

第一章

簡介 (Introduction)

整合型 All-IP 網路[1]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[2-5]。此種革命性網路不但可以降低建置成本與營運管理成本，更可以提供一個新的服務平台，供營運者建置跨網路的應用服務。但欲達到整合型網路的理想之前，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[6]。All-IP 網路受限於 packet switching 原有的特性，有三大品質問題有待克服：long delay time, jitter 以及 packet loss。這些品質問題對某些諸如語音或多媒體等應用服務有關鍵性的影響。此外，由於未來的網路係由特性差異極大的異質性網路所組成，而欲在此種網路上支援品質要求差異極大的多樣應用服務，其品質管理變得異常複雜，難以引用現有的品質管理方案。本論文旨在探討整合型 All-IP 網路之品質管理各項問題，並提出適當的管理機制。

我們提出 Budget-Based QoS 架構，以簡化管理、追求效率、不增加管理複雜度為原則，利用預算分配和預先資源分配規劃，來達成 End-to-End 的網路服務品質保證。根據此簡化管理原則，我們提供一套服務品質的管理工具，採用分層分權的方式將 QoS 管理權責以預算的方式分散至每個網路元件，如此可以避免繁複的折衝協調和即興式(real time on demand)的資源管理。此套管理工具，可供網路營運業者依其需要調整，在有限資源下追求使用者之整體最大滿意度。

在本文中提出一個路徑規劃問題的最佳化模型，藉以讓網路營運業者也已獲取最大的利潤，在分析問題後，並提出一個 Heuristic 方法來解決路徑規劃的問題，並以模擬的方式來驗證所提的演算法之效能。

1.1 電信產業的趨勢

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，企圖將原有 circuit-switching 與 packet-switching 網路整合成一個單一網路以支援所有的應用服務。此種整合性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的應用，包括語音、多媒體、資料等各類服務。

而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地取代銅線網路，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 switching 網路可以支援語音與即時影像服務。

由於以上的這些因素，網路服務正朝向多媒體化，多樣化的演進，而網路架構則朝向寬頻化、光纖化、扁平化、整合化發展。為因應這種趨勢，許多新興網路技術正被積極的研究，如表 1.1 所示：

表 1.1：各種新興的網路技術

交換網路	VoIP, MPLS, Network Convergency
傳輸網路	DWDM, IP over SDH, IP over Fiber
接取網路	FTTx, xDSL, HFC, LMDS, 3G
智慧型網路	LNP, MNP, Service Creation

1.1.1 整合性網路 (Network Convergence - All-IP Network)

這些新興技術中，對現有網路衝擊最大的當屬 Network Convergence，企圖將目前分離的 circuit switching 與 packet switching 傳統網路整合成單一的網路。為了打破以往不同製造商設備無法完全互通的問題，這個整合性網路將採用全球統一開放標準，而 IP 通訊協定正因為網際網路以全球使用率最高而成為唯一的選擇。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，還可提供一個新的服務平台，使得跨網路的應用成為可能。表 1.2 列出傳統電信網路及現在的網路網路和整合型網路的特點比較：

表 1.2：傳統電信網路，網路網路和整合型網路特性比較表

	PSTN/IN	Internet	Converged Network
多媒體服務承載	否	是	是
QoS-enabled	是(語音部分)	否	是
Network Intelligence	是	否	是
Intelligent CPE	否	是	是
底層傳輸媒介 Underlying transport network	Circuit-switching Network	Packet-switching Network	Packet-switching Network
服務可信度 Service reliability	High	Low	High

	PSTN/IN	Internet	Converged Network
Service creation	Complex	Ad-hoc	Systematic
服務易用度 Ease of use of service	Medium	High	High
Evolvability/modularity	Low	Medium	High
Time to market service	Long	Short	Short
Architecture openness	Low	High	High

1.1.2 封包網路上乘載具時效性應用問題 (Real-time Application on packet-switching networks)

