有數百航班被取消，另有數百航班受到延誤，包括FCC（聯邦通訊委員會，相當於台灣的NCC）主席在內的數萬旅客行程大亂。本次失事是硬體的故障加上 AT&T 的維運失誤所造成的。起因是電力公司因故停電，負責機場通訊的交換機自動啟動備用電池維持運作，但應隨之啟動的四套警示燈，或因故障待修，或因人力縮減無人看管，導致無人注意及此而未依標準作業程序啟動應變措施，當外部電力恢復供應時，備用電池因電力不足無力切換至外部電源，導致電池最終耗盡電力，交換機力竭而亡。AT&T 的交換機使用了四套警示燈仍無法防止意外發生，莫非定律還真是法力無邊[1]。

由以上的說明應可瞭解 TDM交換機因可靠度極高而價格昂貴，而且為了維持整個網路的高可靠度，其維運成本也非常高昂，導致傳統電信價格居高不下。

4.2 TDM 交換機難以應付層出不窮的新服務

除了價格高昂之外，TDM交換機因為嚴謹的軟體開發程序以致開發新服務功能的速度極為緩慢，遠遠無法滿足現代網路社會中使用者五花八門層出不窮的新功能需求。常使用Skype 的使用者即可知道，Skype 推出新功能的速度奇快無比，遠非傳統網路所及。加上 CS Network 對於供應的頻寬彈性太小，無法應付頻寬需求變化萬端的新網路應用，所以 CS Network 已經逐漸失去電信市場的主導地位。

4.4 All-IP Network 趨勢

傳統電信業者在競爭壓力下提出了 Network Convergence 的概念，利用 All-IP Network 將傳統上由 CS 及 PS 兩種網路所分別提供的服務統一由 PS Network 構成的 All-IP Network 來提供。簡單的說，傳統第一類電信業者也要使用 VoIP 技術了，但會採用嚴謹的經營方式，而非類似第二類電信業者地攤式經營的 VoIP。由圖4.1 可以看出來，實體的光纖傳輸網路根本不需改變即可支援 All-IP Network。下一章將說明其架構與相關技術。Network Convergence 帶給傳統電信業者的好處很多。主要是設備及經營成本之降低，以及開放軟硬體平台可以加速新服務功能的開發。我們將從成本降低方面加以闡述。但我們首先談論幾個問題：All-IP Network 可以提供 99.999% 的可靠度嗎？All-IP Network 的品質可以比得上 CS Network 嗎？All-IP Network 可以完全取代 CS Network 嗎？All-IP Network 這條路非走不可嗎？

(A) All-IP Network 的品質及可靠度

All-IP Network 所能提供的服務遠比 CS Network 多，例如我們很難利用家中的電話打影像電話，但 All-IP Network 就像現在的 VoIP 一般可以承擔這種服務。我們只能從 CS Network 最擅長的語音部分來比較兩種網路的品質。All-IP Network 承襲了 PS Network 的三大品質問題：long delay time, large jitter, 及 packet loss 導致語音品質非常不穩定。研究人員正在多方設法提高品質，但因受先天限制，VoIP 的語音品質終將無法達到 CS Network 的標準，而其可靠度也會低於 99.999% 的標準。即使 IP router 等各項軟硬體設備都具備 99.999% 的可靠度，但因為封包經過較多的網路元件，可靠度也必然跟著降低了。很多重要的使用者寧可花費較高的價格也不願犧牲可靠度或品質。第一類電信公司可以考慮將語音市場切割，對特殊客戶利用 CS Network 提供高可靠度高品質高價位的語音服務，對一般性的服務則用 All-IP Network 提供低價位但品質稍次的服務。也因為有些使用者要求非常高的可靠度（例如機場或有關國家安全的通訊服務），使得 CS Network 不至於完全被 All-IP Network 取代。但猶如現在要維修早期電腦的軟體將會付出很高的代價一般，CS Network 的使用者可能必須付出數倍以上的代價才能獲得需要的服務。

(B) All-IP Network 這條路非走不可嗎？

All-IP Network 在品質及可靠度的提升方面還有一段很長的路要走才能取代大部分的 CS Network，其投資也不小，會不會像其他的新科技一樣胎死腹中？我們大膽的預測，All-IP Network 已經是一條不歸路，非走不可。

除了因 Skype, Google Phone, MSN 這些世界級的 VoIP 服務相繼推出，顯示 VoIP 已經確立了其足以撼動長途電話市場的地位，傳統第一類電信業者不得不應戰這個原因之外，更重要的原因是生產 TDM 交換機的專業人員已經大幅流失，對於 TDM 交換機的產能已經產生不可逆的損傷，許多 TDM 交換機設備製造商幾乎破產，再也無望東山再起。約在 2000 年左右各大電信業者紛紛定下不再採購 TDM 交換機的決策，這些決策嚴重挫傷各個 TDM 設備製造商的營收，以致 Lucent, Nortel 這種大廠連年產生數以百億美元計的重大虧損，不得已紛紛裁員，長期的裁員以及低

迷的遠景，使得離職的專業人員紛紛轉行不再留戀TDM技術，將來即使電信業者變更決策重新採購TDM 交換機，這些設備製造商再也難以召回離職人員重新開爐生產 TDM交換機。因為軟體產能是在開發人員身上，公司所保有的開發文件及程式碼所能發揮的功能極為有限，就如同人體對於少量流血可以自體復原，但大量流血就可能致命一般，TDM軟體專業人員的大幅流失已經對TDM交換機的開發造成致命傷。很多TDM 設備生產商只剩下維修能力，而無新品製造能力了。

(C) All-IP Network 成本分析

All-IP Network 可以降低成本的幾個重要因素如下：

1. 如圖4.1 所示，營運商（亦即第一類電信業者）以往必須維護兩套網路，除了硬體設備複雜度提高之外，因為 CS Network 與 PS Network 的技術細節幾乎是兩種不同的domain knowledge，所有技術人員，訓練人員，服務人員幾乎都要準備兩套，如果用All-IP Network 的話，只要一套即可。
2. 傳統 TDM 交換機以及 CS Network 軟硬體都是專屬設備，價格非常昂貴（前已說明），而All-IP Network 的硬體都是IP 設備，而TCP/IP 相關設備因為是世界標準之故，互通性非常高，以致價格因競爭關係而非常低廉，購置也很方便。而軟體方面，因為是採用開放式平台之故，軟體開發的成本也會大幅下降。

參考文獻

1. Bruce Sterling, "THE HACKER CRACKDOWN: Law and Disorder on the Electronic Frontier", <http://www.farcaster.com/sterling/part1.htm>.

5. All-IP Network

5.1 緣起

面對通訊與資訊科技的大幅進步、網際網路的蓬勃發展、以及電信自由化帶來的激烈競爭，通訊網路正在進行一個巨大的變革，要將原有 CS Network 與 PS Network 整合成一個單一的All-IP網路以支援所有網路應用服務。此種整合型 All-IP網路將以一個單一傳輸平台提供固定網路及行動網路上所有服務，包括語音、多媒體、資料等各類服務。推動此種趨勢的主要因素如下：

- 電信自由化的浪潮，刺激網路的大量建設、新技術的加速引進、與新服務的提供。
- 光纖技術的進步，使得以 DWDM 技術為基礎的高容量光纖可輕易的取代銅線網路，長途頻寬的供應大幅增加，價格降低。
- 近年來網際網路的蓬勃發展，刺激大量多媒體網路資訊的流通，使得頻寬需求大幅增加，網路的應用多樣化，對品質的要求亦隨之複雜化。
- 網際網路在全球蓬勃發展，間接使得IP 技術變成全球網路的共同標準。
- VoIP 技術的發展，使得 packet switched 網路可以支援語音與即時影像的服務。

為了打破以往各製造商設備不能完全互通的問題， All-IP Network將採用全球統一開放標準，而IP 通訊協定正因為網際網路在全球蓬勃發展而成為唯一的選擇。

5.2 NGN (Next Generation Network)定義

ITU-T Study Group 13 在 Recommendation Y.2001中對 NGN 所提出的定義如下：

"A packet-based network able to provide telecommunication services and able to make use of multiple broadband, QoS-enabled transport technologies, and in which service-related functions are independent from underlying transport-related technologies. It enables unfettered access for users to networks and to competing service providers and/or services of their choice. It supports generalized mobility which will allow consistent and ubiquitous provision of services to users."

由以上定義我們歸納出幾項重點：

1. 使用 PS Network 傳送所有訊號

毫無疑問的NGN已經決定使用All-IP Network 作為未來通訊網路的統一架構。

2. 服務層與傳輸層分離

傳統的CS網路使用封閉式的軟硬體架構，所有軟硬體都由同一家設備製造商提供，不同製造商的軟硬體並不相容，導致造價昂貴，不易開發新服務。電信業者除了架設實體網路之外，還負責提供所有服務（例如電話）。NGN 的此項目標即是要改革此項限制。實體網路建設與服務建設可以分開經營，換言之，有志於專門經營通訊服務而無力經營實體網路的業者都可以投入，不受軟硬體的限制，例如VoIP 業者即是如此。NGN 的目標還要更進一步讓目前的第一類電信業者的服務建設分離出來，使得獨立的服務提供商可以自行開發各種新服務並建置在各家實體網路業者的網路上。就像現在Internet 上的VoIP 業者可以獨立的運作。

3. 使用者可以自由選用服務提供者

這個目標的著眼點是要讓使用者可以自由選擇服務提供者，不受用戶迴路的限制。一般而言，使用者向某一家LEC 租用用戶迴路之後，其所有的通訊服務（例如長途電話或數據服務等）很自然的都會使用同一家公司所提供的服務，否則會非常不方便。電信自由化的目標中納入「平等接續」的概念，就是要讓使用者很方便的使用不同公司所提供的服務，促進公平競爭。NGN 所倡議的目標也包含了此項精神，不能因All-IP 網路的引進而犧牲了平等接續的特性。

4. 具有寬頻能力

由於未來的通訊需求包含多樣的多媒體通訊，All-IP Network 必須具備寬頻通訊的能力才能應付這些需求。

5. 具有彈性而且可以順利轉移服務的行動通訊能力

隨著世界快速的變動，使用者對於行動通訊需求越來越強，也越來越複雜，無線通訊技術也同樣的快速進步，行動使用者在外行動將會面臨各種各樣的無線電技術以及各種不同的行動網路，例如GSM, WCDMA, cdma2000, Wi-Fi, WiMAX 等。All-IP 網路必須能夠與這些網路相容，讓使用者可以任意運用各種行動網路。此外，在使用不同網路時，使用者的特定功能必須能不受切換行動網路的影響，此即所謂的「Service Mobility」。

6. 符合各國電信法

我們在先前的章節已經提過，作為電信服務業者，都必須在電信法的規範下進行，無法配合電信法的技術是不允許被採用的，試圖規避電信法的作法終將不能生存。（過去幾年，常有 VoIP 業者將 Phone-to-PC VoIP 業務的受阻歸罪於電信主管機關的打壓，這種說法並不足取。）

從ITU-U 的定義中顯示，All-IP網路已經是時勢所趨，而且蓬勃發展的網路電話也已經證明網路IP 化以經是不可擋的趨勢。

5.3 All-IP 網路 Physical Layer 架構

本地接取網路將稱為入口接取網路（Entrance Stub Network），遠端則稱為出口接取網路（Exit Stub Network）。所有核心網路的營運者利用 interconnection 鏈結相互連接成的網路，稱為骨幹網路（Backbone Network）。當傳送一個封包

到其他網路時，將先從入口接取網路出發，經過數個核心網路（骨幹網路）後，最後送到出口接取網路。核心網路中連接接取網路的邊緣路由器（edge router），稱為邊界入口閘道器（Border Gateway，BG），在接取網路與核心網路間執行閘道器的功能。以提供服務品質保證的目的而言，邊界入口閘道器也需要執行允入控制（Admission control）。另一方面，接取網路連接核心網路的邊緣路由器，稱為接取閘道器（Access Gateway，AG）。為簡化起見，我們假設每一個接取網路只接上一個核心網路。當然實際上為了可靠度等原因，一個接取網路可以接上數個核心網路，我們的解決方案只需做小幅度的修改即可適用。核心網路互連之路由器則稱為Inter-Domain Gateway。圖5.1 為簡化之All IP網路架構。

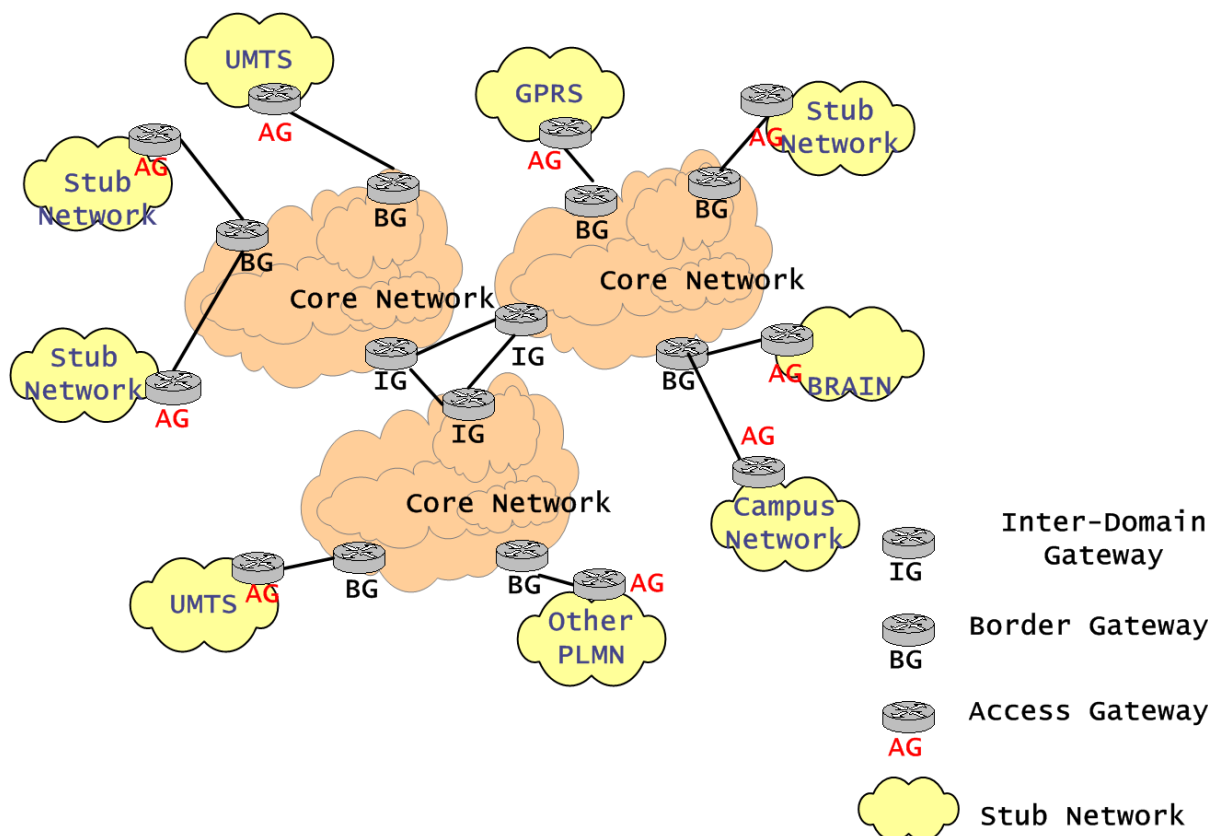


圖5.1 簡化之All IP網路 Physical Layer 架構

5.4 新型跨網路服務

此種革命性的整合型 All-IP 網路不但可以降低建置成本、營運管理成本，更重要者，可以提供一個新的服務平台，開創了跨網路通訊（例如電腦與電話的結合）的一片天。

（在傳統的網路服務架構中，data communications service 與 telecommunication service 是分由 PS Network 與 CS Network 分別提供，跨 data communication 與 telecommunication 的服務有建置上的困難。）

舉例而言，當我們用傳統的電話撥接上網，連上某家公司的網頁，若要用網頁上所提供的聯絡電話與該公司聯絡時，必須將電話掛斷，或使用另一部電話，而不能直接在網頁上所提示的電話號碼直接點下去就由同一個電話線自動接通到該電

話，這就是因為同一條電話線只能提供一個語音服務的緣故，即使用戶是使用 ISDN 或 ADSL 這種多電路的設備，也因為網路並未整合，無法實現此種理想的服務。當整合型 All-IP 網路建置成之後，此類的服務將變為可能。例如最近剛發表的 MSN 就能讓使用者一面使用 Instant Message 一面啟動網路電話交談功能。Skype 3.0 也已經開啟了此項功能。整合型 All-IP 網路無論在品質控制、新服務之設計支援、提供跨網路應用服務之能力、降低營運成本上都有很高的潛力超越傳統的分離式網路，表 5.1 是簡單的比較：

表 5.1 PSTN、Internet VoIP、及 All-IP Network 之能力比較

	PSTN/IN	Internet	All-IP Network
Multimedia services	No	Yes	Yes
QoS-enabled	Yes (voice)	No	Yes
Network intelligence	Yes	No	Yes
Intelligent CPE	No	Yes	Yes
Underlying transport network	Circuit switching	Packet Switching	Packet Switching
Service architecture	Semi-distinct	Ad hoc	Distinct
Integrated control and management	No	Yes	Yes
Service reliability	High	Low	High
Service creation	Complex	Ad-hoc	Systematic
Ease of use of services	Medium	High	High
Evolvability/modularity	Low	Medium	High
Time to market of services	Long	Short	Short
Architecture openness	Low	High	High

我們試舉一些跨網路的新型服務為例：

轉接網路化(超連結轉接)

在傳統的電信網路架構下，當有人打電話到某大公司總機而事先不知受話者之分機號碼時，總機值機員必須以人工方式查詢受話者分機號碼，才能幫忙轉接，同樣的，如果打錯分機號碼，而受話者要幫忙轉接到正確的受話者時，也必須以人工方式查詢受話者分機號碼，轉接過程耗時費力嚴重影響效率。現在雖然有自動總機的設備可以以語音方式將部分分機號碼提供給發話者，由發話者自行查詢，如此可以省下受話公司的人工轉接成本，但是自動總機系統對發話者卻造成更大的負擔，整體電信系統的親和力反而大幅倒退，轉接程序尚有大幅改進的空間。

在新型跨網路的網路架構下，發話端 CPE 除了傳統電話機之外，也可能是具有接收 http/www/WAP 網頁資訊的 PDA 或 電腦，我們可以在收話端（總機）裝設自動偵測發話端 CPE 基本能力之機制，如果偵測到 CPE 具有接收 http/www/WAP 網頁資訊的能力，我們可以在收話端自動將來電轉接到網頁電話簿上，由使用者以瀏覽網頁的方式尋找受話者的電話，更進一步的，最好可以直接在網頁上展示分機號碼的地方，用 mouse 按一下，便可以將電話轉接到受話端。受話總機或 104

查號台也可配備類似設備供值機員以網頁的形式查詢電話並直接轉接，以備當發話端CPE沒有接收網頁的功能時，可以提供幫助。

6. 聲音與IP封包之轉換

本章說明聲音與IP封包之轉換技術。聲音轉換包括幾個重要步驟，A2D Conversion、編碼(CODEC)、及包裝成封包(packetization)。負責聲音轉換成封包的設備於 PC-to-PC 及 PC-to-Phone 的情況下，是使用者的電腦負責執行的。於Phone-to-PC 或 Phone-to-Phone (All-IP Network 可以支援Phone-to-Phone模式)的情況下，這個轉換工作由電話機連上的上車gateway負責執行。讀者可以自行推論得到封包轉換為聲音的工作在那個設備上執行。

6.1 Analog-to-Digital and Digital-to-Analog Conversion

外界聲音由Mic 收進來之後，首先變成Analog 電子訊號，之後利用 A2D (Analog-to-Digital Converter) 轉成數位訊號，通常是符合 ITU-T G.711 標準的PCM (Pulse-Code-Modulation) 編碼。G.711 標準使用8000 samples/sec 取樣頻率，並用 8 bits/sample 編碼，得到的是 64Kbps 數位訊號。在VoIP 未出現之前，這樣的Codec 在通訊界已經流傳多年。反向的轉換工作稱做 D2A (Digital-to-Analog) Conversion。

如果是用在語音通訊中，A2D conversion 之後必須進行幾個重要動作，回音消除及按鍵音偵測 (tone detection)、必要時可以做靜音消除。

(A) 回音消除

所謂的「回音」是發話者在經過一段延遲時間之後聽到自己所發出的聲音。一般在室內也會有回音，但是回音時間太短，說話者自己沒有感覺，如果回音時間恰當，形成正迴授，(回音與原音疊加在一起)對聲音將有加強之效果，例如在浴室唱歌聲音特別好聽，在音樂廳唱歌，聲音可以經由後面的回音壁放大，就是這個原理。

如果回音的延遲時間太長，發話者可以清楚的感覺到自己發出的聲音，那就會形成干擾，在設計不良的大禮堂內的聲音，無論講者或聽者都會聽到多次回音，那就是聲音在各牆壁間來回反射形成多次回音，而偏偏每個回音的延遲時間都很長，造成很糟糕的環境。禮堂裡面人多的時候，人體會吸收聲音，回音就比空曠的禮堂小很多。

電話之任何一端的聲音由話筒或Mic 收進來之後無論以何種方式送達另一端之後都會產生回音，而因為距離太長或網路延遲之故，回音時間太長會對使用者產生干擾，必須消除方能維持通話品質。

受話端如果使用傳統電話機，電話機體本身是很好的傳音導體，聽筒送出來的聲音會循著機體傳到話筒，回傳到發話者的聽筒，造成回音，如圖6.1 所示。

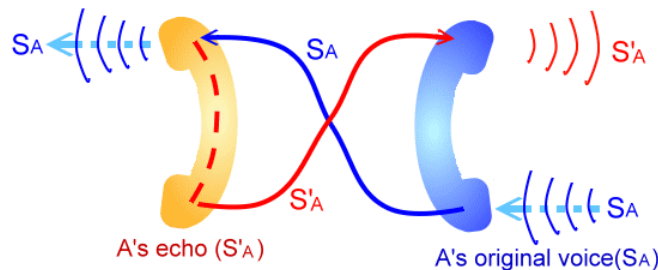


圖6.1 回音在電話機Handset 上產生

一般的電話系統(交換機上)有針對這種情況所特製的回音消除電路，所以通話品質不受回音干擾。如圖6.2, 6.3所示，在接收端加入echo canceler，根據當時輸出訊號的狀況，將接收到的聲音反向並經過調節濾波 (Adaptation Filter)，與回音互相抵銷，藉以達到消除回音的目的。

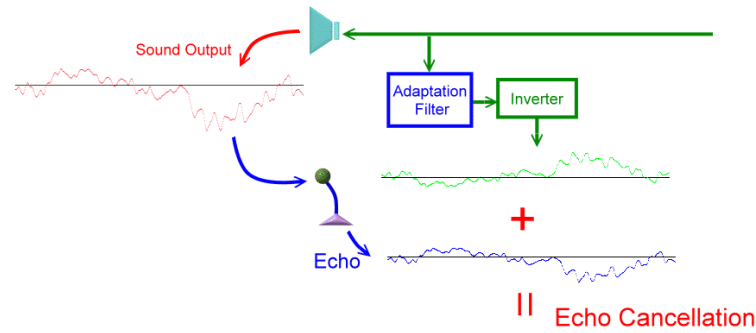


圖6.2 回音消除原理

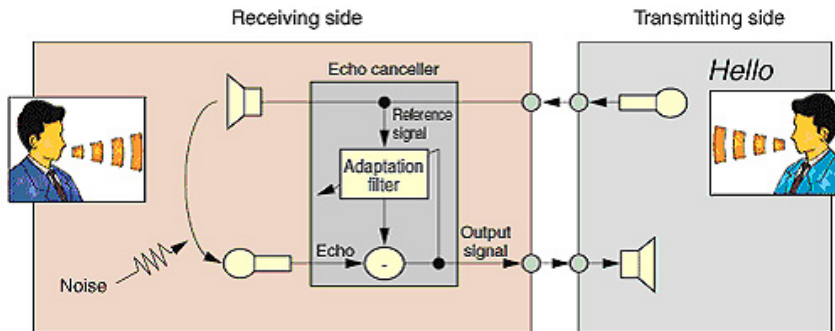


圖6.3 回音消除電路

如果是用Mic 及喇叭作為收放音的裝置時，如果喇叭發出的聲音不小心進入Mic 的話，將會產生很嚴重的回音，因為針對電話系統的回音消除演算法不是針對這種情況所設計的，VoIP 的封包延遲比傳統電話的延遲大很多，傳統電話的回音消除演算法用於VoIP時效果也不佳，必須另行設計。

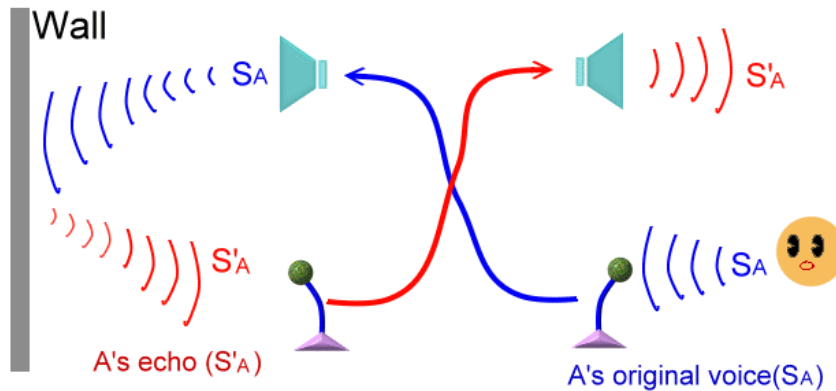


圖6.4 VoIP 產生回音的方式

(B) 按鍵音偵測(tone detection)

早期的自動交換機接受on/off 的脈波式撥接信號，後來有了電子交換機及按鍵式電話，電子交換機即使在通話中也必須能偵測到按鍵的聲音，（如此才可以在通話中利用按鍵下指令操作某些功能）。當發話端是電話時，上車gateway 應該具備偵測按鍵音的功能，當發話端是電腦時則不一定需要這個功能。 All-IP Network 預期使用者是使用傳統電話機，因此必須具備這個功能。

(C) 靜音消除

人在使用電話交談時，通常不會同時發話，總是一來一回的對話，因此平均有一半的時間沒有發話，這些靜音時間的訊號如果能在發話端偵測出來並消除掉，將可節省可觀的頻寬，尤其是在會議電話中，大部分時間只有一個人發話，靜音時間特別多，可節省更多的頻寬。

6.2 編碼 (CODEC)

A2D Converter 所產生的PCM 訊號接者送給編碼器(CODEC)進行編碼。VoIP 所用的編碼通常加入壓縮的動作以減少頻寬的消耗。CODEC 的效能是影響VoIP品質及效能的重要關鍵因素，值得大力研究。壓縮的執行，必須從音訊串流中，取得一段段的資訊再進行壓縮，再輸出一段段壓縮過的資訊。資訊的取得稱為 *sampling*，而一段段的資訊稱為 *frame*，而 *sampling* 的時間，免不了的成為封包延遲時間的一部份。

一個frame 通常包含 10ms 至 30ms 的訊號，其大小則依不同的編碼標準有所不同。如以沒有壓縮的 G.711 編碼而言，10ms 訊號含有80 bytes 資料。如以有壓縮功能的G.729a 而言，10ms 訊號只含有10 bytes資料，壓縮比是八倍。這裡特別提醒，有壓縮的編碼標準需要比較長的時間，會造成比較長的延遲時間。

表6.1 是幾個比較有名的編碼標準的參數。

表6.1 編碼標準參數

Codec	Bandwidth	Packet Delay (ms)
G.711	64kbps	1.0
G.723	6.4 Kbps	67.5
G.729a	8 Kbps	25.0
iLBC	13.3/15 Kbps	30/20

ITU-T G. 729

ITU-T G. 729語音壓縮標準技術利用 Conjugate-Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction (CS-ACELP)演算法所發展出來的技術，其所用語音 frame 為10ms，所以每一 frame 有80個取樣值(80 bytes)。在每10ms的時間內，語音訊號會被分析，並利用CELP演算法，取出其特性參數，然後編碼成80 bits 的 frame，裡面含有代表那段時域訊號對應於CELP的參數，壓縮比為8:1。通常會將 2 或 3 個frame 封裝在一個封包內，以增加傳輸效率（但增加了延遲時間）。

G. 729語音壓縮標準的應用非常廣泛，如VoIP網路閘道、IP電話、視訊會議和電話會議等。ITU當初制定G. 729語音壓縮標準時，為了使其具有低位元率、高音質、卻又低複雜度的特性，在G. 729演算法中運用了相當多的專利技術，其中大部分的專利為國際各大主要電信業廠商所持有，這些公司包括法國電信(France Telecom)、Universite de Sherbrooke及日本電報電話公司(NTT)。它們於1998年3月組織了G. 729專利聯盟，並委由Sipro Lab Telecom公司作為此聯盟的代表，負責處理各專利授權問題。業者必須事先獲得相關專利授權許可，方能合法使用生產ITU-T G. 729相關產品。

iLBC

iLBC (internet Low Bitrate Codec) 是一種免授權的編碼標準。iLBC在有封包遺失的條件下的其性能明顯優於 G. 723、G. 728、G. 729、GSM等標準編碼。

iLBC是為專為提供穩健的IP語音通訊而開發的語音編碼，使用8kHz的取樣率。iLBC編解碼器支持兩種frame size，在13.3kbps位元率下編碼的 frame size 為30ms，而15.2kbps 位元率下編碼的 frame size 則為20ms。

使用iLBC編碼的封包可以獨立解碼，IP封包丟時，聲音的損失只侷限在丟失的封包上，不會影響其他封包的解碼，因此iLBC抗封包遺失的能力高於其他編碼標準。

Frame Size

表6.2 Frame Size

Sampling Freq	8000 Samples/Sec
Bits Per Sample	8 bits
Bits Per Second	64 Kbps
G.729 Frame Size (ms)	10ms
G.729 Frame Size (bytes)	80 bytes
G.729 Frame Size (bytes)	10 bytes
iLBC Frame Size (ms)	20/30ms
iLBC Frame Size (bytes)	160/240 bytes
iLBC Frame Size (bytes)	30/40 bytes

6.3 Packetization

編碼完成後，CODEC 輸出為一段一段經過壓縮的frame，這些 frame 必須加上header 一層層包裝成IP 封包才能送到 IP 網路上，再轉送到目的地。包裝時，先由RTP模組將frame 包裝成RTP封包，再由UDP模組包裝成UDP 封包，最後再包裝成 IP 封包。IP 封包內含有目的地的IP 位址，送到IP網路中時，才能根據IP位址轉送到目的地。到了目的地解開IP 封包之後，交由 UDP 接收模組解開，最後再由RTP接收模組解開得到frame。Frame 的內容取出後，由Codec解碼得到 PCM 語音碼，最後由音效卡裡的 D2A (digital-to-analog) converter 轉換得回語音訊號。

(A) Frames to Packets

Frame 經過層層包裝之後，變成包裝很厚但內容很少的封包，非常的不經濟，浪費太多頻寬，最好可以將數個frame 包裝在一起，比較節省頻寬，但如此一來會延遲太多時間。試想，如果我們將一整句話的 frame 全部放進封包，那就得等一整句話說完之後，才能進行包裝，再加上網路的延遲時間，那總延遲時間將會非常可觀。因此，一個封包內不能放太多frame。就iLBC 編碼而言，無論是20ms還是30ms 的frame，都只適合放一個frame。而其他使用10ms frame 的編碼，則放2或3個frame，可將等待封裝的時間限制在20ms 或30ms 之內。

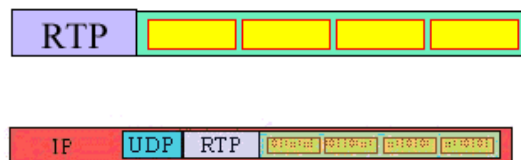


圖6.5 包有RTP/UDP/IP header 的封包

RTP 的 header 佔用12 bytes，裡面含有序號及timestamp，如果沒有這些資訊，所收到的UDP封包可能是亂序的。而UDP header 佔用8 bytes，裡面含有兩個端點的socket編號。IP header 則佔用20 bytes，三個header 共佔用 40 bytes。

表6.3 Header Size

Protocol	Size (bytes)
RTP	12
UDP	8
IP	20
Total	40

(B) IP Addressing

VoIP 封包透過 PS Network傳遞到目的地端的某一個 IP 設備。如果目的地端是擁有IP 的電腦 (PC-to-PC 或 Phone-to-PC)，則封包直接送到該電腦上，如果是電話(PC-to-Phone 或 Phone-to-Phone) 則封包就送到下車 gateway。接收IP 封包的設備的IP 位址必須填入 IP 封包內，所以當發話端撥一個電話號碼時，必須透過一個位址伺服器找出對應該電話號碼的IP 位址 (電腦或gateway)。例如：電話號碼 070-2345-6789 對應到 IP 位址 192.128.100.2。

參考文獻

1. U.S. Patent 5664055 , " CS-ACELP speech compression system with adaptive pitch prediction filter gain based on a measure of periodicity", <http://www.freepatentsonline.com/5664055.html>.
2. G.729, <http://www.itu.int/rec/T-REC-G.729/e>
3. iLBC, <http://www.vocal.com/ilbc.html>
4. Echo Cancellation, http://en.wikipedia.org/wiki/Echo_cancellation
5. Echo Cancellation, 相關網站：
<http://www2.okisemi.com/site/products/catalog/telecomics/echocancellers/EchoCancellerDesign.html>

7. VoIP 與 All-IP Network 之功能架構

目前已經有許多VoIP及All-IP 網路之功能架構出現，各不相同，PC-to-PC, PC-to-Phone, Phone-to-PC, SIP, 3GPP, IMS 等各有各的繁複架構，除非是資深的專家，否則很難有深刻的認識，對於初學者更是一道難以跨過的門檻。本章先由通訊系統最基本的功能提取出來，再介紹一個抽象的功能架構，讀者可以根據這個抽象架構衍伸出各種不同的實際架構。

7.1 基本功能模組

7.1.1 MGW (Media Gateway)

MGW 作為 Gateway 負責在傳統網路與封包網路之間轉換語音訊號與控制信號。控制信號包括 on-hook, off-hook, dial-tone, dialed-digits, busy-tone, ring-back-tone等。如果是與 Trunk 介接，此外，還需要負責轉換所撥電話號碼及IP地址。

7.1.2 SGW (Signaling Gateway)

傳統電信網路非常依賴信號網路(Signaling Network)傳遞很多控制信號，除此之外，很多先進服務機能(feature)需要依靠 Signaling Network 才能獲得 Intelligent Network的支援，最風行的信號協定是 SS7 協定，VoIP 系統如果要能獲得 Intelligent Network 的支援或利用其信號網路則必須建置一個 Signaling Gateway才能讓搭載在IP 封包上的控制信號透過 Signaling Gateway 上下車到 SS7 網路上。否則，VoIP只能做做簡單的 POTS (Plain Old Telephone Service) call。

7.1.3 CSCF (Call State Control Function, Call Session Control Function)

一通電話從拿起電話開始直到掛斷結束，交換機都負責處理，稱為 call processing，通常以 Finite State Machine (FSM) 來表達一個服務機能的細部動作 (behavior)，而call processing 也由相應的 FSM 來控制。在近年的各種新電信技術中，都以CSCF 來定義 call processing 這個角色。而 CSCF 的全名有兩種說法 Call State Control Function 或 Call Session Control Function。

7.1.4 其他

除了上述幾個基本功能之外，還有其他許多功能，例如記帳或多媒體功能等。

7.2 功能架構

配置上述基本功能的軟硬體架構，隨著VoIP環境的不同而有不同。在最簡單的 PC-to-PC 而言，沒有 SGW，而 MGW 及 CSCF 都建置在收發兩端的電腦內。而在 SIP 的架構中，MGW 及 CSCF 則包含在 User Agent 中，而這User Agent 則可能建置在電腦上，或Residential Gateway 上。SIP 如果要能與PSTN 互連，且獲得 Intelligent Network 的支援，則必須建置 SGW。以上這兩種 PC Based VoIP 的架構都沒有 SGW 所以無法在與 PSTN 介接時，只能進行 POTS 的互通，無法支援先進的服務機能，例如「話中插撥」(Call Waiting) 就必須透過 SGW 獲得 Signaling Network 傳遞信號。在第二章曾有闡明 VoIP 與 PSTN 互連的限制。

從2000年初期開始，電信業界所提出要取代 Circuit-Switched PSTN 網路的各種VoIP架構就比較完整，比較風行的抽象架構是 All-IP 網路，而3GPP (Third Generation Partner Project) 所提出的架構則是實現 All-IP 網路的一個實例。我們以圖 7.1 說明 All-IP 網路的抽象架構並以圖 7.2 的而3GPP R5 架構作為實例供讀者參考。

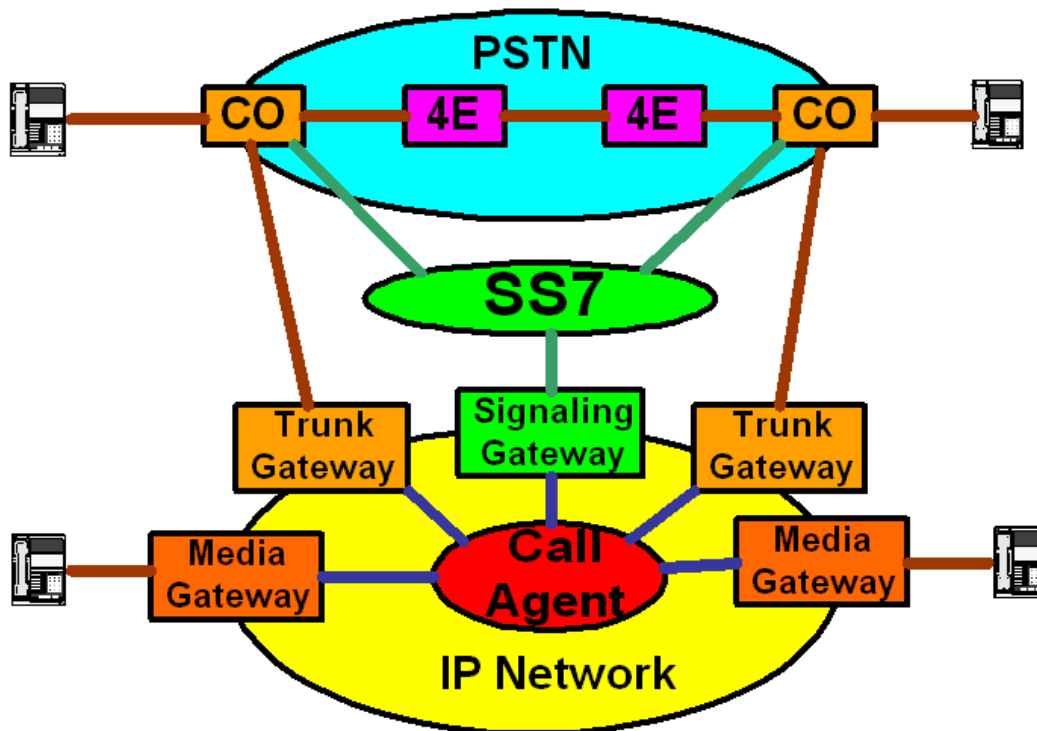


圖7.1 All-IP 網路抽象架構

在圖7.1 中，上半部是傳統PSTN網路，下半部是IP網路，各種VoIP 的設備是架設在 IP 網路上，可供連在IP網路上或 PSTN網路上的電話用戶彼此通話。讓使用者的傳統電話機連接到IP網路的是 **Media Gateway**，在 Media Gateway 中必含有 MGW 功能模組，也可能含有 CSCF 功能模組負責處理基本的呼叫及受話功能 (basic call processing)。在傳統的電話系統中，電話的呼叫與受話處理都在昂貴的交換機 (俗稱 TDM 交換機) 上處理，此因傳統電話機本身僅是一個非常簡單的設備，遠遠不足以承擔執行CSCF 的重任。但是現今功能強大的電子資訊設備價格已經非常低廉，即便 Media Gateway 是置於使用者家中，亦可以含有 CSCF 功能模組，如此可以分散 CSCF 的負載。

Trunk Gateway 負責介接 VoIP 與 PSTN 使得雙方的電話機可以通話。Trunk Gateway 也必須含有 MGW 功能模組，其實 Trunk Gateway 也是一種特殊的 Media Gateway。

Signaling Gateway 負責介接 VoIP 與 PSTN 的信號網路使得雙方可以交換控制信號，Signaling Gateway 含有 SGW 功能模組。

All-IP 網路的心臟，**Call Agent** 含有CSCF 負責處理所有的通話。承擔傳統交換機的call processing 功能。除了basic call processing 的功能可能被 Media Gateway 分擔之外，其他的 call processing 功能都在 Call Agent 中執行。在工業界已經有很多新興公司在設計 Call Agent，通常以 Soft Switch 作為產品名稱。可惜獨木難撐大廈，All-IP 網路進展很慢，許多此類公司紛紛不支倒地。

傳統之 TDM 交換機為了維持99.999%的高可靠度，必須特製各種軟硬體，以致價格異常昂貴。在All-IP網路架構中，TDM 交換機的很多功能已經分散到許多元件上，留在 Call Agent (Soft Switch) 裡的功能大為減少，再加上，Soft Switch 可以採用市售的高可靠度電腦 (High-Available Computer) 可以用遠低於TDM交換機的價格得到相同的可靠度。

All-IP 網路的運作原理，與第二章的 VoIP 運作原理類似，Trunk Gateway 即是俗稱的上下車設備。讀者可輕易從中瞭解All-IP 網路的運作原理。

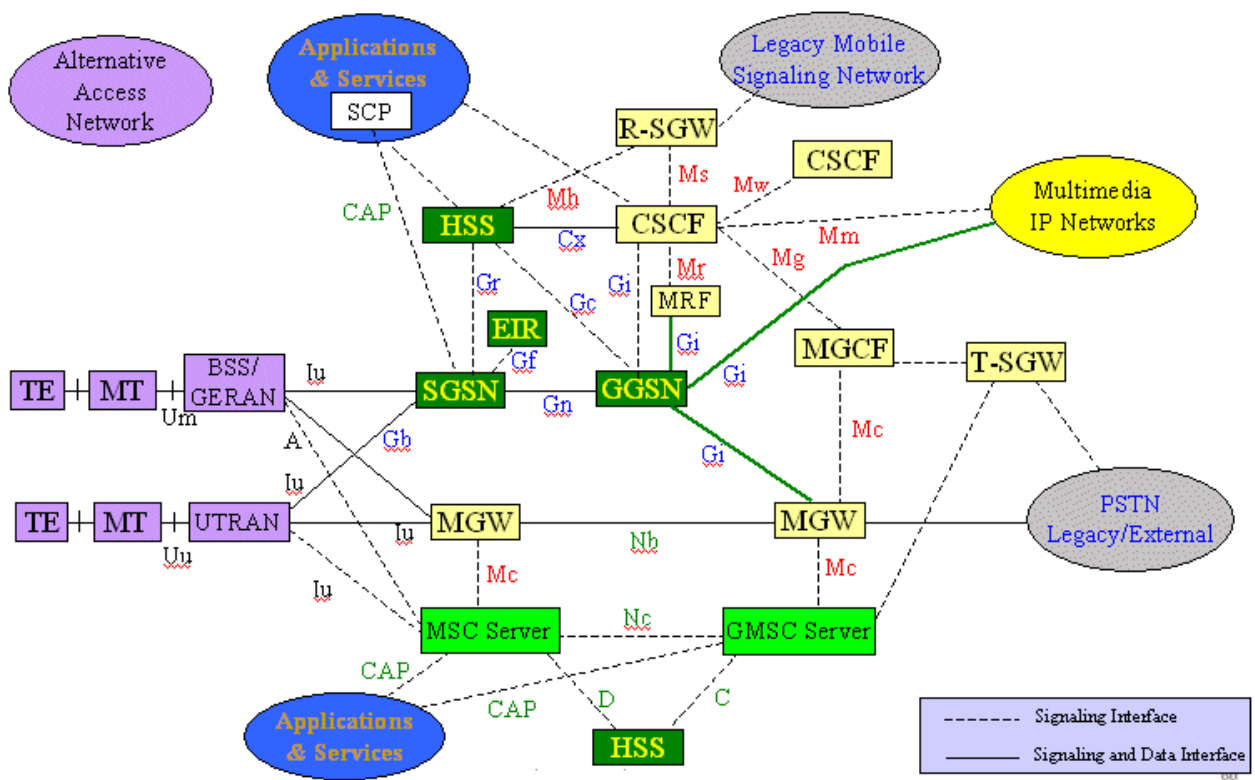


圖7.2 3GPP Release 5 架構

8. SIP: The Protocol and the Application

摘要

SIP已經成為VoIP的主要通訊協定，其相關研究及通訊標準，日益蓬勃。本章主要探討 SIP的協定內容，了解其成為主要信令控制協定的原因，並進而探討為了和現有的PSTN公眾網路銜接而制定的SIP延伸協定：SIP-T、SIP-I，比較其優缺點。

本章也探討了SIP 的一個重要應用，IMS多媒體子系統。IMS除了已經是成為行動電話中packet switching domain的標準之外，許多後續的應用服務及技術發展，以及標準的制定，都把IMS當成一個重要的核心技術。

8.1 前言

在以IP為主的通訊網路中，若要提供一個任何點對點之間的連線，一個通用的信令控制協議是非常重要的。SIP(Session Initiation Protocol)原本只是其中的一種通訊協定，但隨著他的一些特性，使得他無論在通用性或是擴充性上面，都使這個些協定比起其他隊等的協定來得更為人接受與用來發展更為擴展的應用。所以從協定本身的了解到其延伸，並且進而了解其相關應用的發展，甚或評估他對未來應用的影響，這些都是非常重要且值得探導的課題。本篇就以這樣的思路，對從SIP為開始，進而其延伸和應用，到最後IP-based網路和這些應用的一些發展，作一些粗淺的描述。

8.2 SIP及其延伸

SIP(Session Initiation Protocol)通訊協定主要是作為一個或多個使用者在網路上建立、修改、維護和終止會談的通訊使用。是屬於應用層 (application layer)的一種通訊協定。然而SIP為了拓展應用範圍，勢必需要考慮與其他現有通信網路協議之間的溝通性，因而有人制定了SIP的延伸協議。這些協議擴大了SIP應用的範圍，使得SIP成為一個以IP-base下一代通訊網路的中心關鍵技術。

8.2.1 SIP

在VoIP的服務裡，至少須包含兩個部分的通訊協定，第一個部分是呼叫控制協定，另一個是媒體傳輸協定(包含媒體控制和及時傳輸控制)，當然還有其他業務和維護的協定。其中呼叫控制協定有許多不同的選擇，最主流的就屬H. 323和SIP。H. 323是由ITU-T這個組織的研究小組所制定的，但由於H. 323過於複雜，協定中的命令與訊息都是由二進位碼所組成，且又以ASN.1這種需要產生代碼生成器進行語法分析編碼原則來壓縮處理，實行(implement)起來非常困難，使得相對較為簡易、開放的SIP協定得以受到越來越多的重視。

8.2.2 SIP的特點：

SIP已為IETF組織接受，定義於RFC2543，最後的版本被定義於RFC3261。SIP的特點如下：

1. **簡單**：SIP的通訊模式與 HTTP通訊協定的類似，採用請求(request)/回應(response)的模式，提供數種的要求命令(command)和回應代碼(status code)，並配合夾帶檔頭欄位(header fields)訊息和通訊內容 (content)，來完成呼叫控制。
2. **以文字為主**：類似HTTP的作法，將協定的訊息以文字 (Text)表達並使用標準的字元編碼，如ASC-II或UTF-8。使用文字模式有幾種好處，首先是容易實作，特別是容易進行偵錯(debug)；再者是擴充性較佳，增加額外的訊息不需要大幅更動原有的解析程式。
3. **與傳輸層分離**：SIP在傳輸層之上運作，可以提升網路傳輸的適應性和支援性，例如在封包漏失較為嚴重的網路環境中使用TCP連線，而在較好的環境中就使用UDP。
4. **支援移動性**：SIP在制定時，就將支援移動性納入考量，使得無論在呼叫階段或是交談過程中，都可以藉由轉送或是重新邀請 (re-invite)的方式來維繫會談session。

較早被運用於VoIP 的通訊協定是H. 323，但H. 323 並非為了VoIP而設計的，因此在支援VoIP有許多缺陷。反觀 SIP 卻是專為VoIP而設計的，因此比SIP 有許多顯著的優點。

表8.1 SIP 與 H. 323 的比較

通訊協定	H. 323	SIP
發展時間	較早	較晚
開發動機	節省電話費	彌補 H.323、MGCP缺點
技術差異性	H.323為較老舊的網路電話協定，雖然已升級到第六版,但仍舊建構在舊有的技術之上	SIP為最新的VoIP通訊協定，開發起因為改善舊有技術的瓶頸和缺點
廠商進入門檻	低	較高
語音話質	較差	有品質控管機制來確保話質，較優
對公司原有網路的影響	會將網路速度減慢 50%，且對網路頻寬要求較多	可支援網路環境下各種不同 IP型態，頻寬要求較小
系統當機時	所有安裝客戶均無法相互通話	客戶通話完全不受影響，一樣繼續保持暢通
容量限制	約僅能支援 300-500個客戶	無容量限制，可以無上限地擴充
相容性	較難與以後微軟所推的 SIP新協定相通	可以和 H.323、MGCP協定相通，無被排擠的窘境