在傳統網路，具有時效性的服務是由 circuit-switching 之技術承載，而 packet-switching 技術大多用以傳送資料。表 1.3 簡單比較 packet-switching 和 circuit-switching 網路的特性。若要在未來的整合型 All-IP 網路上承載所有服務時，受限於 packet-switching 的天生特性，將會面臨以下三大問題：

- 封包傳送延遲時間過長 (Long Delay)：在 IP 網路中，資料是以封包的形式傳送，經過每一個 hop 時的處理時間將導致傳送時間較 circuit-switching 網路為長，且較難預測。
- 封包傳送時間抖動 (Jitter)：封包是在一個一個的 Hop 中交遞傳送，在每一個 Hop 中容易受到其他的因素影響，如過多的封包在同一時間傳送、每一個封包的傳輸路徑不同，而造成在接收端收到封包的時間間隔不定，若是進行一個 Video On Demand 應用，則會造成影像的斷續。

- 封包遺失問題 (Packet Loss)：封包在傳送過程中，易因網路阻塞的問題，使得封包在傳送中被丟棄(Drop)，對於需要可靠資料傳送的應用如 E-mail 和 FTP 而言，可能會造成資料不完全的結果，而必須進行重新傳送，導致網路負擔增加。

表 1.3：circuit-switching 與 packet-switching 網路特性比較

比較項目	circuit-switching	packet-switching
指定傳送路徑	是	否
可使用頻寬	固定	動態調整
可靠性	良好	較差
循序傳送	是	否
儲存後傳送	是	否
傳送初始化	需要	不需要
阻塞可能發生時間	初始階段	每個封包傳送時
計費方式	以時間為單位	以傳送資料量或以時間為單位

1.2 網路服務品質定義 (Definition of QoS)

處理服務品質的問題，除了對網路品質問題要有深入的瞭解外，還要對使用者與網路營運者對品質保證的期望有所瞭解。不同的服務，不同的使用者，不同的網路營運者對品質的定義不一定相同。此外，他們對品質的期望也不盡相同。例如 VoIP 注重傳送延遲時間和傳送延遲抖動(Delay and Jitter)，而 FTP 注重封包是否遺失。

1.2.1 分歧的品質保證期望 (Diversified QoS Expectations)

不同的使用者對網路所提供之品質服務保證，可能有不同的期望。例如，一般的使用者可能會有下列不同的期望：

1. 以最低的價格，買到最好的服務品質
2. 以最低的價格，買到需要的服務品質
3. 以可接受的價格，買到最好的服務品質
4. 以最低的價格，買到可忍受的服務品質

另一方面，網路營運者依據其策略上的目的，也可能有不同服務品質政策。例如，網路營運者可能：

1. 以可接受的售價，提供對使用者而言，最好的服務品質
2. 以最高的售價，提供使用者可接受的服務品質
3. 以最低的售價，提供使用者可忍受的服務品質

本研究之目的是設計一個有彈性的服務品質保證管理架構。網路營運者可根據自己的營運目標調整自己的網路管理系統，以達到營運者策略上的目的。

1.3 全 IP 網路之服務品質保證 (QoS over All-IP Networks)

All-IP 網路受限於封包交換網路原有的特性，有前述三大品質問題有待克服[7]。近年來雖然有極多的 QoS 研究。但是絕大多數著重於研究既有的數據服務 QoS，其品質管理偏重頻寬之管理，並不適用於欲提供全面性服務之整合性全 IP 網路。舉例而言，台灣連接到美國的通訊鏈路中，有海底電纜亦有衛星通訊，只要求頻寬的傳統數據服務並不排斥運用衛星鏈路。但是，對於封包延遲有嚴格要求的語音服務 (Voice over IP) 而言，衛星鏈路即使可以提供充足的頻寬，但因傳輸距離所造成的 delay time 將嚴重影響通話品質。因此，一個好的全 IP 網路管理，應該針對各種應用服務的各種品質需求參數提供適當的資源分配與管理，而非只針對頻寬進行管理。

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車速相距不大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品質資源管理機制，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。