8.3 SIP的架構

SIP最主要的任務在於建立、維繫及管理會談(session)，建立會談的第一步是要找到受話者的位址，然後呼叫受話者，受話者同意建立會談後再交換建立會談的一些重要約定訊息，協商之後便開是建立會談，讓雙方自行傳輸語音封包，然後再繼續管控會談過程，直到通話結束為止。這些動作都是標準傳統的呼叫過程，為了實現上述的運作，SIP定義了許多的元件。每一個元件皆具有特定的功能，而承載這些功能的硬體設備可有不同的安排。這些功能可以各自存在於不同的硬體設備，也可能數個功能共存於同一硬體設備上。

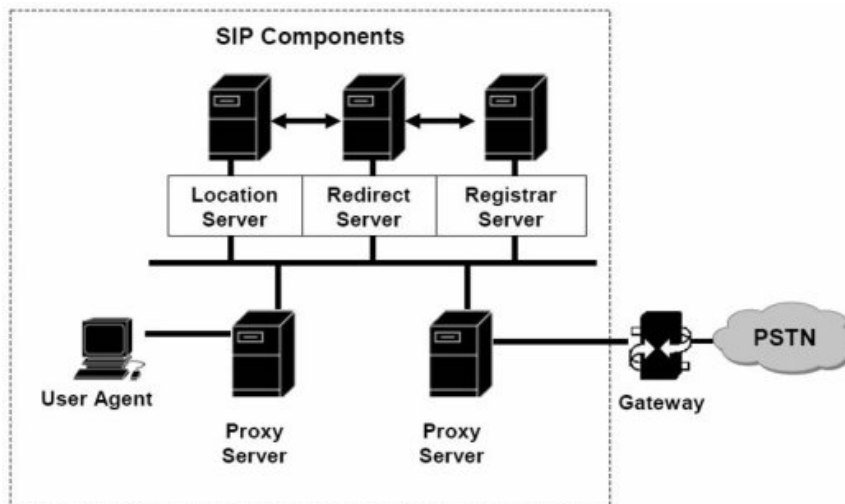


圖8.1 SIP 元件

四種基本的元件，包括：

User Agent

：簡稱UA，負責為CPE(終端設備)提供服務，又可細分為用戶端User Agent Client(UAC)和User Agent Server(UAS)，UAC 負責提出請求，UAS負責回應訊息。每一個SIP UA都可以扮演UAC 或UAS，服務呼叫者(Caller)的UA，執行UAC 的角色；反之，服務被呼叫(Callee)的UA則是 UAS。

Proxy Server :

代理伺服器是SIP運作時的中心，Proxy Server會將呼叫者的請求轉送到另外一端，所以它同時會扮演UAC和UAS。

Redirect Server :

Redirect Server用來實現邏輯位址和實體位址的分離，每個使用者擁有一個固定不變的邏輯位址，但實體位址可以隨意變動，每當使用者移動時，必須由UA負責向一個Redirect Server註冊，所以他人可以以被呼叫者的邏輯位址詢問Redirect Server獲知被呼叫者的實際位址。Redirect Server可以用來實現 Call Forward 這類功能。經由Redirect Server的運作，被呼叫端實際的位址可以在建立會談時被告知給呼叫端，與Proxy Server不同的是，Redirect Server不會轉送任何SIP訊息。

Registrar Server :

登錄伺服器，其目的為紀錄或更新用戶位址及狀態。當User Agent上線時，會先執行SIP的REGISTER命令，用以將目前UA的位址及狀態紀錄或更新，當有呼叫者提出會談的請求時，相關的其他元件就能順利的找到被呼叫端。每次UA登錄時都有一定的期限，UA必須在期限內重新註冊，否則相關的會期(Session)狀態，就無法維護，此設計讓SIP具有支援移動性的能力。

其他一些伺服器像是Location Server和Media Gateway等，雖然這些伺服器都不會處理跟SIP的訊息，但通常一個SIP的系統都會需要用到這些伺服器，才能建立完整的通話。

SIP的語法是以BNF規則所定義的，該語法規則非常類似HTTP的通訊協定，最基本的單位為SIP Message，Message是由三部分所組成：起始行(Start Line)、訊息表頭(Message Header)、訊息本體(Message Body)。而Message又分兩種：請求(Request)和回應(Response)。

Start Line :

以Request的訊息而言，在Start Line行以一個大寫的英文單字開頭，代表不同的功能，如INVITE、ACK、BYE、CANCEL、REGISTER、INFO和OPTION等方法。Response訊息則在Start Line以一個三位數的十進位回應碼(Status Code)開頭代表不同的回應訊息，如1XX表示一些進行中狀態的說明(Provisional)；2XX表示成功；3XX表示轉向(Redirect)的狀況；4XX表示請求端的錯誤(Client-Error)；5XX表示服務端的錯誤(Server-Error)；6XX表示一些全域性的錯誤(Global-Error)。

Message Header :

主要是用來說明Request和Response訊息的詳細資料。

Message Body :

則主要是傳遞會談描述協定(SDP)的訊息。

SIP在每次的會談中稱作交談(Dialog)。在Dialog中可能會包含許多訊息交易(Transaction)，所謂的Transaction就是由請求端發出請求命令到另一端回應的訊息被接收完畢為止。每個Transaction都會有個序號ID，用來辨識每個交易的順序及回應關係。

除了語法與物件的定義外，SIP也描述了幾種建立呼叫的模型，包括只包含兩個UA參與的直接呼叫(Direct Call)；和經過Proxy Server的代理呼叫(Proxy Call)、多重代理呼叫；透過Redirect Server的重定向呼叫(Redirect Call)。另外還有透過第三方的呼叫控制(3rd Party Call Control, 3PCC)，來完成像是REFER、CONFERENCE等應用。另外還有一些進階的功能，如一號多機、一機多號、請勿打擾(Do Not Disturb)、自動轉接(Call Forward)、自動回撥、呼叫保留和話中插接等功能不一而足。詳細的內容須參考IETF RFC 3261及相關的RFC文件。其他與SIP協定相關的網路協定還包括：

SDP :

會談描述協定。此協定主要是用來協商雙方建立多媒體資料封包通道(Traffic channel)之用。雙方會在邀請(Invite)訊息的三向交握 (hand-shake)過程中交換彼此可以使用的通訊方式及資料格式。

RTP :

即時傳輸協定。用於及時的資料傳遞，如語音影像資料。由於 VoIP所傳輸的多媒體資料大多及時性優先於資料的完整性，所以利用RTP的特性來編排、補償及傳遞這些資料內容，最為合適。

LDAP :

輕量級目錄訪問協定。此協議主要是讓SIP server用來與位址服務的伺服器(Location Server)溝通，已取得某個查詢目的正確位置。

8.4 SIP-T

為了讓VoIP的服務擴展，VoIP網路與現有網路(如公眾交換網路PSTN) 的互通性便為一個重要的議題。作為VoIP裡主要的通訊協定SIP，當然有必要加以延伸，以作為和其他網路連接的工具。SIP-T (SIP for Telephone)便是在此需求下而產生，被定義於IETF 3372。此協定當初由 IETF小組制定的原因是因為該小組是和制定SIP協定的同一組人，對SIP 的了解最深入，由他們來制定最合適不過，而且若是在制定過程中發現 SIP的不足時，還可以去修改原來SIP的協定。

SIP-T的目的是在於提供PSTN與IP網路之間，訊號轉譯與互相運作的一套機制，使得從兩端服務都能夠透過彼此連接。在SIP-T協定中定義了三種連接的方式，分別為

1. SIP Bridging :

就是由PSTN的用戶發起(origination)，中間經過以SIP 作協定的VoIP網路，再由PSTN網路終結(termination)。(Phone-to-Phone)。

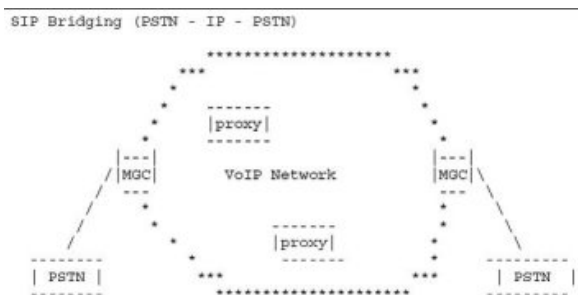


圖8.2 SIP in Bridging Mode

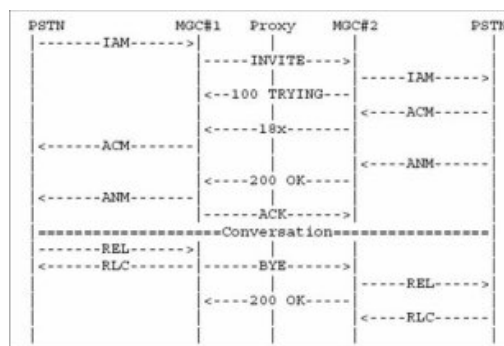


圖8.3 Call Flow of SIP in Bridging Mode

2. PSTN origination :

IP termination: 就是由PSTN的用戶發起，由IP網路的SIP用戶終結。(例如: Phone-to-PC VoIP)

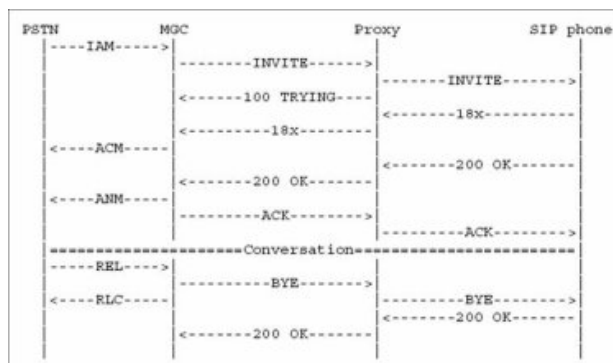
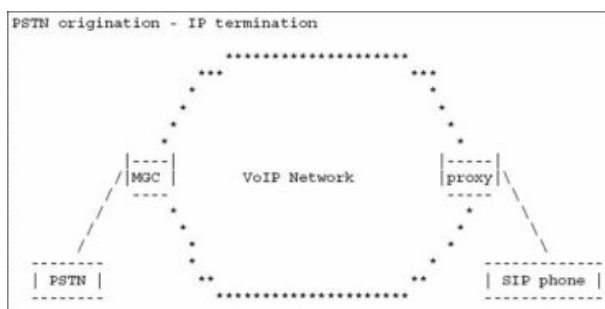


圖8.4 PSTN Origination Mode

圖8.5 Call Flow of PSTN Origination Mode

3. IP origination :

PSTN termination: 就是由IP網路的SIP用戶發起，由PSTN的用戶終結。(例如: PC-to-Phone VoIP)

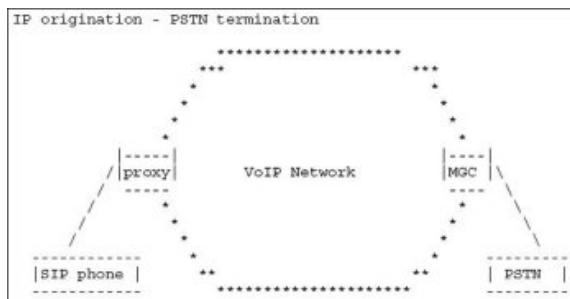


圖8.6 IP Origination Mode

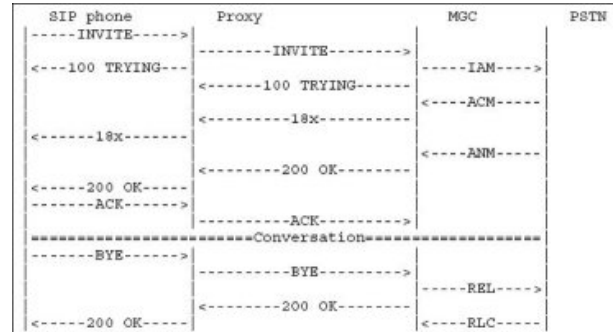


圖8.7 Call Flow of IP Origination Mode

三種呼叫的模型，其中最主要的整合工作就是在作SIP和ISUP(ISDN User Part)訊息的轉譯和傳送。ISUP為PSTN上面負責通話控制的信令協定，被定義於ITU-T的Q.761-Q.764。除了ISUP，SIP-T也支援在PBX(private branch exchanges)裡所使用的通訊協議QSIG，該協議為一種類比式的信令控制的協定。

為了增加對PSTN各方面的應用支援及與ISUP的互通性，SIP-T也提出兩種方法，分別為封裝(Encapsulating)與對應(Mapping)，分別定義於RFC3204與RFC3398。所謂的封裝就是將ISUP的訊息在進入SIP-ISUP 閘道時，會被完整的封裝起來，以確保所有與ISUP服務業務相關的資訊被複製進SIP網路而不致遺失。因為這些資訊需要以二進位碼的方式儲存，而且不定常對，所以SIP-T定義了使用Multipurpose Internet Mail Extensions(MIME) Multipart的方式封裝。以MIME的方式編碼就可以確保二進位碼的方式可以在以文字為主的SIP網路中傳送；而Multipart的語法則可以支援不定長度的資料裝載。而所謂的對應，就是將許多ISUP的一些服務，定義出對應的SIP訊息，以便讓SIP網路可以支援一些常用的呼叫服務，像是自動回覆、自動轉接、無人回應，呼叫取消等功能，藉著對應的SIP功能來完成服務。至於只在ISUP網路有效的服務，則只能藉由封裝將訊息載送到另一端的ISUP網路。

8.5 SIP-I

SIP-I又稱為SIP with encapsulated ISUP，此協定是由ITU-T的工作小組(ITU-TSG11)所制定，其內容包含Technical report TRQ.2815和 Recommendation Q.1912.5標準草案。其中TRQ.2815主要是定義SIP和Bearer Independent Call Control(BICC)協議或ISUP協議之間的互通技術需求、互通介面模型、互通單元(Interworking Unit, IWU)所應支援的能力等等。Q.1912.5則定義了SIP和BICC/ISUP的互通機制、訊息的對應及封裝，將這些功能完整地定義於互通單元裡(IWU)。所謂的互通單元就是執行各種介面節點之間的訊息交換，轉交或遞送訊息到SIP網路。在不同的網路之間的稱作Network-to-Network Interface(NNI)，這些介面都需要IWU來作為橋梁。

8.6 SIP-T 與SIP-I之間的比較

相較於SIP-I豐富的內容，SIP-T只有定義一些基本通訊功能的介面轉換，可以說相對的實用性低了很多。這些以互聯網起家的IETF技術人員所制定的標準，終究不比以傳統通訊本家的組織人員(ITU-T)鎖定義的標準。SIP-I協定不但沿用了許多IETF的標準，還在基本的呼叫服務之外，制定包括CLIP、CLIR等附屬業務間的互通；除了呼叫信令的互通，還考慮了資源預留、品質確保、媒體資訊轉換、與PSTN/3GPP等完整互通的問題。而且SIP-I所制定的協議，也比較清晰嚴謹，沒有像IETF許多協議較為彈性卻相對模糊的特性。這些因素使得目前以SIP-I較為各家營運商、電信商所接受，漸漸成為整合其他網路的核心協定。

8.7 IMS

IMS(IP Multimedia Subsystem)是由3GPP和3GPP2這兩個組織所制定，它是一個建構在封包交換網域(packet-switching domain)中的子系統，並以SIP為基礎來實行信令與會談管理的功能。

以3GPP為例，在3GPP R5之後便有了IMS的雛形，相關的需求及技術細節被定義在3GPP TS 22.228。在IMS裡定義了在IP網路裡及時語音多媒體傳輸服務會使用到的實體和程序，並用SIP來執行呼叫控制和交談管理的即時服務。在IMS架構中最重要實體(Entity)就是通話狀態控制功能(Call State Control Function, CSCF)，依據不同任務，這些CSCF又可區分為三種：服務通話狀態控制功能(Serving CSCF, S-CSCF)、代理通話狀態控制功能(Proxy CSCF, P-CSCF)、協詢通話狀態控制功能(Interrogating CSCF, I-CSCF)。

Serving CSCF :

主要是提供使用者會談控制服務，負責維護通訊狀態給已註冊的使用者，管理所有進行中的會談，並且執行相關功能，如註冊管理、SIP通訊控制管理及轉送SIP訊息、扮演SIP代理伺服器(Proxy Server)的功能以及其他像是通話明細紀錄(Call Detail Record, CDR)和服務相關之事件通知，另外S-CSCF也負責和其他應用伺服器(Application server)之間溝通的介面。

Proxy CSCF :

是手機與IMS的溝通的進入點，它的功能就是扮演接收及轉送手機發出SIP請求訊息的代理伺服器Proxy Server，此外它也包含一個決策控制功能(Policy Control Function, PCF)主要是用來決定GGSN應如何藉由底層通道來傳遞資料，P-CSCF也負責轉送註冊訊息或其他SIP訊息於手機和網路之間，在轉送過程中，也會視需要修改SIP訊息，其他功能還包括維護安全性資料、偵測緊急呼叫以及產生通話明細資料。

Interrogating CSCF :

這是一種非必要的功能，但其重要性卻仍不亞於其他種類的控制功能。舉凡核心網路內各伺服器之間，或是不同網域(Operator Network)之間伺服器的連接，都是靠I-CSCF來完成，I-CSCF扮演居中連絡的角色。當手機的SIP訊息被P-CSCF收到後，會先經由I-CSCF，I-CSCF會選擇一個S-CSCF來處理接下來的SIP訊息。

整個IMS是由這些CSCF再加上一些媒體開道器這些主要元件，並以各種不同的介面彼此連接，IMS的全貌如圖8.8：

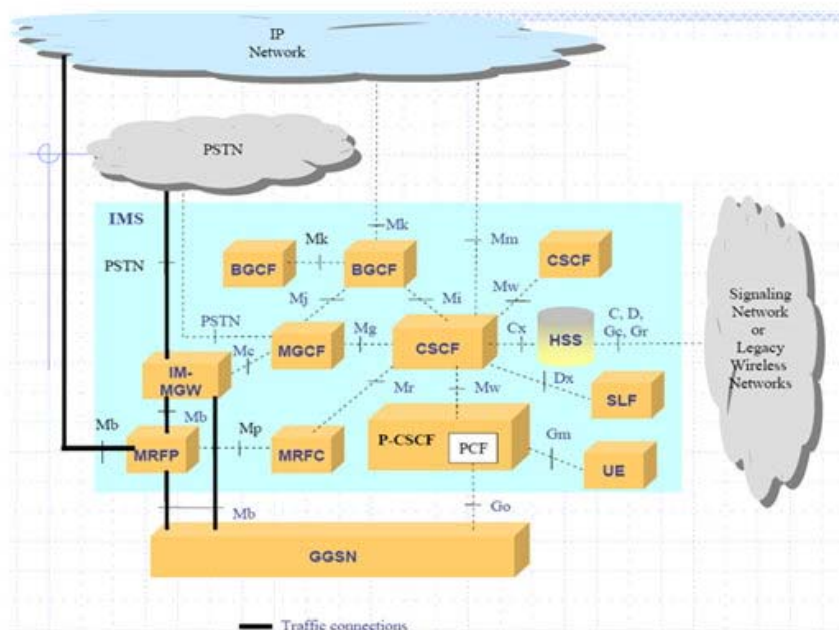


圖8.8 IMS 架構

其他在IMS裡的元件還包括：Media Gateway Control Function(MGCF)和IM Media Gateway(IM-MGW)，這兩個元件主要是分別擔負在PSTN和IMS或核心網路(Core Network)之間，信令控制和媒體資料傳送開道控制的功能。Multimedia Resource Function Processor(MRFP)則是負責各媒體串流資料的轉換處理。Multimedia Resource Function Controller(MRFC)負責轉譯各CSCF之間的SIP信令並控制MRFP中的媒體串流資源，MRFC也負責產生通話明細資料(CDR)。Breakout Gateway Control Function(BGCF)是一個IMS與外部網路的分界點，負責選擇IMS到PSTN之間信令傳送的出口位置。

這些元件彼此之間都會使用各個不同的介面來連接，這些介面大致可分為：信令和服務控制介面，包括CSCF和MGCF、BGCF、MRFC之間的界面，這些介面主要是傳遞SIP訊息用。媒體開道控制介面則是定義媒體開道的介面。還有像是與資訊伺服器(如HSS)之間的界面以及與外部網路連接的介面。

IMS藉由原來3GPP行動能力的架構，藉由Home network的HSS，手機透過IMS可以指定Home network的S-CSCF來提供SIP的服務，包括提供一個服務平台，讓其他所有的應用服務都可以在上面運作，如SIP相關的Application server、CAMEL service environment、OSA Application Server等。

當手機在IMS建立連線時，遵循SIP信令的程序，先向S-CSCF註冊，以便S-CSCF記錄手機位置，接著再由手機提出邀請(Invite)的訊息，透過P-CSCF及I-CSCF的連接，再由S-CSCF轉接到目的端的S-CSCF，再由I-CSCF、P-CSCF轉送至目的端的手機，之後便由此路徑完成信令的動作，再由其他的媒體開道器負責媒體串流的傳送或必要的轉換。由於IMS有良好的開放是界面的設計，使得它很容易成為其他服務的一個通用的平台，這使得接下來許多相關的服務都以IMS作為架構的基礎。

8.8 IMS 相關應用

使用IMS作為下一代通訊網路的核心架構，已經成為一種趨勢，許多通訊組織在制定NGN架構規範時，都確定以IMS為基礎來做為解決方案，如ITU-T的FGNGN和ETSI的TISPAN。這些組織都陸續於2003年之後開始進行關於IMS在控制與信令(control and signaling)、網路安全、網路服務品質(QoS)和行動管理能力等相關研究。以ETSI TISPAN為例，ETSI TISPAN提出的NGN架構中重用了IMS的網路架構作為其核心網子系統，並且盡可能重用IMS R6中的相關規範，並要求支援更多的接入方式，包括xDSL、WLAN、LAN、MAN等。

已經有許多的研究提出對於使用SIP/IMS作為IP-base通訊網路架構，其中相關的技術與問題探討或是一些價購方案。例如行動能力的規劃，提供一種seamless mobility的架構，來整合所有通用的連線通訊技術，以建立未來NGN的實現提出一種可能性。在Kalmanek等人所提出的無接縫式的行動服務架構中，基本上是一種能夠符合3GPP互連模式等級5(Interworking Level 5)需求的一種解決方案，在該架構中作者提出一些的構建區塊的模型(如圖6)，來建立一個無接縫式的行動服務。

在該模型中，整合所有可能的通訊技術，包括行動電話通訊、無線網路(Wi-Fi或WiMax)、IP網路、UMA(Unlicensed Mobile Access)等，透過一個無縫式行動中間層，提供上層的應用服務如IP Central Exchange、IP-PBX、VoIP等通訊服務。而這裡最重要的關鍵就是IMS，利用IMS的架構搭配一些元件，就可以提供類似中間層的一種服務平台。

為了達到這樣的目標，作在現有IMS的框架中作一些延伸，就是將一個智慧型網路應用伺服器來和SIP中的呼叫控制作整合，以便強化IMS能完全符合無縫式行動通訊的服務。整個架構的設計如圖7：

其中最重要的部分就是要整合各個不同無線的通訊技術，當移動端從手機網路到無線區域網路時，這個智慧型的行動伺服器(Mobility Server)必須要能偵測到，並且須通知IMS的核心(包含P-CSCF、S-CSCF、I-CSCF)，再由IMS提供通話延續性的相關服務，以保持通話的品質。而且這樣的服務除了語音的通訊服務外，也必須考慮其他的數據增值服務，當然也必須整合現有在公眾網路(PSTN)裡所提供的各種服務(如ISDN等等)。然而這樣的架構要能實際運作，還必須考量到許多因素，像是整個架構的延伸性(Scalability)，一旦網路的規模擴大，這個智慧型的行動伺服器必須能以分散式的架構來運作，另外一方面包括在提供無縫式的交遞時，對於品質服務QoS的控制與對應也必須同時考慮到。目前許多技術或相關標準都已在進行中，相信以技術的觀點，這樣的服務已經是越來越可行。

8.9 結論

從VoIP所發展出來的SIP，儼然成為IP-Base封包交換網路的一個重要的核心協定，而且陸陸續續被提出或被定義的延伸應用，也不斷地在發展，相信在不久的將來一個完整的下一代通訊網路(NGN)的雛形應該就可預見，這樣的網路將能整合目前所有的IP網路。但是雖然技術上可行，但還必須考量到真正能讓技術廣為應用的一些驅動的因素，像是各國的通訊相關法規、網路通訊營運商的商業模式等等，可能才是影響相關技術是否能成為符合一般應用的關鍵。

參考資料

1. J. Rosenberg et al., SIP: "Session Initiation Protocol," IETF RFC 3261, June 2002, work in progress.
2. A. Vemuri et al., "Session Initiation Protocol for Telephones (SIP-T): Context and Architectures", IETF RFC 3372, September 2002.
3. E. Zimmerer et al., "MIME media types for ISUP and QSIG Objects", IETF RFC 3204, December 2001.
4. G. Camarillo et al., "Integrated Services Digital Network (ISDN) User Part (ISUP) to Session Initiation Protocol (SIP) Mapping," IETF RFC 3398, November 2002.
5. SIP/IMS Standardization , <http://www.tech-invite.com>
6. Li Zhaowei, "Comparison of SIP-T and SIP-I," ZTE Technology, February 2005 Issue 63
7. Jyh-Cheng Chen and Tao Zhang, "IP-Based Next-Generation Wireless Networks: Systems, Architectures, and Protocols," New York :John Wiley, 2004
8. Charles Kalmanek et al., "A Network-Based Architecture for Seamless Mobility Services," IEEE Communication Mag., June 2006

9. 穿越防火牆技術

VoIP 剛推出之初期，受到各種因素之干擾，以致非常難用，需要經過繁複的設定才能使用。最常見到的是某一邊的使用者的電腦設定有問題導致單邊沒有聲音，因此收話發話兩端都必須是電腦高手才能順利進行雙方通話。另外一個很大的限制是，收話發話兩端都必須填入所用電腦的 IP 地址，才能讓兩方相連。對於在家中利用撥接或 ADSL 設備上網或在防火牆後面的使用者而言，這是一項難以達成的任務，無論使用者或電腦本身都難以輕易獲知其對外的 IP 位址。這種現象一直等到 Skype 推出之後才獲得大幅改善，大大提高了 VoIP 的可用度，使得一般的電腦使用者也可以很輕易的使用 VoIP。即使使用者是在防火牆之後，VoIP 也可以順利運作，這是歸功於「VoIP 穿越 NAT 防火牆」技術。

9.1 NAT 及防火牆之來源

NAT 是一種將內部 IP 與外部 IP 互相轉換之技術。其起源是因為 IPv4 位址稀少，而很多企業或網路公司在擁有少數 IP 地址而公司內部確有太多電腦時而採用共用 IP 的解決方法，讓一個 IP 地址給多個電腦使用。如今最常見的 IP 分享器或無線區域網路 Access Point 都有 NAT 的功能。使用者利用 ADSL 上網後，拿到一個 IP 地址，而 IP 分享器或 WLAN AP 則將一組專供內部使用的私有 IP，通常是 192.168.0.x，分配給所有內部電腦，內部每部電腦擁有一個 192.168.0.x 的 IP 位址，但 WLAN AP 對外卻只有一個由網路公司賦予的 IP 位址。通常 NAT 是將每一部電腦所用的 (IP, port number)，本文稱為 *內部位址*，對應到 (共用 IP, port number)，本文稱為 *外部位址*，而 NAT 負責將進出封包的表頭進行轉換使得內部電腦可以透通的與外部網路連線溝通。

企業使用防火牆對網路進行控管是很自然的事，通常有三項主要功能：

- 存取控管 (Access Control)
- 身份識別 (Authentication)
- 安全稽核

常用的私有 IP 位址是

- 10.0.0.0/8
- 172.16.0.0-172.31.0.0.
- 192.168.0.0/24

NAT 與防火牆對於 VoIP 的連線造成很大的困擾，逼得 VoIP 研究人員發展出一套很複雜的技術讓 VoIP 能穿越防火牆，讓在防火牆後面的使用者能自由的使用 VoIP。

9.2 防火牆/NAT 的種類

防火牆通常整合在 NAT 裡面，根據所用的防火牆技術，NAT 可以分成幾類。主要的四類如表 9.1 所示：

表 9.1 Cone NAT 種類

NAT Type	Operation
Full Cone	Any external host can send a packet to the internal host, by sending a packet to the mapped external address.
Restricted Cone (Address Restricted)	An external host (with IP address X) can send a packet to the internal host only if the internal host had previously sent a packet to IP address X. Once an internal address (iAddr:port1) is mapped to an external address (eAddr:port2), any packets from iAddr:port1 will be sent through eAddr:port2. Any external host can

Cone)	send packets to iAddr:port1 by sending packets to eAddr:port2
Port Restricted Cone	A port restricted cone NAT is like a restricted cone NAT, but the restriction includes port numbers.
Symmetric NAT	Each request from the same internal IP address and port to a specific destination IP address and port is mapped to a unique external source IP address and port. If the same internal host sends a packet even with the same source address and port but to a different destination, a different mapping is used. Only an external host that receives a packet from an internal host can send a packet back.

表 9.2 Cone NAT 特性

NAT Type	Address binding	Port binding	Bindings per session	UDP NAT	TCP NAT	Session direction
Full Cone	no	->	1	yes	no	<->
Restricted Cone (Address Restricted Cone)	no	->	1	yes	no	->
Port Restricted Cone	no	->	1	yes	yes	->
Symmetric NAT	no	no	0	yes	yes	->

9.2.1 Full Cone NAT

Full Cone 只是單純的做位址轉換，並未對進出的封包設限。其運作方式如圖9.1, 9.2 所示。

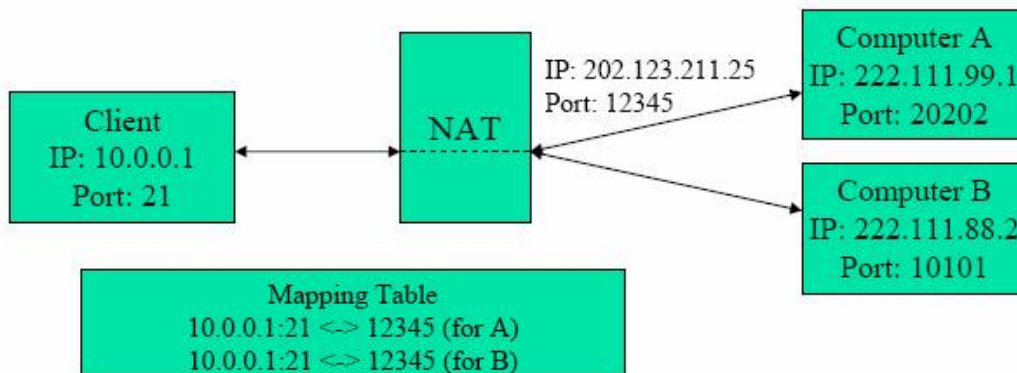


圖 9.1 Full Cone NAT

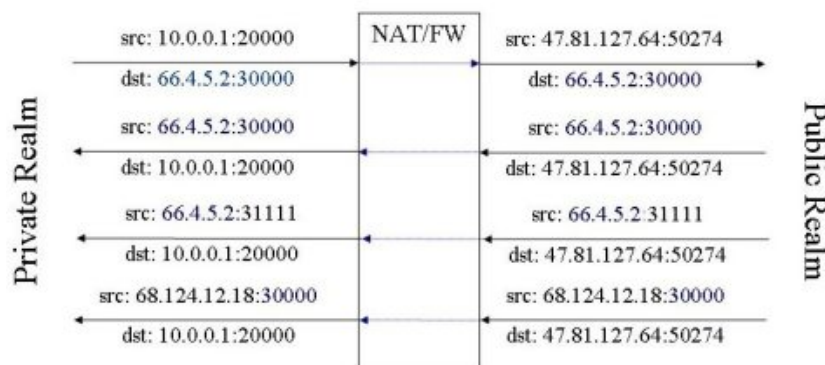


圖 9.2 Full Cone NAT 之運作

9.2.2 Restricted Cone NAT (Address Restricted Cone)

Restricted Cone NAT 對於封包進出稍加限制。從內部送出之封包的目的地 IP 位址會被記住。只有這些曾經收過這些封包的位址可以送封包進入 NAT。由其他位址送進來的封包，都會被檔下。換言之，只有收過 NAT 內部送來的封包的地址才能將封包送入 Restrict Cone NAT 內，其運作如圖 9.3, 9.4 所示。

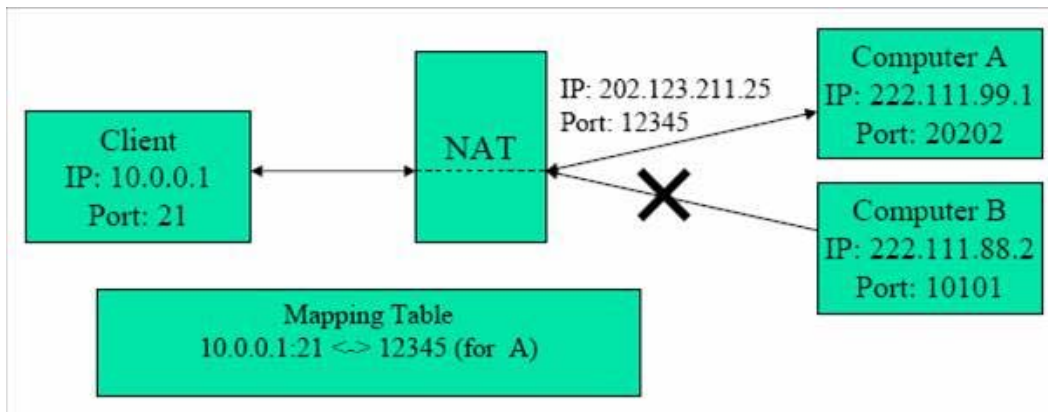


圖 9.3 Restricted Cone NAT

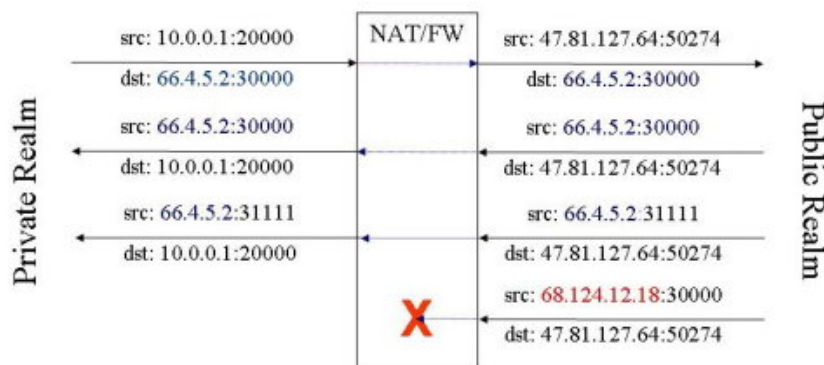


圖 9.4 Restricted Cone NAT之運作

9.2.3 Port Restricted Cone NAT

Port Restricted Cone 對於封包進出比 Restricted Cone 增加了一個限制，從內部送出之封包的目的地 IP 位址及 Port Number 會被記住。由外部送進來的封包，除了由那些接收過內部所送出的封包的 IP 位址及 Port Number 所送來的封包之外，都會被檔下。換言之，只有收過 NAT 內部送來的封包的地址及 Port Number 才能將封包送入 Restrict Cone NAT 內。其運作如圖 9.5, 9.6 所示。

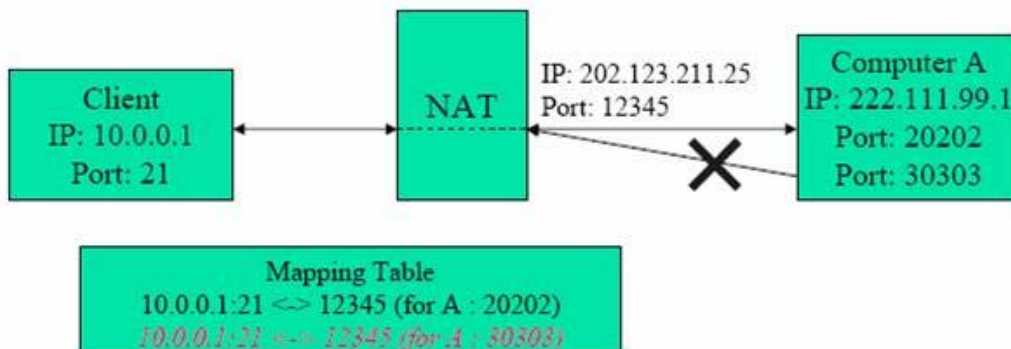


圖 9.5 Port Restricted Cone NAT

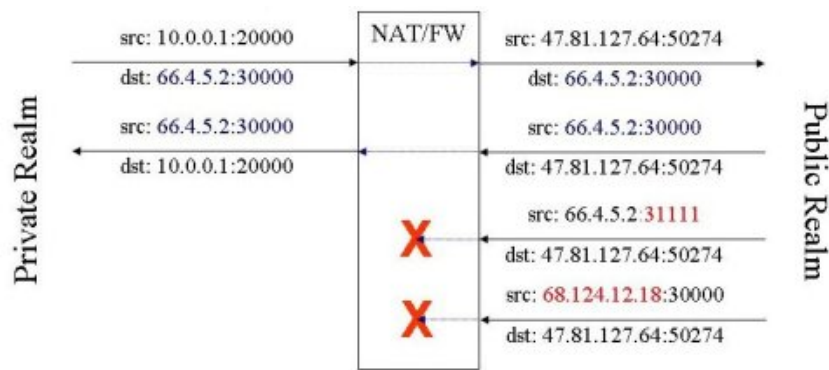


圖 9.6 Port Restricted Cone NAT之運作

9.2.4 Symmetric NAT

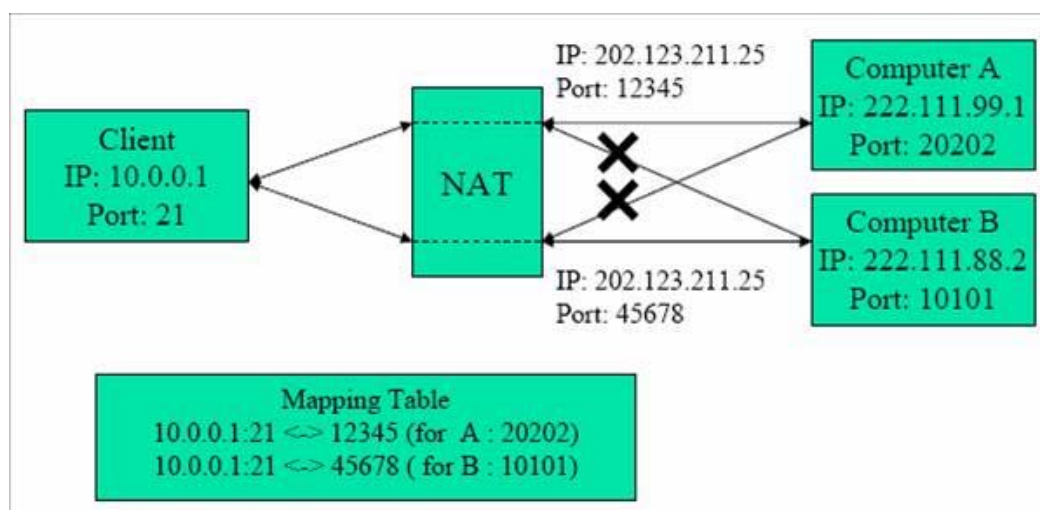


圖 9.7 Symmetric NAT

Symmetric NAT 在四種Cone NAT中最為嚴謹。前三種NAT在做位址轉換時，無論封包是送往何處，NAT內部同一內部位址 都對應到同一個外部位址，但在Symmetric NAT內則每一內部位址對不同的目的地，都對應到不同的外部位址。

Symmetric NAT只允許先由私有網域內的使用者發送封包到網際網路中的使用者可以回傳封包，其運作如圖9.7, 9.8所示。隨著網路安全的要求越來越高，使用此種NAT有越來越多的趨勢。

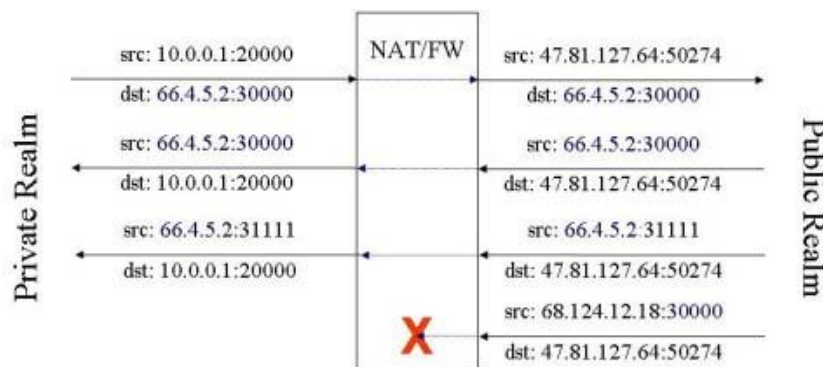


圖 9.8 Symmetric NAT

9.3 NAT 造成的問題

SIP是在當今的網際網路裡最常使用的VoIP通訊協議。使用者端(CPE)所連接的Agent 稱為 User Agent (UA)，使用者端所需的軟體功能都建置在UA 中，網路上並建置有各種伺服器，提供各式各樣的服務，共同建構出一個運作順暢的電話網路。我們以SIP 為例說明NAT 防火牆對VoIP通訊協定造成的問題。為方便說明起見，本文將以SIP作為範例說明各種VoIP技術。前文所使用的「使用者電腦」，在SIP架構下，其實就是扮演 UA 的角色。

在SIP協議中，UA必須主動向registrars伺服器註冊，讓register伺服器掌握UA 動態。要建立通話session時，發話端 UA 主動向 proxy servers 和受話的UA發出INVITE請求。而這兩種自防火牆外所發出的請求會被防火牆所阻擋。所以register 伺服器不能放在防火牆之內。但UA 就比較麻煩了，難免會有相當數量的VoIP使用者是位於防火牆之內的，他們可以不受干擾的主動發話向外連接。不過，他們卻很難接收他人的呼叫。換言之，如果沒有適當的解決方案，位於防火牆之內的VoIP使用者，只能對外發話，卻無法接受電話。

9.4 現有穿越防火牆/NAT技術介紹

現有幾個穿越防火牆/NAT技術如下：

- UPnP(Universal Plug and Play)
- STUN(Simple Traversal of UDP Through Network Address Translators)-RFC 3489
- TRUN(Traversal Using Relay NAT)
- ALG(Application Layer Gateway)
- ICE(Interactive Connectivity Establish)

9.4.1 Universal Plug and Play (UPnP，即插即用)

Universal Plug and Play(UPnP)是微軟公司提出的協定，其目的是要簡化家庭或企業中智慧設備的連網過程。使用TCP/IP協定透過網路自動彼此連接在一起，而且連接過程中無需用戶的參與和使用中央伺服器，UPnP設備可以自動探索網路並配置網路地址設定。其穿越NAT的方式如下：

1. VoIP應用程式先對是否位於一個具有UPnP能力的NAT設備進行檢測。
2. 應用程式將獲得共用的Public IP地址及Port，為NAT做Signaling及media資訊流使用。
3. VoIP使用端就可以將此資訊加入VoIP signaling建立通話。
4. 此通話建立後，使用獲得的外部位址(Public IP地址及Port)，做點對點的傳輸。

圖 9.9 是UPnP 穿越防火牆之運作之例。

它的問題是：NAT及VoIP Client (UA) 必須支援UPnP，但UPnP尚未得到所有的UA及NAT的支援(要獲得全部UA及NAT廠商之支援，絕非易事)。尤其是NAT的問題，基於安全性的考慮，幾無NAT 願意支援 UPnP。

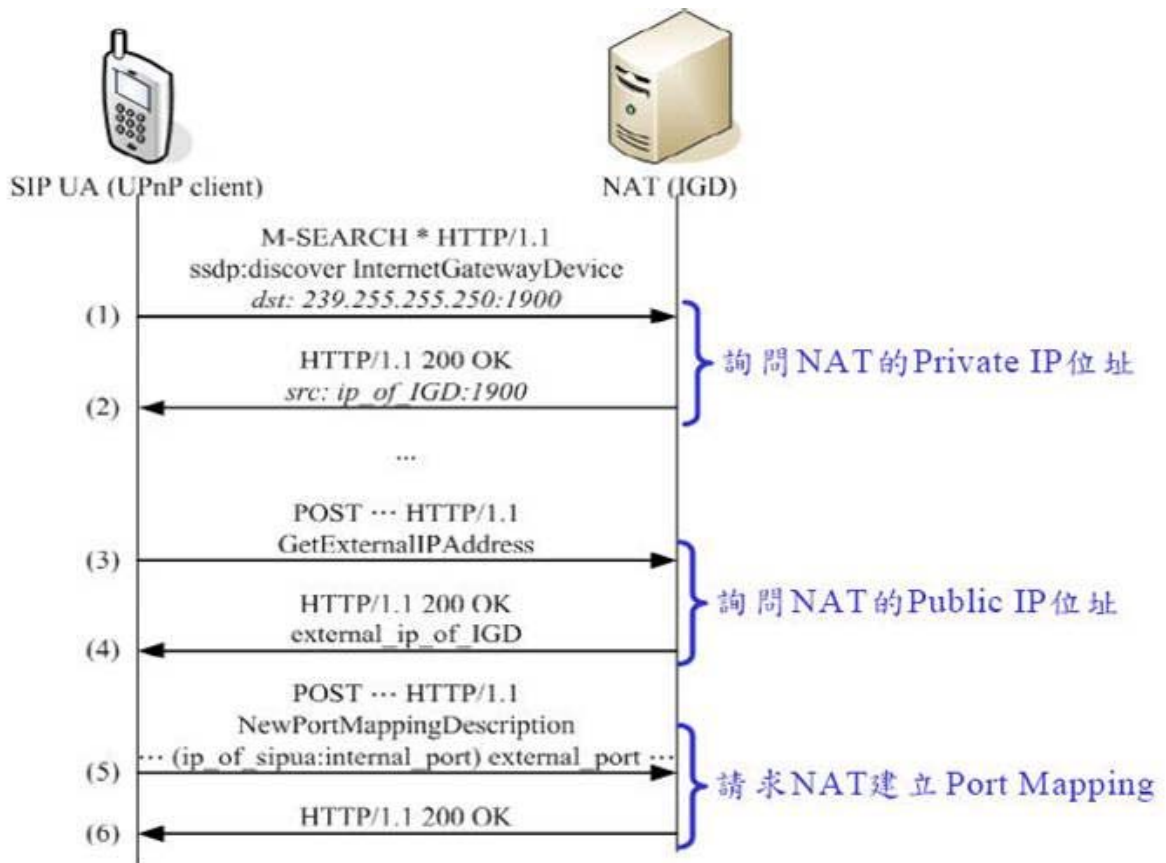


圖 9.9 UPnP 穿越防火牆之運作

9.4.2 STUN

STUN (Simple Traversal of UDP Through Network Address Translators - RFC 3489)，是最著名和最常被使用的VoIP穿越NAT防火牆的解決辦法。STUN 利用位於 Internet 上的伺服器幫助防火牆內的UA獲知他們被NAT 轉換過的外部位址，並協助他人的VoIP呼叫穿透防火牆送達牆內的UA。

很多應用層的 VoIP程式必須仰賴 UA 主動提供自身的IP 位址及port number，讓VoIP兩端的UA 彼此知道對方的IP 位址及port number， 才能互送封包，建立雙向的通話。但是如果UA 是在NAT 後面，在沒有外部的協助下，一個UA 無法看到它自己被NAT 轉換過的外部位址，就無法提供此項資訊，讓 VoIP順利運作。

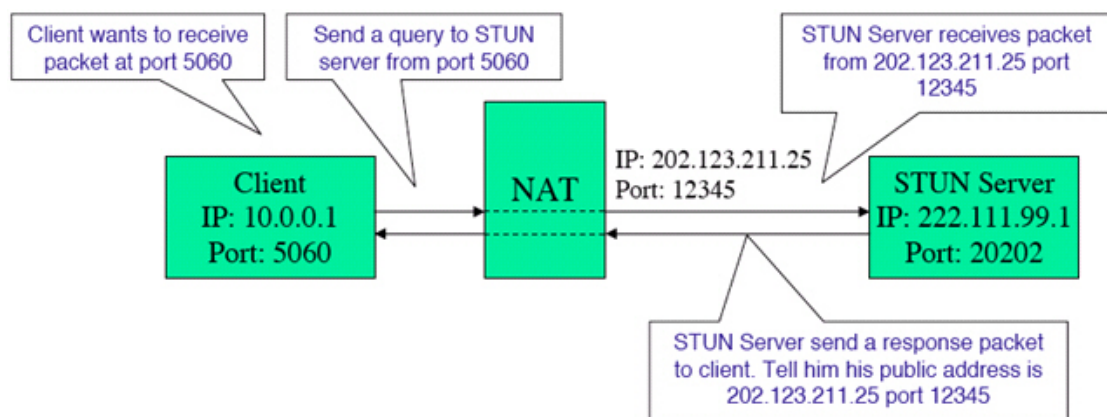


圖 9.10 UA 與STUN 溝通獲知外部位址

STUN 伺服器可作為中介者協助UA 看到自己被轉換過的外部位址，如圖9.10所示。 UA 送一個

message 給STUN 伺服器，而STUN 伺服器可從封包中挖出來該 UA 的外部位址，並將此資訊回傳給UA。此外，STUN 伺服器也可透過一系列的測試封包獲知NAT 的型態，並提供相對應的穿越方法，圖9.11及9.12顯示STUN 伺服器探測NAT型態之架構與流程。可惜的是，STUN無法穿透Symmetric NAT，而偏偏這種NAT已經成為NAT市場上的主流。