1.4 UMTS 服務等級 (UMTS Services Class)

3GPP 在 1999 年初所開始制訂的 UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) 系統上有提出完整的 QoS 階層式架構，其中包含對即時性訊務的服務考量。UMTS 在不同的網路上有不同的方式支援 QoS，主要分成 Radio Network、Radio Network – Core Network interface 與 Core Network。

Radio Network 主要是以 W-CDMA 為標準，其服務範圍包含所有類型的訊務，以 Dedicated Channel 與 Shared Channel 來滿足不同服務所需求的服務品質，並以 Soft Handover 與針對即時訊務所做的 Optimized Handover 來彌補在 handover 時品質上可能造成的損失。每個資料流有個別的 PDP (packet data protocol) contexts，配合 GTP (GPRS Tunnel Protocol) 建立從 Radio Network 起至 Core Network 有 QoS 功能的 tunnel，以 ATM 為基礎來傳送資料，IP 層也可配合使用 DiffServ。

UMTS 系統將網路上風行的應用依時效與品質需求分為四大類：交談式 (conversational class)，串流式 (stream class)，互動式 (interactive class)，背景式 (background class)。以下是簡要分析：

交談式主要用來支援人類雙向溝通，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。串流式則要求持續穩定的 packet flow，因此對 jitter 相當敏感。互動式與背景式都屬於 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遺失。圖 1.1 顯示每個類別品質指標之容忍度；表 1.4、1.5 表示各類別的特性與品質需求。

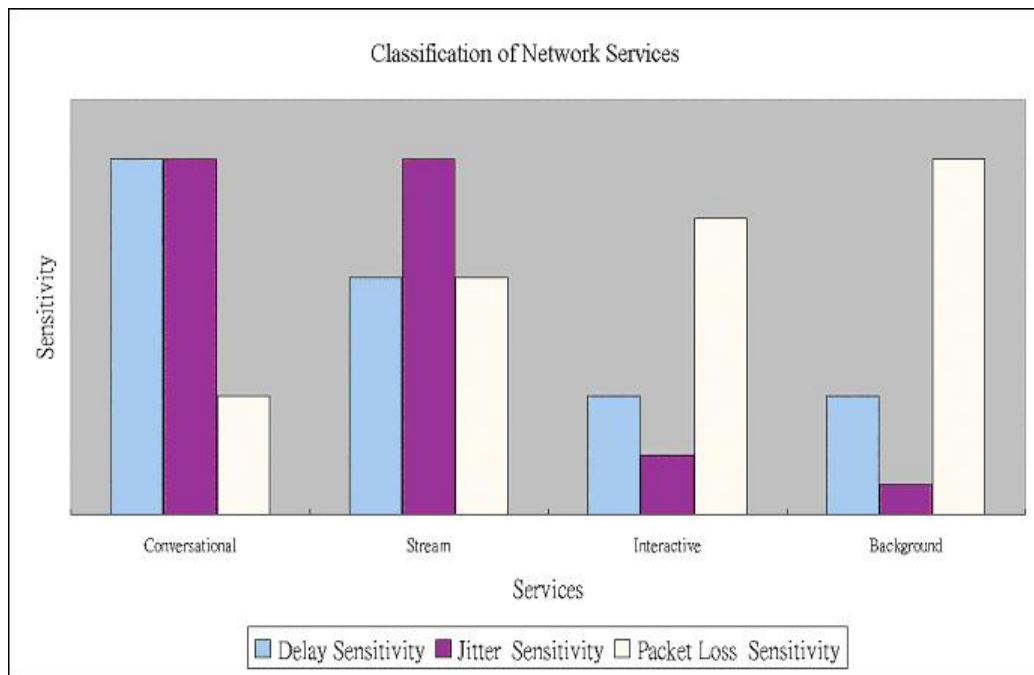


圖 1.1：各 UMTS 服務類別對三大品質指標之容忍度

表 1.4：UMTS 品質分類及與各項特性

Traffic class	Max Bit Rate	Transfer Delay	Guaranteed Bit Rate	Traffic Priority	SDU Error Rate
Conversational	X	X	X		X
Streaming	X	X	X		X
Interactive	X			X	X
Background	X				X

表 1.5：UMTS Bearer Service Attributes 的數值範圍

Traffic class	Conversational class	Streaming class	Interactive class	Background class
Maximum bitrate(kbps)	< 2048	< 2048	< 2048 – overhead	<2048 - overhead
Delivery order	Yes/No	Yes/No	Yes/No	Yes/No
Maximum SDU size (octets)	<= 1500 or 1502	<= 1500 or 1502	<= 1500 or 1502	<= 1500 or 1502
Transfer Delay	100 – maximum value	250 – maximum value		
Guaranteed bit rate (kbps)	< 2048	< 2048		

本架構於網路層提供服務品質之管理，本架構以提供一個具適應性的管理模型為目標，上層的使用者應用程式需求和下層之服務品質執行層將是可替換。所以，上方之使用者應用程式於服務品質的要求，不侷限於 UMTS 所分類之四種服務等級需求；所管理之服務品質參數也不用侷限於 UMTS 所考慮之 delay time、packet loss、jitter。同樣，底層之 QoS 執行層也不一定侷限使用 DiffServ。如此設計的好處為此一般化管理模型可處理其他的網路環境，而不會被上、下層之網路技術限制。

1.5 網路服務品質管理方法 (QoS Management)

針對以上在封包網路上容易發生的傳送品質問題，網路標準機構 IETF 制定了 Intserv (integrated service) 與 DiffServ (differentiated service) 兩種機制，對於異質性網路提供服務品質保證的環境。

1.5.1 Integrated Service

IntServ 使用 RSVP (Resource Reservation Protocol) [8] 針對各個訊務建立一保留頻寬的 virtual circuit 來滿足 QoS 上的需求。這樣的架構有其相當的好處，首先，它對使用者提供了絕對的端對端品質保證，再者，每個使用者的資料流都可以輕易地監控管理，並且可以運用現有的 routing protocols。但因 overhead 過多，使得網路在擴充性 (scalability) 上受到極大的限制。

1.5.2 Differentiated Service

DiffServ [9] 則是採用與 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，對同一類型的資料提供一致性的服務與相對性的保證，而不是針對各別的訊務提供保證。每一類型的資料會有其相對應的 Per-Hop Behavior 在 DiffServ domain 上傳送。這樣的方法雖然沒有辦法達到如 IntServ 般絕對的服務品質保證，但卻可以解決 IntServ 在擴充性和實作上的問題，因此 DiffServ 的架構漸漸取得其主流地位，但如何在 DiffServ 的架構上，提供各個的訊務的 End-to-End QoS 保證正是亟待解決的主要問題。

綜觀以上兩種服務品質保證之方法，若是以 Intserv 方法來提供服務品質保證，則服務網域會因為訊務控制資訊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。若是採用 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 DiffServ 網域內的節點之間提供相對的品質保證，所以在純粹 DiffServ network 環境下，

我們無法針對每個 flow 做到真正的 End-to-End QoS。

1.6 研究動機及目的 (Motivation and Research Objective)

對於使用者而言，真正獲得的服務品質保證，不是由單一網路所提供。而是由端對端所經過之所有網路共同提供。所以，使用者關心的服務品質保證，是端對端服務品質保證，而非單一網路之服務品質保證。因此，在 All-IP 網路中，如果僅提供單一網路之服務品質保證將無法滿足使用者之需求。通訊網路事實上是由全球大大小小的電信公司所轄網路藉由彼此之間的網路互連協定連接而成一個四通八達無遠弗屆的通訊網，一個長途通訊需求(request/traffic flow/phone call) 可能必須橫跨數個不同營運者的網路，其端對端品質管理是一大技術挑戰。

由於 DiffServ 並沒有辦法提供每個資料流端對端的品質保證，也不對個別的資料流做品質管理，所以在核心網路的架構中，必須需要有另外的機制負責找出每個資料流適當的傳送路徑，並配置頻寬來滿足不同資料流的品質需求。