以下是公眾STUN 伺服器的位址。

- stun.fwdnet.net
- stun.fwd.org (no DNS SRV record)
- stun01.sipphone.com (no DNS SRV record)
- stun.softjoys.com (no DNS SRV record)
- stun.voipbuster.com (no DNS SRV record)
- stun.voxgratia.org (no DNS SRV record)
- stun.xten.com
- stun1.noc.ams-ix.net (DNS SRV record on domain ams-ix.net not noc.ams-ix.net)

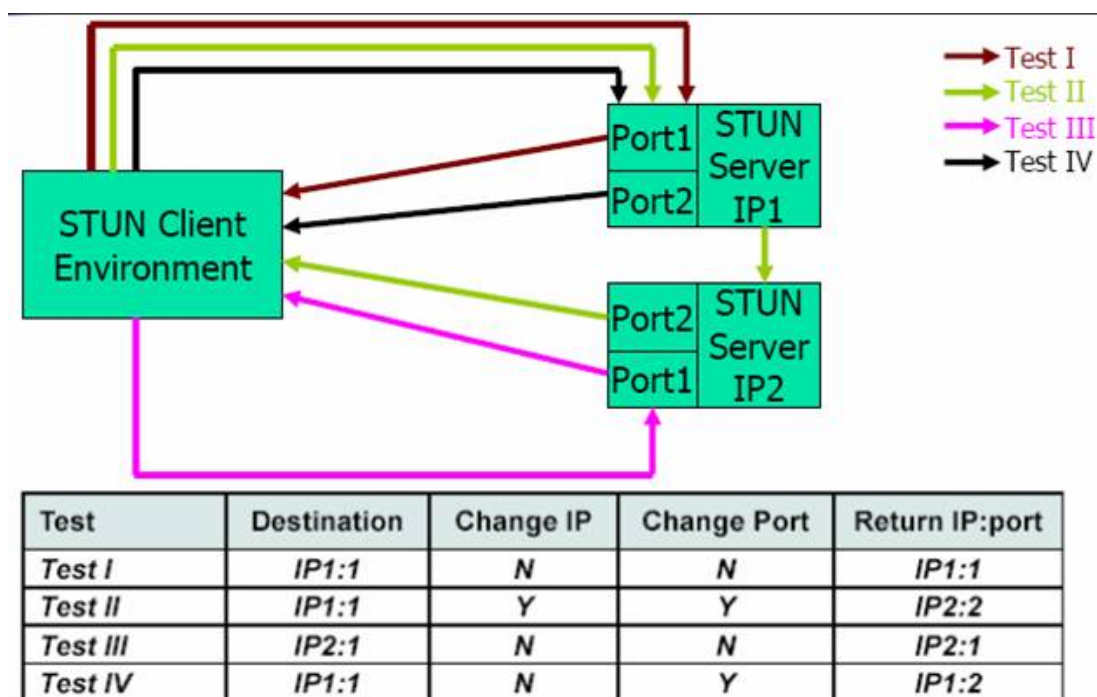


圖 9.11 STUN 伺服器探測NAT型態之架構

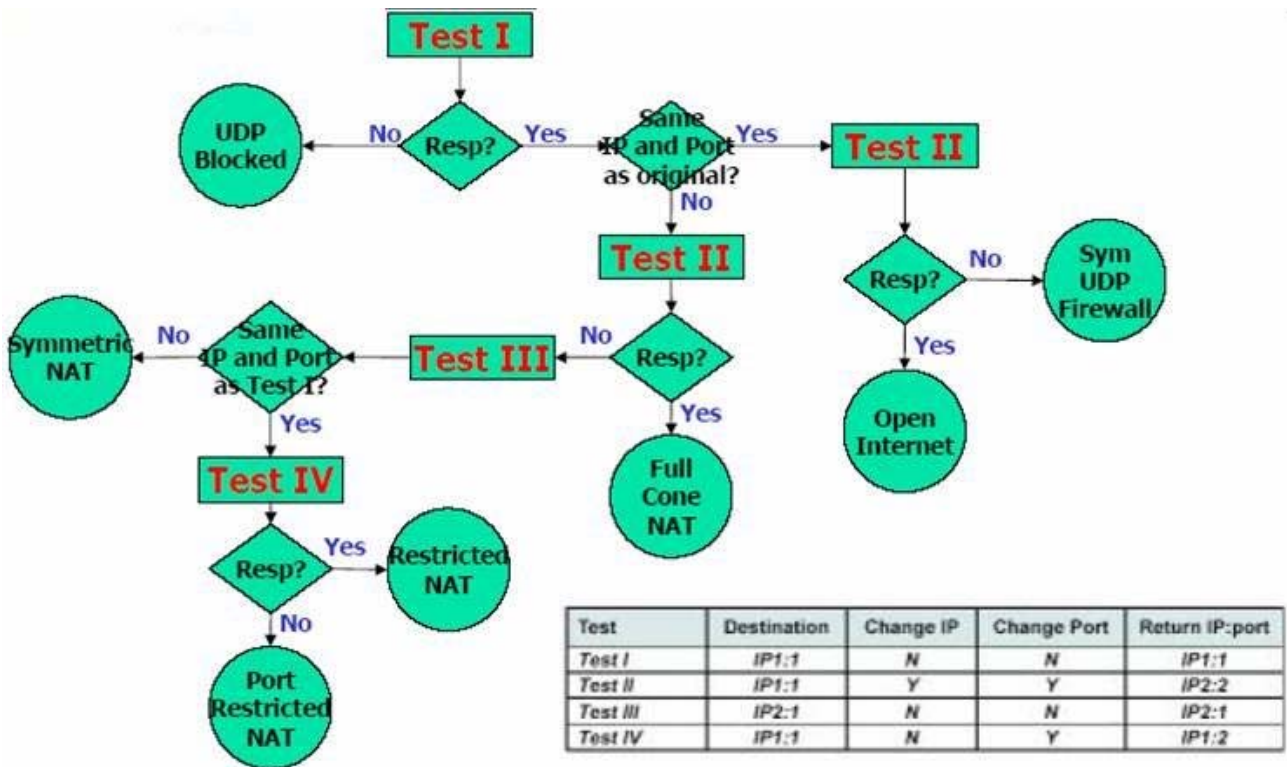


圖 9.12 STUN 伺服器探測NAT型態之流程

9.4.3 TURN

TURN 提供比 STUN 更為強大的中介功能，足以穿透 Symmetric NAT 防火牆。一個 VoIP session 中的兩個端點所送出的封包全部先送給 TURN server，再由 TURN server 轉送給對方。其運作如圖 9.13 所示。使用 TURN 服務的 UA 在啟動時，須以一個 TURN client 的身份發出一個 "TURN allocate" 請求給 TURN Server。TURN Server 會記住這個請求所來自的 IP 位址和 Port，並回覆一個 public IP 位址和 Port。然後 TURN Server 就在它分配的 public port 上等資料傳入。啟動完成的 TURN Client 就可將封包送到所分配的 Public port 上，此舉相當於讓 UA 與 TURN Server 建立通訊渠道。當 TURN Server 收到封包時，TURN Server 會儲存封包來源的 IP 位址和 port，然後轉送它所提出要到的位址的請求給對方。TURN Server 之後就作為在兩個位址之間的轉接者。從第一個位址收到的任何資料會被提供給第二位址，並且從第二位址收到的任何資料也會被提供給第一個。這種方式雖然可以穿越防火牆，但喪失了 P2P 通訊的特色，變成 Client-Server 模式，使得負載集中於 TURN Server 上，Server 更須承擔所有頻寬，以致沒有任何 VoIP 業者敢於採用。因此，這個解決辦法應該是在萬不得已下才能考慮使用的。

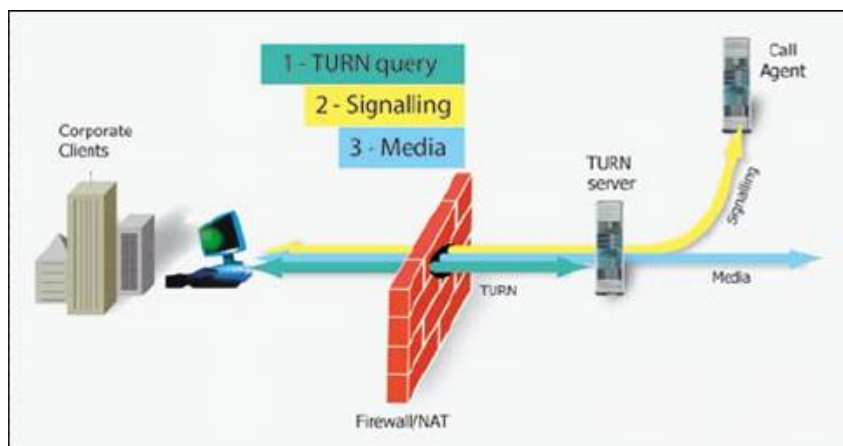


圖 9.13 TURN

9.4.4 ALG (Application Layer gateway)

Application Layer Gateways (ALGs)是一具有SIP能力(SIP-aware)的防火牆穿透技術。這項技術必須汰換現有的NAT，因此在推廣上有嚴重的限制。為了克服此項限制，Middlebox communication(MIDCOM) protocol被提出，MIDCOM允許應用程式，例如VoIP的UA和伺服器，控制NAT。但基於安全理由，網管人員將不會接受用戶的應用程式控制他們的NAT。因此在推廣上也是困難重重。

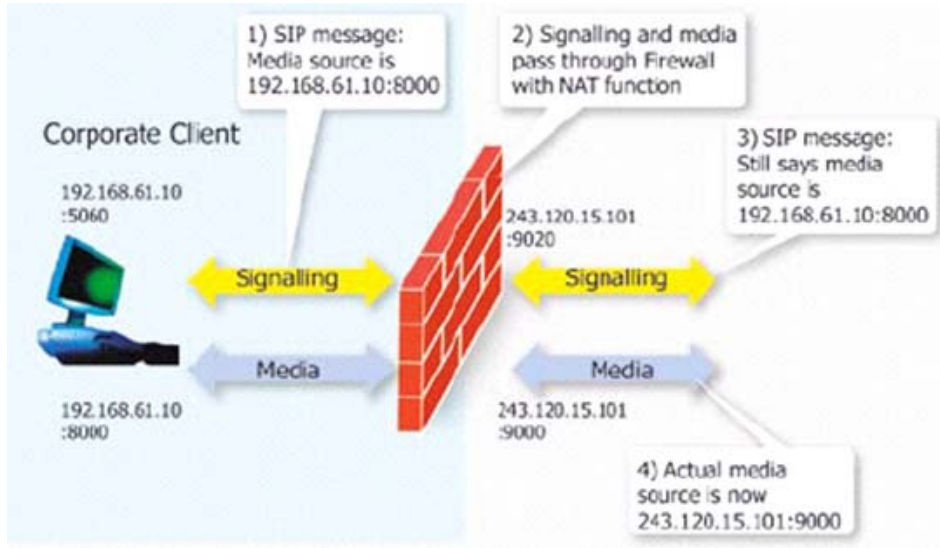


圖 9.14 ALG

9.4.5 ICE (Interactive Connectivity Establishment)

IETF提出Interactive Connectivity Establishment (ICE)技術，結合STUN和TURN，2005年微軟及Cisco宣佈將採用ICE。其詳細的運作方式請見圖9.15。

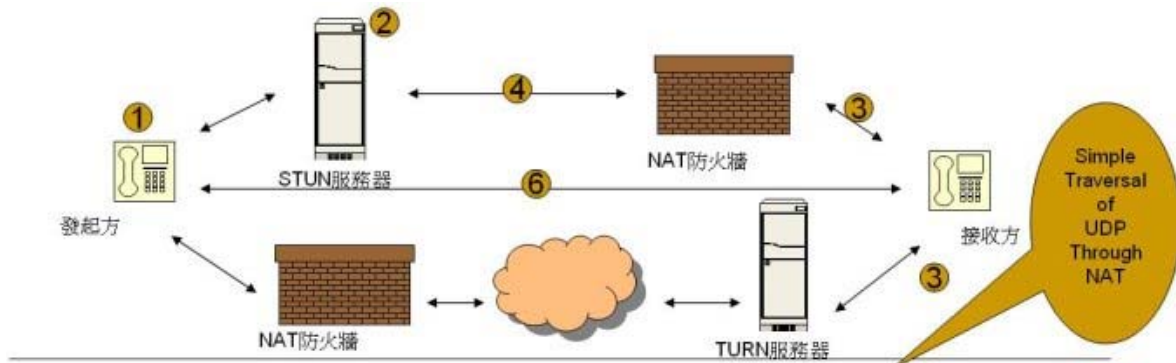


圖 9.15 ICE

9.4.6 Proprietary solution

目前極受歡迎的P2P VoIP，Skype，有一個重要的專利，VoIP 穿越NAT/Fs解決辦法。筆者把它視為分散式的TURN。連結Skype的 Client 彼此之間會互相合作，某些資源較充足的Client 會被選作為超級節點(SN)，執行一些伺服器的功能，以分散伺服器的負載。每個 Client 會保存一分隨時更新的SN目錄。在登入時，它就努力與這些節點(SN)之一打開一個TCP連接並且保持這個連接在開啟狀態，如此，SN 與Skype Client 間維持一個可穿透防火牆的通道。每一個 Client會藉由SN探測管制它們進出的NAT防火牆的存在和其類型。Skype Client 使用TCP協定

傳送控制信號。在最簡單的情況下，當呼叫與被呼叫兩個 Client 都有公共的IP位址時，呼叫者與被呼叫者之間會建立一個直接的TCP連接傳送控制信號。然後多媒體的封包會直接使用UDP來傳送。如果呼叫者或被呼叫者是在NAT防火牆後面，則無法直接傳送呼叫信號和多媒體的封包，他們就以SN 作為中介者請SN 協助轉送封包。如果因為防火牆作祟而無法利用UDP傳送語音封包時， Skype會改用TCP傳送。如果TCP也失敗，它會嘗試用TCP 傳送封包到常用的兩個 port，HTTP(80)和HTTPS(443)。一般的防火牆不會封殺這兩個 port，而Skype client在一開始就開啟著這兩個port以備使用。如此，Skype 穿越防火牆的能力相當的高明，難怪如此風行。

參考文獻

1. Solving the Firewall and NAT Traversal Issues for Multimedia over IP Service, <http://www.newport-networks.com/>
2. SearchTekTarget.com
3. Newport networks, NAT Traversal for Multimedia over IP
4. NGN技術在企業網路的應用分析, 通信世界, 胡琳
5. IETF RFC 3489
6. Network Address Translation (NAT),Advanced Internet Services, Henning Schulzrinne

10. VoIP 網路監聽技術

10.1 前言

我國「通訊保障及監察法」規定，電信業者有義務提供介接設備讓國安單位在法院授權下進行特定電話的監聽[1]。而且電信業者必須提供協助追查訊務的相關資料，包括：被監聽者基本資料、發話及受話端號碼、通信時間、通信內容等。即使在美國，自從發生911事件之後，網路監聽也獲得法院的支持了。上節已經提到VoIP提供即時定位資訊的困難，雖然定位資訊在離線狀態比較簡單，但是仍然相當複雜。而監聽方面，因為許多網路電話是利用P2P方式傳送封包，並未經過交換機或伺服器，在技術層面上必須進行大幅度的架構整建才能順利進行監聽，如此勢必大幅增加VoIP 業者的建置及營運成本。

10.2 網路通信監察相關的法令

美國於一九八六年提出「電子通訊隱私權保護法案」(Electronic Communication Privacy Act, 簡稱 ECPA)，依照這個法律之規定，傳播系統的提供者不能於用戶間互相交談時故意介入干擾，也不能檢查用戶之間於交談後儲存於傳播系統中之內容。因此，依ECPA之規定，ISP業者似乎對網路電話的用戶不論於線上交談時或訊息靜態儲存時均不可自行加以監聽。

美國國會於一九九四年通過「法律執行通訊協助法」(Communication Assistance for Law Enforcement Act)，該法案主要的立法目的是藉由提供經費幫助包括AT&T、Ericsson…等電話公司使其設備升級，使執法機構能在其電子線路上進行監聽，以配合法院的監聽命令。最後美國聯邦通訊委員會(Federal Communications Commission, FCC)已決定2000年六月三十日為業者遵守該法的最後期限。因此，未來不論是傳統電話系統或電子傳輸系統，都將受到聯邦調查局透過美國ISP業者進行監聽。

我國於1999年制訂提出「通訊保障及監察法」。為了犯罪調查，檢警可以依法監聽固定電話、手機。政府同樣要求網路電話也要能被監聽。電總在民國93年公布只要求PC-to-Phone，但是在「通訊監察標準需求規範」中要求必須做到目前像第一類電信事業，可「即時」監聽，以及雙向通連記錄，包括PC-to-PC與PC-to-Phone。

10.3 網路通信監察技術之需求

網路電話服務經營者應依通訊保障及監察法規定，配合協助執行通訊監察作業之義務。主要項目包括有：

- 被監聽者基本資料。
- 主、被叫號碼。
- 通信時間。
- 通信內容。

- 號碼可攜及緊急電話發話位址。

在合法監聽系統架構中，配合合法通信監察的要求，通信監察技術需符合下列要件，以確保通信監察業務之遂行：

1. 不能讓監聽目標發現自己受到監聽。
2. 提供通話監聽內容之外，還要提供監聽相關資訊。
3. 網路必須能處理多方之截聽，使其無法得知有其他機構正在截聽中。
4. 監聽工作不能降低執行效能。
5. 任何可originate或terminate呼叫之電信carrier 有提供合法截聽之責。
6. 如果通話內容經過加密的話，需要將加密的金鑰送給司法單位，讓司法單位可以把加密的通話內容解密。

方興未艾的「點對點」式 (Peer-to-Peer ; P2P) 網路電話是監聽任務的巨大挑戰。

10.4 現有監聽方式提案

在 [3-5] 中討論了幾項監聽技術：分別適合H.323 及SIP 兩種協定。不過可歸納為

- 在上下車gateway 上進行監聽
- 在 Gatekeeper 或專用server 上進行監聽
- 亂槍打鳥式將所有語音封包送給監聽單位

在技術上，以上這些方式都可以輕易的理解，本文不詳細描述。本文將從實際商業經營面探討這幾種監聽方式的可行性。

1. 在上下車gateway 上進行監聽

在 PC-to-Phone VoIP下，語音要經過下車gateway ；而在 Phone-to-PC VoIP模式下，語音要經過下車gateway。理論上 VoIP經營者很容易的可以在gateway 上建置監聽設備。但實務上仍有待考慮。第二章曾有說明，位於台灣的上下車設備可能是國內外VoIP公司向台灣的下車業者租用的。我國電信法對國外的VoIP業者不具管轄權。而對於國內VoIP業者即使有管轄權，VoIP業者因可能並未擁有下車gateway，必須間接的要求提供服務的下車業者建置監聽設備，而下車成本將大幅提高，反而陷國內的VoIP 業者於不利，而讓國外的VoIP業者得利。如果強力要求VoIP業者執行監聽作業，不但有大量的漏網之魚，而且也有打壓國內VoIP業者之嫌。所以，在上下車gateway 上建置監聽設備在實務上可能行不通。

2. 在 Gatekeeper 或專用server 上進行監聽

語音封包的流量太大，如果所有語音要經過 Gatekeeper 或 Server，那 Gatekeeper 或server很輕易的被衝垮，根本不可行。如以Skype 同時間有數百萬用戶上線的情況下，更難以想像。

3. 亂槍打鳥式將所有語音封包送給監聽單位

對VoIP業者而言，這個方式最省事，可是卻苦了監聽單位，監聽單位根本無力承接如此巨大的語音流量，技術上其實也不可行。

10.5 建議監聽方式

我們從發話者、受話者所在的環境來考慮。如果發話者或受話者是在PSTN上的電話上時，都會經過LEC的交換機，而LEC的交換機本就應該建置有供監聽單位掛線的設備。所以如果受監聽的發話者或受話者是在PSTN上的電話上時根本與VoIP業者無關。如果受監聽的發話者或受話者是在PC上時，VoIP業者才需費心。

10.5.1 Phone-to-PC

以PC-to-Phone而言，PC使用者多半在國外，我國無管轄權，而國內VoIP業者也都非第一類電信業者，電信法即使管得著，也都因實務的困難而沒有強力要求。至於Phone-to-PC問題就大了，因為VoIP業者必須變成電信業者，才能申請和配070電話號碼，而電信法必強力要求VoIP業者符合「第二類電信事業通訊監察標準」才會核准經營執照。所以受話者如果是070用戶的話，提供服務的業者必須為監聽單位提供服務讓監聽單位得以順利監聽。現今的VoIP都是以P2P方式為之，VoIP業者只有兩個選擇，一是請發話端的LEC業者代為執行監聽任務，但發話端的業者其實是VoIP的競爭者，此舉無異於與虎謀皮。二是請委託上車的gateway業者代為執行監聽任務，VoIP業者算是上車業者的客戶，實務上較為可行，為了簡化監聽服務的成本，VoIP業者傾向於在gateway上將所有語音封包複製轉送到監聽單位。此舉雖然讓VoIP解除了負擔，但卻讓監聽單位無法順利運作。除了監聽任務之外，VoIP業者尚有其他應負義務（請參閱第二章），因此Phone-to-PC仍然難以順利上路。

10.5.2 PC-to-PC VoIP 之監聽

PC-to-PC VoIP之監聽在現階段幾乎毫無著力之處。使用者位置不固定，而又使用P2P方式傳送語音封包，要進行監聽實是難上加難。VoIP業者既然無法從此項業者獲得營收自然不會擔負輔助監聽之責，即便存有技術可輔助監聽，也沒有VoIP業者願意經營此項業務，自討苦吃。

使用者除了使用PC進行PC-to-PC VoIP通話之外，也可以購置VoIP gateway，稱為Residential gateway。例如D-Link所出的DPH-300，或Skype Phone，使用者只需將Residential gateway接上網路，即可使用PC-to-PC VoIP。政府的電信監理單位可以在此著力進行監聽，可以強令製造商配合相關法令在Residential gateway上設置接受監聽指令的模組以便監聽單位進行監聽。

以上這個情況並非滴水不漏。一則，檢調單位必須確定受監聽者的上網位置才能向法院申請監聽的授權，由於一般使用者尤其是犯罪嫌疑人的上網位置並不固定，除非監聽單位違法進行普遍性或隨機性無特定對象的監聽，否則此法在實務面相當不可行。另外一個問題是，犯罪嫌疑人可以很方便的從國外購買設備避開

監聽。

對於採用「點對點」式 (Peer-to-Peer, P2P) 的網路電話，目前仍是通信監察任務的巨大挑戰，預期其可能會成為未來治安的死角。

參考文獻

1. 通訊保障及監察法, <http://law.moj.gov.tw/Scripts/Query4A.asp?FullDoc=all&Fcode=K0060044>.
2. 電信法, http://www.ncc.gov.tw/chinese/law_detail.aspx?site_content_sn=186&is_history=0&law_sn=766&sn_f=1067.
3. 彭俊豪, "以SIP 為基礎提供合法監聽之功能," 國立交通大學資訊工程系所碩士論文, 2005.
4. 針對 VoIP 的2種攻擊方式(Two attacks against VoIP)
5. 黃智群, "運用代理人機制進行以SIP為基礎的分散式網路電話監聽系統之設計與建構," 95.8

11. All-IP網路之品質管理

傳統的公眾通訊網路，尤其是語音電話網路，不但非常可靠，而且品質非常穩定，但是某些IP網路（例如Internet）不但可靠度遠遠不及傳統網路，在其上執行的即時性訊務（如VoIP）之品質也非常不穩定，本章將討論All-IP網路上的應用之品質問題及改善之道。因為VoIP將為All-IP網路上比重最大的即時性應用，本章多處將以 VoIP 做為範例說明。

11.1 使用者對電話聲音之品質需求

我們以VoIP 作為即時性訊務的代表，描述其品質需求。累積了多年的使用經驗，使用者對電話品質的要求可歸納如表11.1：

表 11.1 使用者對電話聲音之品質需求

頻寬需求 (未壓縮)	64kbps
對 Delay 之容忍度	< (300-400)ms
對 Jitter 之容忍度	對jitter 敏感，僅可容許低程度之 jitter 沒有量化數據
對音訊遺失之容忍度	可容許某種程度之音訊遺失 沒有量化數據

使用者在交談中，如果有小部分的音訊丟失，並不一定會影響通話內容的瞭解，如果音訊丟失影響通話的清晰度，通話者通常可以重複小部分通話，因此某種程度的音訊遺失是可以容忍的。

反之，使用者卻對抖動卻極為敏感，微小之抖動都可被使用者察覺。在IP 網路中，封包到達目的地的時間長短不一，稱為 *jitter*(抖動)，接收端接到語音封包之後，如果直接解碼成音訊送給使用者的話，語音也就隨著封包傳遞時間的抖動而跟著抖動。如果將封包先儲存在一個dejitter buffer 中，排序，再依既定步調逐一解碼送出音訊，如此可以很容易的降低語音的 *jitter*，所增加的是一些延遲時間。

使用者可容許的延遲時間約在 300ms 至 400ms之間。VoIP 系統最大的挑戰即在降低封包的遺失以及將延遲時間控制在這個範圍之下。

11.2 IP網路傳遞特性與即時性訊務品質之關係

與電路交換網路(Circuit-Switched Network)相較，封包在封包交換網路 (Packet-Switched Network) 上傳遞，有較長的傳遞時間，較高的抖動率，以及較高的封包遺失率。這幾項特性對即時性訊務的品質產生極大的威脅。前已提及，抖動率其實很容易使用dejitter buffer降低，而所付出的代價是延遲時間的增加。剩下的問題是在維持一定的封包遺失率下盡量降低延遲時間。

維持即時性訊務品質的首要工作，當然是提供足夠的end-to-end頻寬。但很多從事VoIP的初學者常有一個錯誤的認知：只要能保證足夠的頻寬就能解決封包延遲問題。其實這個論點並不完全正確。語音訊號在一個VoIP系統裡所遭受到的延遲時間包含幾個重要的延遲因素，而VoIP 運用在國際長途電話時，因距離太長所導致的延遲時間(propagation delay time)將300ms這個可容忍的延遲時間佔有一大半，使得剩下的可容忍延遲時間大為縮小，

導致其他因素的變動都對聲音的品質產生重大損害。就如同感冒導致身體抵抗力降低而引發其他併發症一般。我們首先說明一通電話從發話端到達收話端在各階段所消耗的延遲時間。

- **packetization time**: 將語音訊號轉為封包所需時間，其中包括 CODEC 編碼所需時間。
- **propagation delay time**: 封包在傳輸媒介上傳遞所需時間（電磁波或光波以接近光速在傳輸媒介上傳輸所需時間）。
- **router processing time**: 封包在網路中每個節點(router)中所耗費的處理時間。現代的 router 大約耗費 1 ms 處理一個封包。
- **link queueing time**: 封包在網路各節點中等待鏈結使用權所耗費的等待時間。
- **unpacketization time**: 將封包打開並解碼轉成語音訊號所需時間，其中包括 CODEC 解碼所需時間。

網路頻寬不足時，所增加的是 link queueing time，適當的配置頻寬可以降低 link queueing time。選擇適當的路徑可以減少所經的節點數以及路徑長度，因此可以降低 processing time 及 propagation delay time。而初學者最容易忽略的兩項延遲因素是 CODEC 所需時間 及 propagation delay time。

- **CODEC 編碼/解碼時間**

在傳統電話網路上，都是以 G.711 標準將語音訊號數位化成流量為64kbps的數位訊號，未經過壓縮直接送進網路，所耗費的時間極短。但在 VoIP 網路上，語音訊號必須封裝成封包而且可能會經過壓縮以節省頻寬，因而會產生額外的延遲時間。

封包的長度與packetization time 息息相關，如果採取具壓縮功能的編碼時，在壓縮的過程中，因為必須先行進行sampling 取得整個frame 的語音資訊才能進行壓縮，會多出一個frame 的延遲時間，所以 sampling frame 不能太長，以免增加太多延遲時間。但是 IP封包的 header 為40bytes，所承載的資料如果太少會浪費寶貴的頻寬，（若以壓縮比為8:1的編碼而言，20ms 的音訊會產生 20 bytes 資料，只有 IP header 的一半），因此 sampling frame 不能太短，成為兩難。在衡量頻寬使用效率與延遲時間之後，最常見的 CODEC time 都設法控制在 20ms 與 30ms之間。因為 CODEC 所耗用時間佔了 packetization time 及 unpacketization time 的絕大部分，所以通常以 CODEC time 來估計 packetization time 及 unpacketization time。

- **Propagation Delay Time**

電磁信號在導線中或光信號在光纖裡的傳遞速度，接近真空中的光速。封包在 VoIP 網路中傳遞，其所經過的鏈結總長度必長於發話端與受話端的直線距離，因此語音封包的 propagation delay time 不可能低於光線從發話端傳遞到受話端所需時間。舉例而言，無論頻寬多高，一個封包從台灣送至美國東岸其所需 propagation delay time 一定超過 70ms，再加上 CODEC time（假設使用有壓縮功能的 CODEC 標準）及其他必要時間，最終的封包傳輸時間的一定在 100ms 以上。只要封包傳輸路徑稍微曲折，或網路效能稍微降低，VoIP 的品質就會受損。

總而言之，長距離通訊由於 propagation delay time 耗費太長的延遲時間，使得 VoIP 通訊的品質變得極為脆弱。除了網路頻寬之外，仍有許多可能導致延遲的因素必須控制，方能提高 VoIP品質的穩定度。

以上分析之法也適用於其他種類的即時性訊務，例如IPTV。

11.3 保證即時訊務服務品質之方法

11.3.1 傳統電路交換式網路之服務品質保證方法

傳統電路交換網路保證服務品質的方法是以保留資源(頻寬)的方式為之。以電話為例，當一通電話接通之前，電話網路會先將資源明確保留下來，加上不需進行 packetization 及 unpacketization等動作，因而 propagation delay time 幾乎就等於總延遲時間，因此通話品質得以獲得保證。除了電話之外，其他的服務也是以相同方式為之。

此種簡單的服務品質保證方式非常有效，長期以來保證了公眾電信網路超高的服務品質。可是面對未來花樣繁多的網路服務需求，此種方式缺乏彈性，也缺乏效率。舉例而言，一個一般的電話用戶接在用戶迴路上只能使用頻寬為64kbps的一般電話，不能使用高品質影像電話。如果要使用高品質影像電話則必須提高用戶迴路的規格，但昂貴的用戶迴路的使用率雖然極低，但因該迴路綁住資源之故，使用者必須持續付費(固定的月租費)，極為浪費。All-IP 網路對於品質管理必須能做到彈性使用，彈性付費，方能顯出優勢。

11.3.2 All-IP網路整體服務品質管理問題

All-IP 網路受限於封包交換網路的特性，難以提供比擬電路交換網路的品質，其在品質管理方面的優勢在於資源調配上可以提供較高的彈性。

All-IP 網路如果要對於個別訊務提供品質之保證，只要賦予足夠之頻寬，並加上一些輔助措施，並不困難。但如果能從整個網路的觀點做全面性的資源調度，將可以提高資源的使用效率，且可避免不必要的資源競爭與衝突。例如，若封包傳輸路徑沒有適度的分散而集中於某些瓶頸鏈路時，會造成不必要的網路壅塞，增加延遲時間，導致有充裕的頻寬卻發生網路壅塞的現象，如能從整體的觀點做適當的安排，可以避免此種情況，因此，即使網路頻寬過剩，我們仍需積極研究QoS各種機制方能應付未來的挑戰。

在假設網路頻寬餘裕不高或頻寬不足的條件下，All-IP 網路品質管理之目標在於以最高的資源運用效率達到使用者或網路營運者的品質目標。

11.3.3 單一VoIP訊務的品質保證

我們首先探討保證單一VoIP訊務品質的技術。以下是幾項可以採取的措失：

(A)提供足夠的頻寬

(B)選擇符合品質要求的傳送路徑(QoS-aware Routing)

(C)使用 UDP 等傳輸層協定以減少傳輸時間

封包在 IP network 上傳遞難免遺失，某些應用，例如 FTP, Email 等，都會採用 TCP 這類可保證封包傳輸的通訊協定。而VoIP這種應用可容許遺失部分語音封包，而且對延遲時間的要求較為嚴格，因此都採用不保證封包遞送而比較快速的 UDP 傳

輸層協定。

(D)降低 CODEC 時間延遲

CODEC 採用的 sampling frame 之大小，決定了 CODEC 的延遲時間，如果頻寬充裕時，可以採用較短的 sampling frame，以減少延遲時間。

(E)控制 Dejitter Buffer 的時間延遲

Dejitter buffer 是儲存一段陸續到達接收端的音訊封包再依固定步調送出音訊，如此可以降低 jitter，但增加了延遲時間。Jitter 與延遲時間兩者是蹺蹺板的兩端，使用者可衡量自身需求，決定偏向哪一邊。

(F)彌補封包遺失之影響 (Lost Packet Concealment)

經過多年來的研究，已有許多降低封包遺失的方法被提出，例如：

- 使用 Forward Error Correction (FEC) 技術，例如 parity bit
- 增加 Redundancy
- 使用 Partial Reliable 傳輸層協定保護重要封包，例如 SCTP (Stream Control Transmission Protocol) [34] 或 Partial-Reliable TCP [19]。當然，這必須衡量所增加的頻寬損耗及所獲的品質提升，避免治一經而損另一經。

(G)降低封包遺失之影響 (Packet Dependency Reduction)

如果一個封包的遺失會影響到另一個封包的解碼時，稱為 *Packet Dependency*，例如一個英文語詞被放在兩個封包內時，遺失一個封包，會使得另一個封包的內涵難以解讀，變成無用封包。有些編碼方式中，例如 DPCM (Differential Pulse Code Modulation)，如果遺失部分資訊，會導致一段語音碼無法解碼。引起 packet dependency 的因素不止一種，盡量減低 packet dependency 可以降低封包遺失之影響，iLBC 編碼標準比 G.729 優越之處即在於 iLBC 處理 packet dependency 的能力較強。

11.3.4 整體服務品質管理

瞭解單一 VoIP 訊務品質保證的技術，有助於瞭解整體服務品質的管理技術。一個網路營運者必須盡力調度有限的資源盡力提高顧客總體滿意度，而不能僅滿足於個別訊務的滿意度。在資源有限的情況下，不可能對所有訊務都提供最高程度的滿意度，而必須有所取捨，在用戶需求各不相同的情況下，提供一致的品質保證並非最佳的資源管理策略。通常差別化的服務併同分級收費是比較好的選擇。

我們用一個故事比擬品質管理的作用。如同一群學生一起享用標準便當，便當裡有豐富的菜色，但是每個人喜好的口味皆不同，儘管便當菜色豐富，但仍無法讓所有人都非常滿意。如果大家互相交換便當內容，將不喜歡的菜拿出來與他人交換自己喜歡的菜，如此可以在不增加費用的情況下，提高整體滿意度。

整體服務品質管理的首要工作是根據使用者需求訂出品質管理目標。由於各種使用者之需求各自不同，訂定目標函數也是挑戰性極高的工作，當目標函數定出來之後，有很多最佳化演算法，或最佳化工具可供使用。（見過太多初學者在沒有訂出適當的目標函數之前就急著提出解答，就如同沒有舵的船一般，費力划船盡是虛功。）

11.3.4.1 服務品質需求與品質管理目標

使用者、網路營運者、研究者對於品質的定義與著眼點俱皆不同，表11.2是使用者與網路營運者對服務品質之各種不同觀點：

表 11.2 各種使用者之不同需求

使用者	以最低價格獲得最高品質之服務 (Request the best quality at the lowest price)
	以最低價格獲得期望的品質之服務 (Request the demanded quality at the lowerest price)
	以合理價格獲得最高品質之服務 (Request the best quality at the acceptable price)
	以最低價格獲得可接受的品質之服務 (Request the torlerable quality at the lowest price)
網路營運者	以合理價格提供最高品質之服務 (Offer the best quality at the acceptable price)
	以最高價格提供實用者期望之品質之服務 (Offer the acceptable quality at the highest price)
	以最低價格提供最低可接受品質之服務 (Offer the tolerable quality at the lowest price)

面對差異極大的品質要求，作為研究者應當以何種品質需求作為追求的目標？考慮到品質管理系統的直接使用者是網路營運者，而網路營運者各有其特有的營運目標，研究者不應對品質目標預設立場，而應提供彈性的品質管理系統，讓直接使用者（即網路營運者）根據自身的營運目標調整其品質管理系統，進而服務最終使用者。

11.3.4.2 應用服務之分類與品質要求之分析

UMTS 組織將網路上風行的應用依時效與品質需求概略分為四大類，而這四類服務的特性以及對品質的要求各不相同，表11.3及圖11.1是簡要分析：

表11.3 UMTS 服務分類

類別	應用例	Delay Sensitivity	Jitter Sensitivity	Packet Loss Sensitivity
Conversational	語音服務，影像電話	High	High	Low
Streaming	VoD	Medium	High	Low
Interactive	WWW, Telnet	Medium	Low	High
Background	E-Mail	Low	no	High

Classification of Network Services

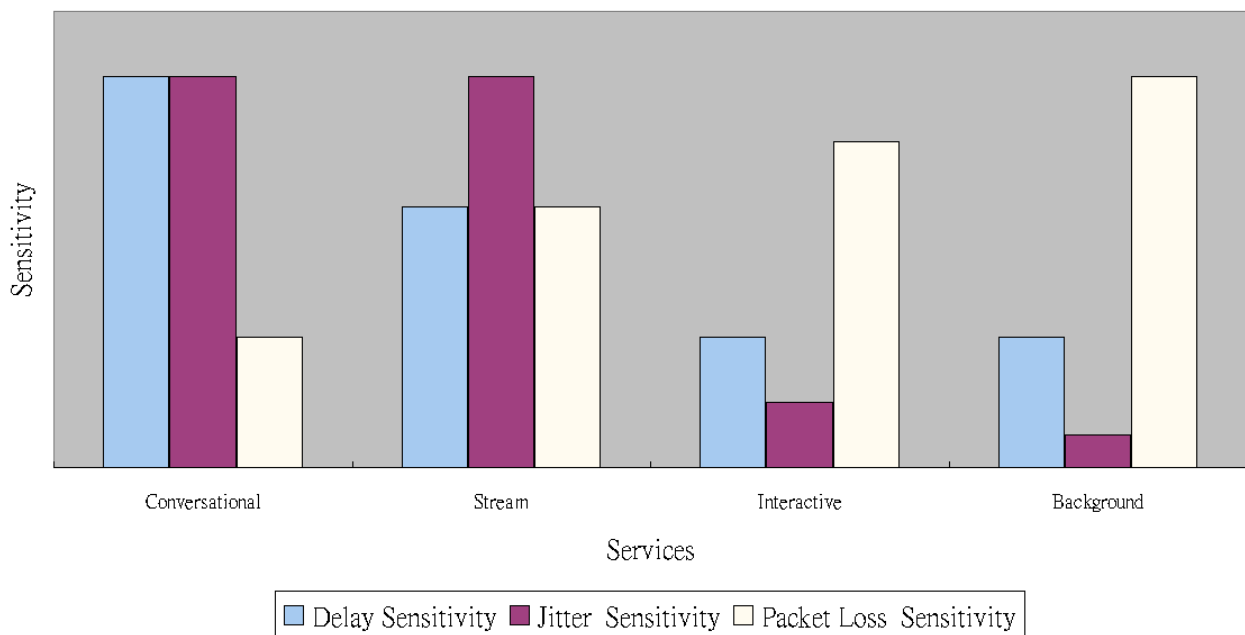


圖 11.1 UMTS 各類服務之特性

Conversational class services 主要用來支援人類的雙向溝通，根據人類感官之經驗歸納，此種服務對 delay time 與 jitter 相當敏感，使用者在 delay time 超過 300 ms 時，就難以忍受其通話品質 (ITU-t G.114 標準對 VoIP 的 delay time 要求是 150ms)。相反的，對於 packet loss 則較可忍受。

Streaming class service 則要求持續穩定的 packet flow，因此對 jitter 相當敏感，反之，對 delay time 則有較高的容忍度。在傳送影音資料時，對 packet loss 也可忍受。

Interactive class 與 Background class 都屬於 data communication 的服務，可容忍較長的資料傳送時間，但是要求精準的資料傳送，因此幾乎無法忍受資料的 loss。

面對品質要求即時化，多樣化且負載極高的 All-IP 網路，其品質管理複雜度遠比單純的語音或數據網路複雜。猶如管理大小汽車與機車爭道的一般街道遠比車種單純的高速公路複雜一樣，All-IP 網路上的品質管理是一大技術挑戰。網路管理系統必須提供適當的資源管理機制管理不同服務的資源運用，並讓管理者可輕易的調校網路，使得各類服務都可以獲得適當的品質服務。

11.3.4.3 網路異質性對品質管理之影響

現有網路已經具備高度異質性，未來網路之異質性更遠高於現有系統，尤其是接取網路方面，由個人區域網路、無線區域網路、行動通訊接取網路與衛星/數位廣播/固定接取網路等多種異質接取網路相輔相成所建構而成。要在此種環境下提供 end-to-end QoS 將是一大挑戰。更有甚者，很多既有的通訊協定之設計並未考慮網路異質性，因而在異質網路上執行時之效能會遭到損傷。

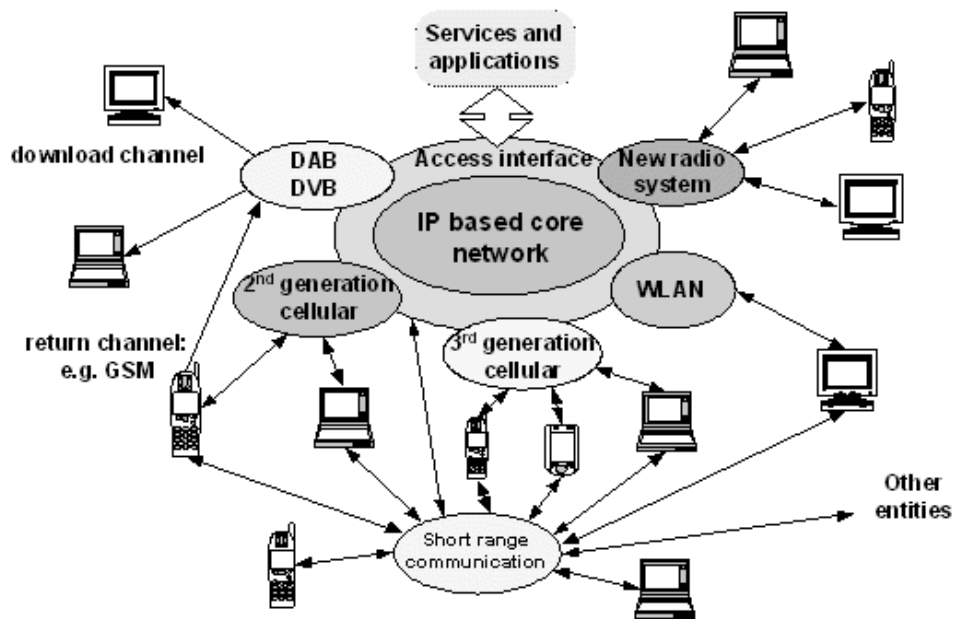


圖 11.2 異質性網路組成新世代網路

網路異質性使得一個呼叫(call)/服務要求(request)可能橫跨數個特性不同的網路，例如由一個3G 手機連到3G無線接取網路，接到核心網路，再連到一個無線區域網路(Wi-Fi)。這些不同網路有不同的頻寬，不同的通訊協定，不同的品質機制或參數，在網路介面上產生銜接的困難，我們稱之為 **impedance mismatch**。例如，一個高頻寬的 Wi-Fi 接到一個低頻寬的 GPRS 網路時，一個呼叫 (call) 無法維持高頻寬的服務，必須降低頻寬以配合 GPRS 的速率。又如某一段網域用DiffServ 作為品質管理機制，每一個呼叫都應該根據其品質要求被適當歸類以資提供適當的資源，但另一個鄰接的網路卻未提供DiffServ服務，如此DiffServ網路無足夠資訊將承接的呼叫歸類，導致DiffServ 無法順利運作。此種 mismatch 稱為**水平 impedance mismatch**。

除了水平的 impedance mismatch 之外，另有**垂直 impedance mismatch**，例如，DiffServ 網域的分類與下層網路（例如 ATM）就大不相同，兩者之間沒有一定的對應關係，難以用自動方式定義兩者之間的對應關係，以致網路管理者必須根據實際情況將高層的 DiffServ 參數以個案方式對應到下層的 ATM（或其他種類）網路，造成網路管理的極大障礙。因此，有必要積極投入研究，建立系統化自動化的管理方式克服各網域之間或各種通訊協定之間的 impedance mismatch。

11.3.4.4 QoS-Aware 資源管理

給予一個網路服務充足的資源乃是保證品質的首要。資源調配分為兩階段，一是在資源規劃及建置階段，根據長期需求預測建置足夠的資源。如果建置的資源不足，單憑資源管理技術並無法完全滿足所有的訊務需求。第二階段是假設有足夠的資源下，在運轉階段適當的調配資源盡量提高營運者的滿意度。

在All-IP 網路上管理資源，可以依需求的急迫性訂定不同價格，並依價格訂定使用資源的優先度。如此，急迫性的需求可以獲得優先的服務，而非急迫性的需求則可用較低的價格獲得次優先的服務，如此，可以提高整體滿意度。

11.3.4.5 Per-flow QoS 管理

當一個訊務進入一個All-IP網路時，All-IP網路有責任在提供服務時保證其服務品質。但在異質性極高的下一代網路上，要提供 per-flow end-to-end QoS是一項複雜度極高的工作。由近年的許多實證研究中，可以歸納出幾個主要的對策：

(A) Over Provisioning

保證 QoS 最簡便的方法是使用充裕的資源保留給每一位使用者或 service request，此法簡單有效，但是只有在資源過剩時才得以實施。例如：近年骨幹頻寬大幅過剩的情況下，此法就非常合適，但當access link 也是光纖化之後，骨幹頻寬就不再大幅過剩，屆時此法就不再適用。

(B) End-to-end 資源保留

使用 RSVP 技術，在提供服務之前，先找出路徑，並保留資源以達到服務品質之保證，可惜此法因為維運負擔(overhead) 極重，每一個資源管理者都需要維護大量的「資源保留資訊」，無法為大型網路所接受。

(C) Aggregation

由於 per-flow QoS 將造成大量的管理負擔，可以使用 aggregation 技術將許多 flow 歸併，減低管理負擔。

(D) 分級分流管理，分級收費

以往不分等級的 flat rate (吃到飽) 服務費率將造成資源浪費，且會降低整體服務品質。將訊務分級管理，分級收費將可以提高資源使用效率。此外，當不同等級之應用服務分享同一資源時，可能會因為特性之不同而產生嚴重的資源排擠效果，以致降低整體服務品質，而分流管理可以避免此種情形。例如，UDP 服務與 TCP 服務 traffic 如果一起享用同一個網路資源時，UDP 可能會佔用較多的有效頻寬，排擠到 TCP 的使用資源。很多研究結果顯示，將UDP 與 TCP 分流管理，在網路負擔很重時，可能可以獲得更好的整體效率。

11.3.5 QoS 管理相關技術

為了在IP網路上提供具品質保證的服務，IETF (Internet Engineering Task Force) 制定了 *IntServ* (Integrated Service)[31]與 *DiffServ* (Differentiated Service)兩種機制[32]，這兩種機制各有優缺點，引發了一些後續的研究試圖提供更有效的品質管理機制，略述於本章。

11.3.5.1 Integrated Service (IntServ)

IntServ使用 *RSVP* (Resource Reservation Protocol) 針對各個訊務建立一條保留頻寬的虛擬通道 (virtual circuit)以滿足其QoS需求[31]。在建立通道時順便保留資源，傳送端每隔一段時間會傳送 *PATH*的訊息至接受端，內容包含訊務的種類與需求的資源等訊息，接收端在收到此訊息後會傳送 *RESV*(reserve)訊息，循著 *PATH* 訊息傳送的路徑回到傳送端，沿途每個節點會處理 *RESV*訊息並保留資源，當 *RESV*訊息回到傳送端後，一個保留資源的虛擬通道便建立完成。由於其對每一個訊務都進行資源保留，因此我們稱之為 *per-flow RSVP*。這種方法有其好處：它對每一個允入的訊務提供了高可靠度的end-to-end QoS保證 (Per-flow end-to-end QoS)，每個訊務都可以監控管理，並且可以運用現有的路由協定 (routing protocols)。IntServ之重大的缺點在於建立虛擬通道時，路徑中每個節點都要參與，且須保留每個訊務的使用狀態，不但建立虛擬通道時計算負擔極重，網路維運的額外負擔亦不輕，使得網路在擴充性(scalability) 上受到極大的限制，只能適用於小型網路。