一個簡單的機制，是由一個中央元件負責繞徑並分配資源，但集中式的作法卻有許多缺點：

- 中央統籌元件附近的節點會因大量的資源配置與路徑規劃訊息交遞而造成擁塞。
- 中央統籌元件必須記錄所有網域上 traffic flow 的資源使用資訊，overhead 過大。
- 中央統籌元件如遇當機，會使得網路癱瘓，風險過高。

所以即時的由中央統籌元件管理個別資料流會造成不論是元件或是網域的負荷都過大，這樣的機制並不適合使用在大型網路上。

本論文提出一套資源規劃及實際執行的架構，供網路營運者運用以提供具端對端品質保證的各種網路服務予使用者。此架構以簡化管理、追求效率，不增加管理複雜度和具高度適用性為原則。除了提供端對端品質保證予使用者之外，本架構能協助網路營運者追求網路資源的有效利用，在所擁有的資源中，盡力提高服務滿足度以獲取最大利益。

而自封包網路建置以來，封包繞逕就是許多學者投入的議題，傳統封包網路其傳送的資料量不大，都是以文字的资料為主，因此已傳送節點數為距離記量單位的最短路徑繞逕演算法即可應付，但是當網路蓬勃發展後，日漸增多的網路應用，使得網路的負擔大大增加，而各種語音及多媒體的應用也要求網路具有一定的服務品質，因此如何使得繞逕具有一定的品質保證，是現在重要的研究議題。

在BBQ的架構中，如何為每一個進入網路中的訊務，提供所需的服務品質保證，並且提高系統的使用率，使得系統營運者可以允許更多的訊務進入以提高利潤，都需要一個良好的繞逕演算法配合。

1.7 解決方案 (Solution Approaches)

為了解決上述的問題，在路徑選擇與資源配置上，本研究採取事先規劃之法，先為一段時間內可能進入的訊務事先規劃路徑與分配資源。此外，並將部分的繞逕與資源分配決策分散於Edge Router。

事先規劃的方式雖然可以彌補即時決策機制的缺點，但也有其困難必須克服，此即預測誤差問題。在資源配置的方法上，必需設法減少預測誤差，或建置彌補預測誤差之機制以降低資源錯置之機會，提高資源使用之效率。

論文將提出一個分散式與階層分權式的品質與資源管理架構，依訊務流集合需求的歷史資料預測未來可能的訊務流集合需求，再以含有預測誤差彌補機制的預算分配及預先資源規劃的方式，提供以預算為基礎之端對端服務品質保證。

另外，本文將在BBQ的架構下，提出一個關於路徑規劃方法的最佳化模型，並發展一個考慮服務品質有兼具可行性的路徑規劃演算法 Greedy Path Planning Algorithm，此演算法以歷史的訊務資料為基礎，為未來可能出現的訊務，規劃一組具有頻寬和服務品質考量的路徑，供未來可能進入網路內的訊務使用。我們以事先的路徑規劃取代即時的路徑計算，減少大量的計算負擔，且規劃出的路徑兼具頻寬和服務品質的考量。

且為了測試本文所提出之路徑規劃演算法的效能，我們以訊務通過網路所獲得的

利益，以及總利益賀網路中鏈結的使用率的比值作為評量指標，將路徑規劃的方法，和傳統的 OSPF 以模擬的方式做比較，其模擬的實驗成果將展示於第五章。

1.8 論文組織結構

本論文共有六個章節，第一章簡介網路技術的演進和關於網路傳輸服務品質所遭遇的各種問題，第二章中將各種提供服務品質保證的網路架構作簡介和評論；在第三章中，將介紹本研究團隊所提出的 BBQ 服務品質管理架構和運作流程，第四章進入本研究所專注的路徑規劃問題、最佳化的模型，及本研究所提出的解決方案。而在第五章中以模擬的方法來評估本研究提出之演算法的效能，最後是本文結論和未來展望。