此外，如果訊務必須跨越不同網路時，不同網路間為了保證品質所需的協調聯絡也過於複

雜，大幅增加建置成本。

11.3.5.2 Differentiated Service (DiffServ)

DiffServ[4]則採用與IntServ不同的策略來提供服務品質保證。DiffServ是將具有相似QoS需求的訊務合併一起處理，每一個節點對同一類型的資料提供相同的服務等級，而不針對個別的訊務提供end-to-end QoS保證。每一類型的資料會有其相對應的*Per-Hop Behavior (PHB)*在DiffServ domain上傳送。此法雖無法達到如IntServ般高可靠度的end-to-end QoS保證，但卻可以解決IntServ在擴充性和實際運作上的潛在問題，因此DiffServ的架構漸漸取得其主流地位，但如何在DiffServ的架構上提供Per-flow end-to-end QoS保證正是亟待解決的主要問題。

一個DiffServ Domain是由許多個提供DiffServ服務執行相同PHB且相連的節點所組成，這些節點可分為*edge router*和*core router*。如圖11.3，X domain為一沒有DiffServ功能的網域，Y和Z domain為各別的兩個DiffServ網域，兩者可能執行不同的PHB，對同類別的資料可有不同的標誌(DSCP)。與其他網域連結的點統稱為*edge router*，此又分為*Ingress*和*Egress*，分別表示訊務進入網域和離開網域的節點，而沒有與其他domain相連接的節點稱為*core router*。

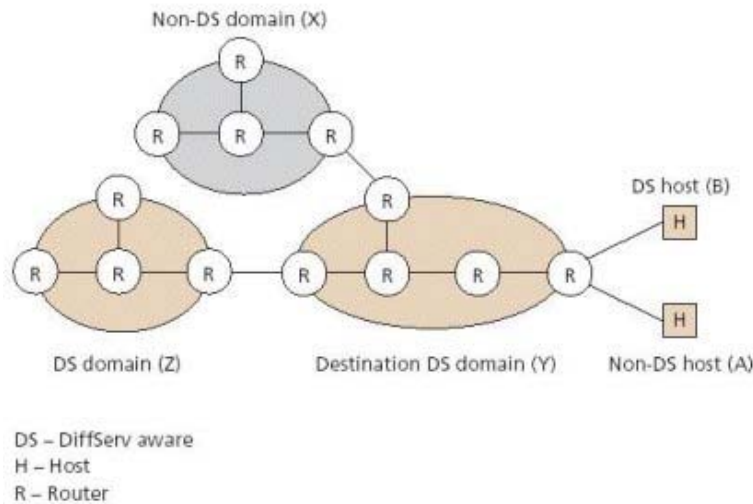


圖11.3 DiffServ Domain架構

DiffServ中依訊務型態不同定義了幾種基本的服務種類：

- **Expedited Forwarding (EF)**：EF係最高等級的服務，必須提供足夠的資源以降低任何網路壅塞時可能的延遲，可用來支援VoIP，VoD等對延遲時間極度敏感的服務。
- **Assured Forwarding (AF)**：AF等級提供較EF為寬鬆的QoS保證，亦即QoS較為不穩定，系統並不提供十足的資源以獲得絕對的QoS保證。AF等級之訊務可賦予不同之捨棄等級(drop precedence)，當資源不足時，依據所服務的訊務之捨棄等級挑選優先捨棄的封包。
- **Best Effort (BE)**：DiffServ並不刻意保留資源給BE等級之服務，因此幾乎不提供任何QoS保證，可用以支援沒有時效性需求之服務（例如：email 或ftp）或來自不支援DiffServ網域之訊務。

DiffServ架構的設計主要有兩個功能來管理和控制網路上的資料傳遞：

- **分類 (Classifying)**: 依據某些參數，例如來源和目的地的IP位址、應用程式、埠號(port number)、或網路通訊協定等，將訊務分類。
- **監控 (Policing)**: 細分為三種監控功能，
 - (a) **Metering**: 測量某一訊務的data rate與burst size等參數，提供給其他控制元件，例如Shaper、Dropper等，用以控制網路流量或計費之參考；
 - (b) **Shaping**: 控制同一個訊務的封包傳送速度，以符合傳送前所訂定的流量特性(traffic profile)，避免超額流量造成網路壅塞；
 - (c) **Dropping**: 根據上面的結果放棄封包來減低網路負荷。

綜觀以上兩種服務品質保證之方法，若以IntServ方法來提供服務品質保證，則服務網域會因為控制訊息數量成長快速而受到限制，並且RSVP路徑尋找方法所產生的訊務量(RSVP message)也會導致整個網路要負擔額外增加流量。反之，若採用DiffServ方法來提供服務品質保證，所有的訊務被歸納為三個不同的 QoS服務等級，只在每個core router提供相對的品質保證，所以在純粹DiffServ Domain環境下，我們無法針對每個訊務提供真正的end-to-end QoS。 IETF正嘗試另定標準融合IntServ與DiffServ兩種機制。

11.3.5.3 幹管法(Trunk)

減低網管負擔的一個趨勢，是將許多訊務歸併一併處理。幹管法為一個訊務集中管理機制，將相同起點與終點之訊務歸併為一幹管，事先保留資源，統一管理。路由器只需管理幹管，而非個別訊務。所以，當一個訊務要求進入網域時，只需選定一個適當幹管容納該訊務即可，若無適當幹管可用時，則進行資源保留以建立一個合適之新幹管。由於其對每一個幹管都進行資源保留，因此我們稱之為*per-trunk RSVP*。此種方法之缺點為效率之損失，幹管所保留之資源可能超過所需而無法挪給其他有需求之服務使用，導致網路在有剩餘資源之情況下拒絕欲進入的訊務。如果將幹管法用於橫跨數個國家的網路時，所浪費的保留頻寬將非常可觀。

11.3.5.4 TEQUILA與AQUILA

TEQUILA (The Traffic Engineering for Quality of Service in the Internet at Large Scale) 是許多歐洲的電信業者所共同贊助的一個計畫[21, 23]，目標是研究網路服務的定義並提出一些traffic engineering的工具來達成質量兼具之服務品質保證。TEQUILA的架構可分為三個主要的部分，Service Level Specifications Management (SLS Management)負責處理客戶的服務品質要求，Traffic Engineering負責QoS的協調工作，而底層的Data Plane則是負責實際資料的傳送。客戶端將其對於服務品質的需求以*SLS (Service Level Specifications)*之形式與SLS Management進行協調，系統則根據目前的負荷能力決定是否接受此SLS。若接受，則Traffic Engineering下的Network Dimensioning元件則根據SLS Management和系統的管理政策制訂者，Policy Management，所給予的資訊來協調網路上資源的運用，然後由Dynamic Route Management和Dynamic Resource Management等元件來執行真正的資源管理和封包的傳送。目前TEQUILA 計畫仍在進行當中，許多細部的功能元件尚在討論研究階段。

AQUILA (Adaptive Resource Control for QoS Using an IP-based Layered Architecture)是歐洲另一個研究網路服務品質的計畫，主要目標是想在Internet 上設計一個能支持服務品質的架構[3, 6]。類似TEQUILA計畫， AQUILA仍在進行當中，許多細部的功能元件尚在討論研究階段。

11.3.5.5 分散式允入架構

在階層式管理架構中，資源允入管理可分為集中式與分散式管理。分散式允入管理架構眾多，我們以Victor O.K. Li等人所提出的系統為代表[30]，基本網路分成多個核心網路，核心網路所採用的QoS機制為DiffServ。不同於以往集中管理資源之作法，此架構以核心網路為管理單位，核心網路之各個Ingress與各個Egress間有數條預先計算好的路徑，路徑的頻寬資源由Bandwidth Broker (BB)分配，再由Ingress Router執行允入控制。每隔一段固定時間，BB檢視各個Ingress Router之路徑資源使用效能，依據平均資源使用情況與最新資源使用情況調配路徑資源。此種方法所採用的資源保留方式是介於per-flow RSVP(IntServ)與per-trunk RSVP (幹管法)之間。隨著資源重分配的間隔時間而定，間隔愈長則愈像per-trunk RSVP，反之則較像per-flow RSVP，其資源使用之效率與即時運作之負擔也是介於兩者之間。

11.3.5.6 結語

由以上的討論可知，在實際網路中欲在有效利用資源之前提下提供per-flow end-to-end QoS保證是挑戰性極高之任務，可行之技術均擁有有數項特點：

- 時效性訊務必須循特定路徑傳送，方能控制延遲時間
- 訊務需適度歸併，以減低管理負擔
- 必須降低資源保留所導致之資源浪費，以提高資源使用效率

11.4 BBQ：All-IP網路上以預算為基礎之品質管理架構

BBQ (Budget-Based QoS Management Infrastructure) 是政治大學資科系行動計算與網路通訊實驗室所提出的一個品質管理架構以及相關的管理工具，網路營運者將可運用此項技術輕易的調校自身所營運的網路以追求使用者最高滿意度或營運者的最大滿意度。BBQ 採用以預算方式控制每個子網路之品質範圍及資源之使用以支援end-to-end 品質管理。

11.4.1 BBQ 設計理念

11.4.1.1 設計原則

(A) 簡單原則

屬於不同營運者的核心網路與接取網路之間透過一連串的網路互連協定，包括通訊協定及SLA (Service Level Agreement)，連結在一起共同提供end-to-end服務。這些網路互連協定構成一個非常複雜的運作環境，因此，一個可行的管理架構所包含的各種機制或協定必須非常簡單，換言之，管理機制愈簡單則可行性愈高。我們的架構設計在很多地方必須小心的在效率與簡單之間做困難的抉擇。網路營運者在運用管理工具調校網路時，也應秉持這個原則。

(B)採用以預算為基礎的品質管理概念研究end-to-end品質管理機制

(C)以批發零售的方法設計易於管理的核心網路品質管理機制

(D) QoS責任分工架構

根據簡單原則，我們假設每一個網路元件（例如一個鏈路）可以忠實的提供所承諾的服務品質（例如：95%信度下延遲時間小於10ms）[5]，而目前我們所設計的最佳化工具都假設品質指標具可加性 (additive)。在這種假設下，上層管理機制可以根據計算結果控制每

一個網路元件的品質，而不需依靠即時的網路狀況估計或監測，以得到各個元件之品質狀況。階層式的權責分工如表11.4所示：

表11.4 QoS責任分工架構

層次	QoS責任
IP 以上	提供end-to-end QoS, 例如：IntServ, BBQ
IP	提供鏈路階層之 QoS: 例如：DiffServ
MPLS	在核心網路中快速傳輸IP封包
ATM/ Ether Switch	提供快速交換式封包轉送能力及基本的QoS機制，例如： traffic engineering, CBR, rt-VBR, nrt-VBR, UBR
實體層	提供充足的鏈路頻寬

在最下層的實體層，對QoS的貢獻主要在頻寬的擴增，最常見者乃運用光纖以及DWDM技術大幅擴增頻寬。在ATM層則提供快速的轉送能力及基本的QoS能力，例如CBR、rt-VBR、nrt-VBR、UBR等。但是這只是針對某一個ATM網路的品質管制，並未能提供 End-to-End QoS，而且當初ATM設計時並未針對IP網路設計，故不盡符合IP網路的要求。仍然需要透過一層 IP over ATM的轉換才能支援IP網路，不免影響效率增加傳輸時間。由於ATM之不足而有MPLS之出現，試圖彌補ATM與IP之間的縫隙，可大幅提高傳輸效率降低延遲時間，使得ATM網路更適合提供即時（real time）的IP服務。但仍然無法提供end-to-end的QoS。在IP層之上，網路管理者必須提供 End-to-End QoS，對於所有QoS參數均需提供相當程度的保證。

在網路尚未有統一標準之前，採用分層結構可以保有必要彈性，可以隨著技術演進以局部方式汰換網路元件，大幅降低開發成本與縮短開發時程。但是分層結構不免導致效率降低，傳輸時間延遲，層間介面整合不易。對於時效性服務而言，各層之間的介面所造成的時間延遲與QoS轉換更成為絆腳石，因此，既然IP通訊協定已經成為世界共通標準，似乎可以揚棄分層結構，直接將IP通訊協定建置在光纖網路上。第一步，先將ATM層去掉，將IP協定建在SDH網路上，第二步再將IP通訊協定建置在光纖網路上。基於這個趨勢，本研究將注重於在IP層提供end-to-end品質管理所需的技術，採用 DiffServ QoS環境，而下層的實體網路則由IP層覆蓋，提供透通性。

11.4.1.2 即時資源分配與預先資源管理

資源之管理可使用預先分配法或即時管理法。即時管理法用於QoS中較著名的協定為RSVP。在即時管理的方式之下，允入控制元件(Admission Controller)對於可用資源的掌握較少，只在訊務要進入網域時才臨時去向資源配置元件提出資源配置要求並選擇路徑，以此做允入控制。此法之好處是可避免資源配置過量造成浪費，且進入網域的訊務都可以得到一定的品質保證，但是當網路上的流量逐漸增大，繞徑及資源管理訊息會隨著成長，漸漸成為管理上的一大負擔，並且尋找路徑的負擔會對網路造成相當的影響。在尋找路徑時，必須耗費相當的運算時間才能求得好的路徑，因此對於時間敏感度高的訊務並不適用即時的繞徑運算。綜合以上討論，即時管理在實際執行上易受到較多限制，不適合大型網路。

相較於即時管理法，預先分配法可容忍耗費較高的計算時間，進行較複雜之計算程序以達到資源分配最佳化，但受限於預測不準確而不易針對網路之即時狀況做最佳資源分配，只適用於訊務具高度可預測性之情況。在BBQ架構下我們提供一系列的預先規劃工具供營路營運者使用。每個Ingress記錄過去各時間點各種訊務需求的統計資料，利用這些歷史資

料來預測各不同時段所需資源，據以進行預先資源分配。此外，現階段我們假設網域的資源僅涵蓋附有品質保證之鏈路頻寬。

網路上的訊務流量需求並不一定非常規律，預測的頻寬需求可能與實際情況出現誤差。除了盡可能提高預測之準確度之外，網路營運者可以採取BBQ所提供的誤差彌補方案以減少因預測誤差所導致的資源浪費。

11.4.1.3 分級服務政策

對於具時效性(time-sensitive)並有連續性質(connection-oriented)的訊務需求(TSCO)，例如Conversational及Streaming類的服務，BBQ的允入控制元件會啟動一個設定程序(call setup procedure)去保留所需之資源以提供end-to-end QoS保證。對於其他種類的服務，BBQ並不個別保留資源，亦即以Best Effort方式提供服務。網路營運者根據服務品質保證訂定價格，而使用者則根據自身需求及價格挑選適合之服務種類。

對網路營運者而言，為了滿足所有可能之訊務需求以追求最大利潤，對於非TSCO之訊務仍應於網路建置階段盡可能預估潛在之需求並建置足夠之網路資源，方能於營運階段避免拒絕太多訊務需求，且能提供合理的品質予非TSCO之訊務。如果網路建置足夠資源以容納預期之TSCO與非TSCO之訊務需求，在營運時更可挪用原為非TSCO訊務所建置之資源以應付遽增之TSCO需求，而延後處理非TSCO訊務。如此，建置給非TSCO訊務之網路容量可發揮類似水庫之資源調節功能。(建置時期之網路規劃不在本文之討論範圍)。

Interactive類訊務雖然有相當程度之時效需求而且也有連續性質，但是由於其封包並非密集的持續傳送，因此並不適合為個別封包保留資源，實際運作時，可直接當作DiffServ之AF類處理，BBQ不需特別處理。我們的研究專注於提供解決方案予TSCO類的服務品質保證。

11.4.1.4 Path-Centric Per-flow End-to-End服務品質保證

由於封包經過的路徑直接影響其傳遞所需時間，封包如果遵循特定路徑傳送時，其傳輸時間較容易控制。因此BBQ採用指定路徑的作法，在TSCO類需求欲進入網路時，允入控制元件會為其指定路徑並保留所需資源。指定路徑法可為所允入之訊務保證其品質，品質管理架構之挑戰則在於提供適當機制降低在訊務允入時執行call setup procedure所需的負擔(overhead)，並且盡力提高系統資源的使用效率，以有限資源提供最高的目標達成率。

11.4.2 承載服務

11.4.2.1 承載服務架構

每當一個封包需要傳遞至目的地時，封包所行經的子網路均須為該封包提供承載服務。根據我們的設計，一個All-IP網路需要提供的承載服務，分別為入口與出口接取網路及骨幹網路，而骨幹網路係由多個核心網路互連而成。一條short-path由一個核心網路承載，一條long-path由幾個核心網路共同承載，而一條end-to-end path則由以上這些子網路共同承載，如圖11.4所示：

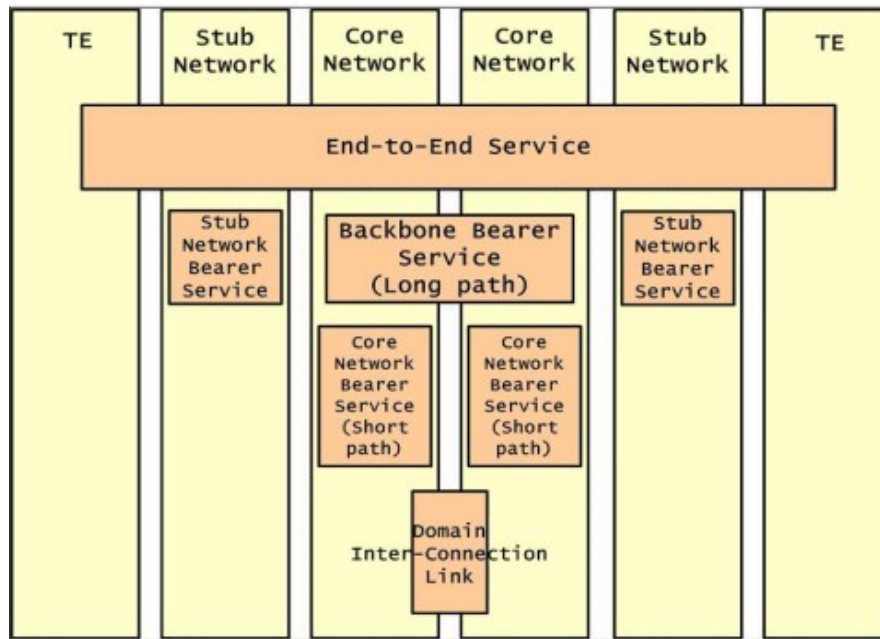


圖11.4 End-to-End承載服務

11.4.2.2 承載服務設計

為了降低在訊務允入時執行call setup procedure所需的負擔，我們將資源保留的任務分成兩階段執行。第一階段，預先規劃階段，核心網路管理元件根據需求之歷史資料將所擁有之資源（所屬核心網路內之鏈路頻寬）分配到每個edge router，每個edge router將所獲配之資源組成從edge router到其他edge router特定服務品質之 short-path。換言之，網路資源已經由鏈路資源改成更高階的short-path資源，每個edge router在第一階段獲配short-path資源，以備於允入階段時使用。此外每個網路營運者，必須收集所有核心網路所提供的short-path資訊，為來自所屬接入網路進入的訊務規劃合乎品質需求的 end-to-end path。第二階段，允入階段，最前端的允入控制元件為提出允入需求的服務選擇一條事先規劃好的end-to-end path，再根據組成該end-to-end path的short-path逐一向各個核心網路要求保留，以便允入欲進入的訊務。由於實際上一個訊務所經過的核心網路數屈指可數，在允入階段所耗費的管理負擔遠比RSVP協定少，而且在事先規劃階段也可運用較佳的規劃工具獲得更有效率的資源運用。

Short-path資源是由各個edge router所掌控，在為某一TSCO訊務保留short-path時，並不須逐一保留所經過之鏈路，因為鏈路頻寬已經事先以批購方式保留給edge router。

11.4.3 管理系統架構

為了降低管理的複雜度，BBQ採用分散式階層式管理系統，負責規劃資源分配及具服務品質之路徑，其主要目標是要讓網路管理者在所擁有的網路資源下，提供最多符合品質的服務。服務品質管理之階層架構如下： end-to-end服務品質保證協調層（*End-to-End Network QoS Coordination Layer*）負責提供end-to-end服務品質保證，利用下層元件所提供之資源，規劃 long-path和end-to-end path；核心網路資源管理層（*Core Network Resource Management Layer*）負責核心網路之資源管理分配；核心網路資源控制層（*Core Network QoS Control Layer*）負責執行服務品質保證之策略以提供服務品質保證，例如允入控制等。 DiffServ或其他IP層網路則負責執行上層元件所規劃出來服務品質管理策略，屬於下層網路技術。BBQ管理架構具有彈性，可更換底層之網路技術，目前

BBQ假設底層網路架構為DiffServ。

表11.5 BBQ管理系統層級分工

層級	作用
end-to-end服務品質保證協調層	end-to-end服務品質控制，包括資源和路徑規劃
核心網路資源管理層	核心網路資源管理分配
核心網路資源控制層	執行核心網路服務品質策略
DiffServ	執行上層資源管理架構所設定策略

遵循簡單原則，BBQ將管理任務根據表四的架構分解成許多小任務，交付給特定軟體 (agent)，這些agent自主的執行所指定之任務，非必要時不須與中央管理者協商。如此，依據BBQ管理架構所建置的網路之反應時間將非常快速。以下簡介我們所提出的資源規劃，分配與保留等各種機制。

• 長期事先規劃

- 每一個核心網路公佈其short-path資訊及其品質保證。
- 核心網路內的long-path planning agent為其網路內預期會產生之訊務規劃合乎品質及頻寬需求之long-path，再加上接取網路之路徑即成end-to-end path。
- 每個核心網路綜合所有經過該網路的long-path計算所需的short-path資源，並建置足夠容量的網路資源以應付未來所需。

• 短期事先規劃

- 各核心網路內的Bandwidth Broker(BB)依據所預測之需求將所擁有之鏈路頻寬分割，分配給各個edge router。
- 各個edge router內的path planning agent將獲配的鏈路頻寬組成short-path。如此，各鏈路的頻寬在允入階段之起始時間保留給short-path。

• 允入階段之資源保留

- 當一個訊務欲進入網路時，入口接取網路的允入控制元件啟動一個call setup procedure，根據訊務之頻寬及品質需求挑選一條符合需求之long-path，並向long-path所經過之核心網路要求保留合適之short-path及所需之互連鏈路。
- 如果call setup procedure執行成功則允入該訊務，否則拒絕，並決定是否向BB要求更多網路資源（或進行其他資源重整程序以備應付後續的訊務需求）。

我們將時間分成時段，每一時段可採用不同之資源管理機制，而每一個時段在執行允入之前，都在先前的某一個「短期事先規劃」階段規劃所需之short-path（例如：每天12-5am規劃當天所有時段所需資源），而在允入時段之起始點實際保留所需的鏈路頻寬，在執行允入任務時可以立刻決定是否允入一個訊務。「長期事先規劃」之執行頻率則可低於「短期事先規劃」，而且所規劃出的long-path並不必要實際保留網路資源，此因太過繁瑣的跨核心網路資源保留方式可能浪費太多寶貴資源而不切實際，其規劃之主要目的在於提供需求資訊給網路營運者，以便其預先建置足夠網路資源。此外，以上的機制都需要強大的資源規劃最佳化工具以提高資源使用效率。我們已經發展了一些工具可供運用 [15, 16, 17, 18]。

11.4.4 End-to-End品質管理

BBQ架構中，品質管理之一個重要任務是為預期中的訊務規劃一組符合end-to-end 品質需求之end-to-end path，並提供給網路營運者以預先建置足夠資源以應付預期之訊務。由於All-IP網路是由許多獨立的網路互連而成，我們假設並不存在一個可以為整個網路規劃end-to-end path的管理者，因此long-path及end-to-end path之規劃必須由各個核心網路獨立負責，彼此合作，各自規劃自身網路訊務所需之end-to-end path。

11.4.4.1 Long-path Planning Agent

如圖11.5 所示，每個核心網路均有一個軟體元件，*CNC* (*Core Network Coordinator*)，是核心網路的中央管理者，負責處理所有須要集中處理之任務，其中一個元件，*LPPA* (*Long-path Planning Agent*)，負責規劃long-path。所有核心網路之LPPA互相合作規劃出各自所需之long-path。

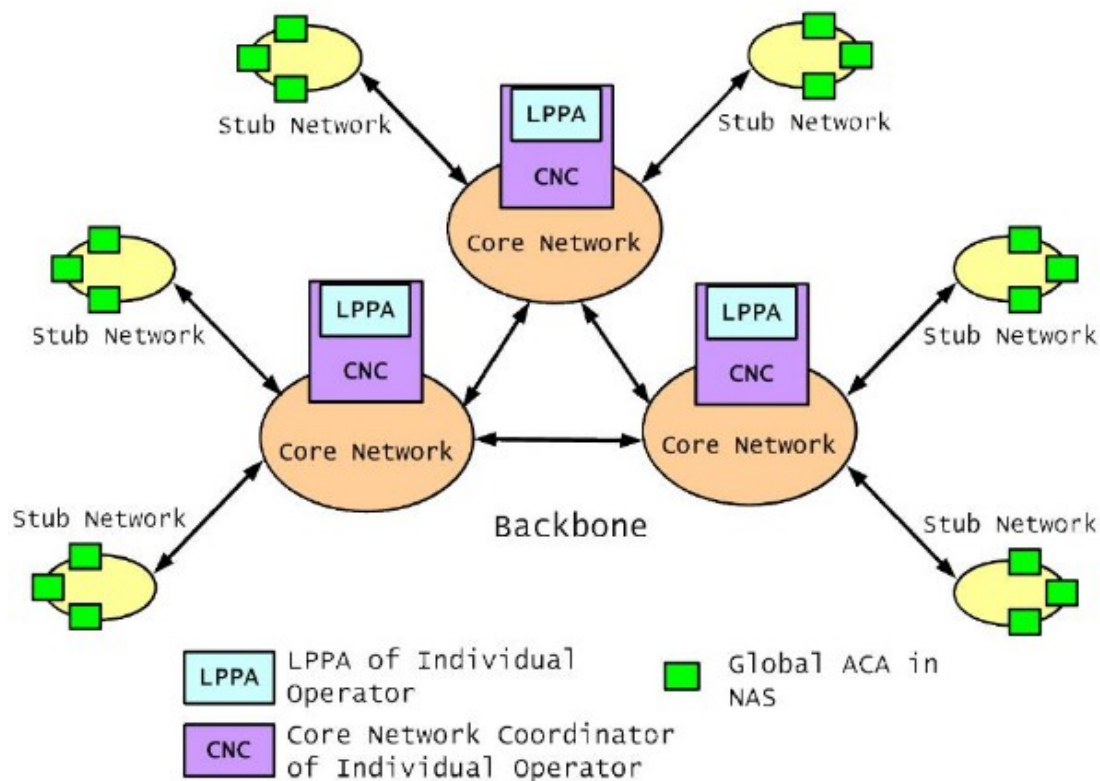


圖11.5 Long-Path Planning Agent.

11.4.4.2 前端允入控制

接入網路的網路接入伺服器上則有一個軟體元件，*Global ACA* (*Global Admission Control Agent*)，負責最前端的允入控制。所有欲進入該接入網路的訊務，均由Global ACA負責為其選擇路徑並向各核心網路之ACA請求保留所需之short-path。其程序如圖11.6 所示。

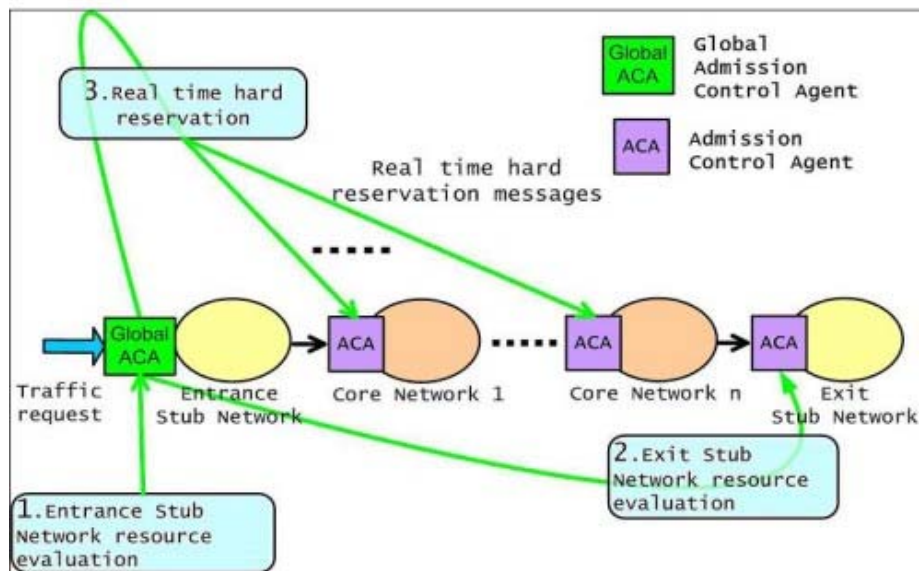


圖11.6 前端允入控制程序

1. 當訊務進入時，啟動call setup procedure
2. 從規劃好之long-path中挑選符合頻寬及品質需求之long-path
3. 向入口及出口接取網路提出保留short-path之要求
4. 根據long-path找出所有short-path及其負責之edge router，並提出保留short-path及所需之互連鏈路之要求
5. 所有接到保留short-path要求之ACA及IG進行保留程序
6. 如果全部成功，則允入該訊務並指定long-path
7. 如果不完全成功，則選擇其他long-path，或拒絕訊務之進入

如前所述，一條long-path所經過之核心網路為數不多，上述程序之執行時間及負擔比其他方法（例如RSVP）少。

11.4.4.3 資源規劃最佳化

在長期事先規劃階段，由眾多short-path中以最有效率的方式規劃long-path 是一個典型的最佳化問題，我們利用Integer Programming方式進行最佳化。相關參數包括每一條short-path上相關的服務品質參數（quality parameters）、剩餘容量（residual bandwidth）、和相關使用成本等等。為了因應不同的規劃需求，我們發展了一系列最佳化模型及解決方案。在最簡單的模型中，彈性變動的參數包括short-path的品質及其容量，各個鏈路及short-path的品質參數是單一值，沒有選擇餘地，而其容量亦無限制。當long-path規劃完成之後，網路營運者再根據需求建置足夠之網路容量。在比較複雜的模型中，各個鏈路的容量是確定的且不再增加，而其品質參數則隨著承諾允入訊務之多寡而變動，在此種情況下，網路營運者須先規劃各鏈路的承諾允入訊務及其可保證之品質，在計算時必須考慮各鏈路與short-path之剩餘容量，而最佳化模型將因而比前者複雜許多。以下是一個一般化的最佳化模型，細節可參考[15]。

Maximize
 滿意度指標
 Subject to
 符合有限的資源之限制
 符合路徑品質需求
 滿足不同種類之需求

11.4.5 核心網路之品質管理

一個核心網路由一個營運者所獨自擁有，在BBQ架構下，每個核心網路負責提供網路內之short-path（由某一Ingress至另一Egress），並保證其服務品質。所允入的訊務，將循指定的路徑傳送，在承諾的訊務量內，其品質將獲得保證。Edge router內的ACA將負責將允入的訊務控制在承諾的範圍內。為了加速允入程序，每個edge router都事先獲配有相當容量的short-path，因此允入程序可以快速執行。

當訊務的型態可預測時，事先資源規劃法有相當的好處，我們所提出的方案適用於訊務具備可預測性的網路。我們可根據訊務變化情況，將時間切成許多小時段，並從歷史訊務資料中找出相似時段，再根據歷史資料規劃未來時段的資源配置。我們根據這種情況，設計了一系列的規劃工具讓網路營運者盡力提高資源使用效率。

11.4.5.1 DiffServ-Like核心網路

我們假設核心網路具有類似DiffServ機制之能力如圖11.3及圖11.7所示。一個核心網路為由edge router與core router組成，與其他網域連結的點統稱為 edge router，又分為Ingress和Egress，分別表示訊務進入網域和離開網域的節點；沒有與其他domain相連接的節點稱為core router。

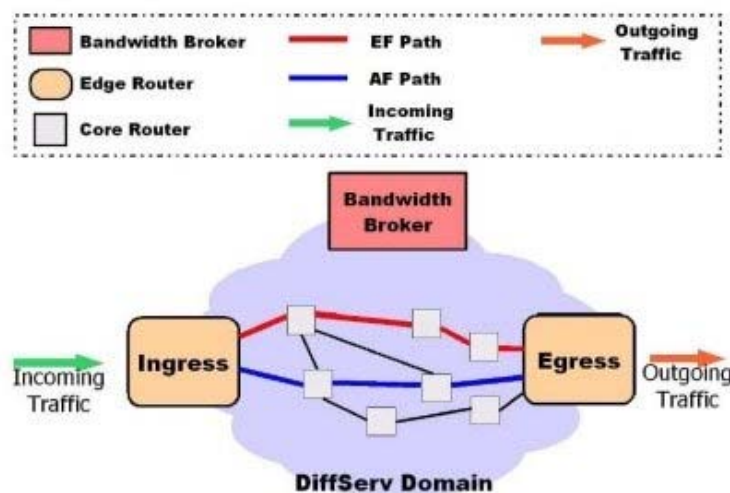


圖11.7 DiffServ-Like核心網路架構

11.4.5.2 核心網路品質管理軟體架構

除了core router僅負責傳遞資料外，QoS的管理主要分散在CNC與各個 edge router上。其功能分述如下：

- 核心網路協調元件(*Core Network Coordinator*, CNC)

在每一個核心網路之中皆有一個核心網路協調元件(以下簡稱CNC)，是核心網路之主要控制元件，也是與其他核心網路協調之對外窗口，其內包含三個元件：

(a) *Bandwidth Broker*, BB:

負責分配核心網路內的資源，BBQ採用分層管理的精神，在資源規劃階段將核心網路內的頻寬資源分配予各個Ingress運用。

(b) *Long-Path Planning Agent, LPPA* :

負責與其他核心網路之CNC協調，為本地網路所發出之訊務規劃long-path。

(c) *Short-Path Planning Agent, SPPA* :

根據對欲進入該核心網路之訊務之預測，以中央集中式計算short-path 及附帶之頻寬分配予各Ingress。

• 入口路由器 (*Ingress*)

Ingress負責向BB批購各鏈路的頻寬資源，組成short-path，並執行訊務允入任務。內含三個元件：

(a) 頻寬訂購代理人 (*Bandwidth Order Agent, BOA*) :

如果採用分散式頻寬分配時，根據CNC內之SPPA所提供之short-path資訊供給計算最佳鏈路頻寬批購量，向CNC元件訂購所需的頻寬交由Local SPPA規劃成可用之short-path。

(b) 允入控制代理人 (*Admission Control Agent, ACA*) :

執行允入控制，依據所掌握的short-path資源是否可以滿足訊務之頻寬與品質需求決定是否允入某一訊務。

(c) 路徑規劃元件 (*Local Short Path Planning Agent, Local SPPA*) :

負責將BOA所批購回來的鏈路資源規劃成附有各種品質保證的short-path，供ACA在系統執行時使用，各個Local SPPA可根據各個edge router的情況選擇規劃方法，不一定強求一致。

• 出口路由器 (*Egress*)

當資料流結束傳送時，Egress負責釋放原先配置的資源，以利後續進入的訊務使用。

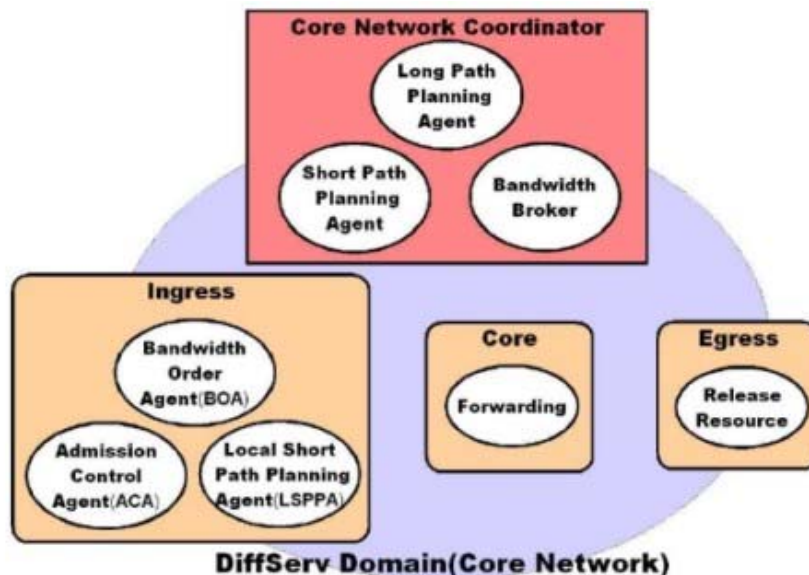


圖11.8 核心網路品質管理軟體架構

11.4.5.3 Short-Path規劃程序

核心網路內每一個鏈結的頻寬皆由CNC中的Bandwidth Broker統一分配，BBQ兼採集中與

分散式方法作資源規劃及分配。第一階段採用集中式統一由 CNC內的SPPA規劃與分配，如果有必要時，則進行第二階段分散式的資源分配，由edge router內的BOA根據需求預測，向BB批購每一個鏈結的部份頻寬，批購所得的各段鏈結頻寬由edge router自由使用，由Ingress內的Local SPPA組成各種short-path於允入階段分配給進來的訊務使用，整個規劃與分配流程簡介如下：

1. 將整個訊務型態的歷史資料分成幾個時段，挑選一個與欲進行規劃的時段 (*Concerned Time Period*, CTP)相似的參考時段 (*Reference Time Period*, RTP)，根據此一參考時段的訊務特性為CTP時段規劃資源分配。
2. 此時SPPA會根據此一參考時段內各個Ingress上的short-path 需求和此核心網路所擁有的鏈路資源計算出這些short-path 的實際傳遞路徑及附帶之頻寬與品質保證。所使用的規劃工具將盡可能在有限資源下達到最高滿意度（例如：使用效率最高）。第一階段集中式的資源分配及規劃程序在此結束。必要時（例如：前一階段之規劃出現公平性問題），可進行以下步驟啟動第二階段的分散式資源分配及規劃。
3. 各Ingress中的LPPA將第一階段所得之路徑組，輸入不同參考時段的訊務，得到各鏈結上不同的訊務頻寬需求。由於各時段之訊務不盡相同，所得結果呈現機率分佈。BOA根據此一資訊計算最佳批購量向BB批購。（所謂最佳批購量之定義可由網路營運者根據自身需求定義）。
4. BB收集所有BOA的需求再根據所擁有之資源決定資源分配，BOA提出的需求若未被完全滿足，可嘗試要求替代資源。
5. Local SPPA利用所獲配之鏈路資源規劃出適合的short-path，盡力滿足預期會進來之訊務。這些short-path資源將在允入階段供ACA允入訊務之用。

以上的規劃程序需要數個規劃工具，我們設計了幾個追求最高平均獲益之一般最佳化模型供網路營運者參考使用[15, 16, 17, 18]。

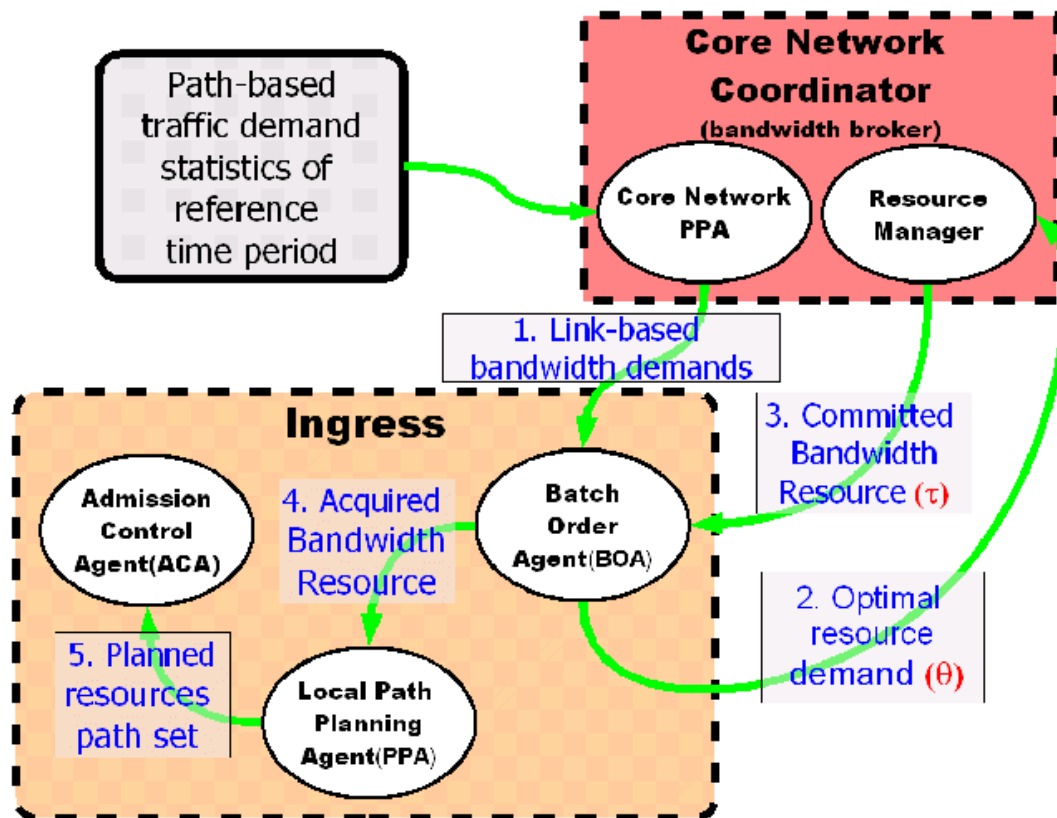


圖11.9 Short-Path規劃程序

11.5 結語

All-IP網路使用IP網路取代電路交換與分封交換網路，比起分離式網路，All-IP網路有各種優勢，不但可以降低建置成本、營運管理成本，更重要者，可以提供一個新的服務平台，使得跨網路的應用成為可能。欲達到整合型網路的理想，我們仍須克服許多困難，其中最關鍵的問題之一即是品質問題。

我們提出了一個品質管理架構，BBQ，供網路營運者提供end-to-end QoS保證予其使用者，本架構具備高度彈性，網路營運者可根據自身需要調校其網路，追求其所定義之最高滿意度。在BBQ架構下，訊務的品質參數以預算方式分配到各網路元件，而各網路元件負責達成承諾的品質，上層的品質管理系統則負責以高效率的方式保證訊務之end-to-end品質。除了管理架構之外，我們也設計了一些資源分配與繞徑等問題之最佳化模型及其解決方案。我們的研究範圍包括核心網路，第三代行動電話網路及無線區域網路。

參考文獻

1. 3rd Generation Partnership Project, "Architecture for an All IP network," *3G TR 23.922 version 1.0.0*, Oct. 1999.
2. 3rd Generation Partnership Project, "QoS Concept and Architecture (Release 5)," *3GPP TS 23.107 V5.3.0*, Jan. 2002.
3. AQUILA, <http://www.salzburgresearch.at>.
4. D. Black, M. Carlson, E. Davies, and Z. Wang, "An Architecture for Differentiated

Services," *RFC 2475*, Dec. 1998.

5. Nicolas Christin, and Jorg Liebeherr, "A QoS Architecture for Quantitative Service Differentiation," *IEEE Communications*, June 2003.
6. Thomas Engel et al., "AQUILA: Adaptive Resource Control for QoS Using an IP-Based Layered Architecture," *IEEE Communications*, Jan. 2003.
7. Janusz Gozdecki, Andrzej Jajszczyk, and Rafal Stankiewicz, "Quality of Service Terminology in IP Networks," *IEEE Communications*, Mar. 2003.
8. Hung-Chin Jang, Roger Hsu, Chen-Chin Lin, and Chen-Yu Yang, "A Framework for Handover with QoS Control," *The 8th Mobile Computing Workshop*, Taiwan, R.O.C., 2002.
9. Hung-Chin Jang, Chen-Yu Yang, Yen-Ju Li, and Hau-Wan Leung, "Planning of the Radio Resource Management in WCDMA Network," *The 8th Mobile Computing Workshop*, Taiwan, R.O.C., 2002.
10. Hung-Chin Jang, Chen-Yu Yang, Chen-Chin Lin, and Hau-Wan Leung, "Optimization of Resource Allocation in WCDMA Network," *The 8th Mobile Computing Workshop*, Taiwan, R.O.C., 2002.
11. Hung-Chin Jang, and Chen-Chin Lin, "Optimization of Bandwidth Allocation for 3G Using Genetic Algorithm," *2002 Symposium on Digital Life and Internet Technologies*, National Cheng Kung University, Taiwan, R.O.C., June 27-28, 2002.
12. Hung-Chin Jang, and Roger Hsu, "3GHOSim: A Handoff Simulation Tool for 3G Mobile Communications System," *2003 Symposium on Digital Life and Internet Technologies*, National Cheng Kung University, Taiwan, R.O.C., Sep. 18-19, 2003.
13. Hung-Chin Jang, and Chen-Yu Yang, "Traffic Model Architecture for UMTS," *2003 National Computer Symposium (NCS 2003)*, Taiwan, R.O.C., pp. 770-777, 2003.
14. Andrzej Jajszczyk, "Telecommunications Networking at the Start of the 21st," *IEEE Communications*, Jan. 2001.
15. Yao-Nan Lien, and Chien-Tung Chen, "Budget-Based End-to-End QoS Management for All-IP Networks," *NCCU-CS Tech. Report*, Sep. 2003.
16. Yao-Nan Lien, and Ming-Chin Chen, "Distributed Resource Management and Admission Control in Budget-Based QoS Management for All-IP Core Networks," *NCCU-CS Tech. Report*, Sep. 2003.
17. Yao-Nan Lien, and Tsung-Hsung Li, "Path Planning in Budget-Based QoS Management for All-IP Core Networks," *NCCU-CS Tech. Report*, Sep. 2003.
18. Yao-Nan Lien, and Yi-Ming Chen, "Forecasting Error Tolerable Resource Allocation in Budget-Based QoS Management for All-IP Core Networks," *NCCU-CS Tech. Report*, Sep. 2003.
19. Yao-Nan Lien and Ming-Han Wu, "Partial-Reliable TCP", *Proc. of 2008 International Computer Symposium*, Nov. 13-15, 2008.

20. C-H Lin, F-H Wu, and Tzu-Chieh Tsai, "Wireless Network Bandwidth Control," *Taiwan Area Network Conference*, 2003, Taipei, Taiwan.
21. Stan Moyer, and Amjad Umar, "The Impact of Network Convergence on Telecommunications Software," *IEEE Communications*, Jan. 2001.
22. Eleni Mykoniati et al., "Admission Control for Providing QoS in DiffServ IP Networks: The TEQUILA Approach," *IEEE Communications*, Jan. 2003, pp. 38-44.
23. Neal Seitz, "ITU-T QoS Standards for IP-Based Networks," *IEEE Communications*, June 2003.
24. TEQUILA, <http://www.ee.ucl.ac.uk/~pants/projects/tequila/>.
25. Tzu-Chieh Tsai, and Tzung-Yi Chen, "A New MAC Protocol for Supporting Differentiated QoS in IEEE 802.11 Multihop Wireless Networks," *National Computer Symposium*, 2003, Taichung, Taiwan.
26. Tzu-Chieh Tsai, and Chien-Ming Tu, "An Adaptive IEEE 802.11 MAC in Multihop Wireless Ad Hoc Networks Considering Large Interference Range," *First International Working On-demand Network Systems (WONS)*, Trento, Italy, 2004.
27. Tzu-Chieh Tsai, and Chih-Feng Lien, "IEEE 802.11 Hot Spot Load Balance and QoS-Maintained Seamless Roaming," *National Computer Symposium*, 2003, Taichung, Taiwan.
28. Tzu-Chieh Tsai, S-H Kao, and C-L Li, "In-building 802.11b Locating and Tracking System," *submitted to Communications of Institute of Information and Computing Machinery*, 2004.
29. Po-Cheng Yang, and Tzu-Chieh Tsai, "DiffServ RED Evaluation with QoS Management for 3G Internet Applications," *2002 International Computer Symposium (ICS 2002)*, Hwalien, Taiwan.
30. Michael Welzl, Max Muhlhauser, "Scalability and Quality of Service: A Trade-off?," *IEEE Communications*, June 2003.
31. X. Xiao, and L. M. Ni, "Internet QoS: A Big Picture," *IEEE Network*, 13(2):8-18, Mar.-Apr. 1999.
32. IETF RFC 1633, Integrated Service Framework (IntServ).
33. IETF RFC 2205, Resource reSerVation Protocol (RSVP).
34. IETF RFC 3286, Stream Control Transmission Protocol (SCTP).