

國立政治大學資訊科學系
Department of Computer Science
National Chengchi University

碩士論文
Master's Thesis

預算法全 IP 核心網路品質管理中可彌補預測誤差的資源配
置方法

Forecasting Error Tolerable Resource Allocation in
Budget-Based QoS Management for All-IP Core Network

研 究 生：陳逸民

指 導 教 授：連耀南

中華民國九十二年九月

September 2003

預算法全 IP 核心網路品質管理中可彌補預測誤差的資源配置方法

Forecasting Error Tolerable Resource Allocation in Budget-Based QoS Management for All-IP Core Networks

摘要

網際網路的蓬勃發展造就了近年來通訊網路的重大改革，將原有 circuit switching 與 packet switch 網路整合成一個單一的 All-IP 網路已成趨勢，除了降低網路建置、維護與營運管理成本外，還提供一新的服務平台來支援所有的應用服務。新的網路造就新的應用服務，也產生了更形複雜的服務品質問題，針對這個問題，IP Community 制訂了 IntServ (Integrated Service)和 DiffServ (Differentiated Service)兩個標準，目的是使網路具有 QoS 的功能。IntServ 可以提供 per-flow 的 QoS 保證，但由於 IntServ 有太大的 overhead，不適用於大型網路(scalability 的問題)；DiffServ 不提供 per-flow 的 QoS 保證，而是將資料分類，對不同類型的資料依不同的品質傳送，這樣的方式可減少管理上的 overhead，使得 DiffServ 漸漸取得主流地位。本研究團隊提出的 Budget-Based QoS 以分散預算的方式，採事先規劃、分散式的方法，簡化管理、追求效率與不增加管理複雜度為原則，提供端對端的網路服務品質保證，此架構下，核心網路的資源配置是由 Bandwidth Broker (BB)統籌分配整個網域的資源，資源配置採以批發零售的方式，每個 Ingress Router 根據需求預測向 BB 預先批購資源，BB 再依此配置資源給各個 Ingress Router。為了彌補預測誤差所造成的資源浪費，本研究提出了數種資源配置的方式試圖提升網路資源的使用率，其中中央保留資源法以中央統籌的方式，即時的配置事先保留的資源給有需要的 Ingress Router；超額分配法則以類似航空公司訂位的方式，大膽地超額配置資源給各個 Ingress Router 試圖增加資源使用率。文章的最後以簡單的模擬與實驗數據來說明上述兩種資源配置法彌補預測

誤差的效能，並提供網域的經營者參考，方便在不同的環境下對於不同的資源配置法做出選擇。

目錄	
摘要	2
第一章	簡介
1.1	電信產業的趨勢
1.1.1	整合型網路－All-IP 網路
1.1.2	封包網路上承載具時效性應用問題
1.2	服務品質保證定義
1.2.1	分歧的品質保證期望
1.3	All-IP 網路之服務品質保證
1.4	UMTS 服務類別
1.5	核心網路 QoS 管理方法
1.5.1	Integrated Service
1.5.2	Differentiated Service
1.6	研究動機及目的
1.7	解決方案
1.8	論文組織結構
第二章	相關研究
2.1	QoS 管理架構
2.1.1	Integrated Service
2.1.2	Differentiated Service
2.1.3	TEQUILA
2.1.4	Victor O.K. Li's System
2.2	評論
第三章	以預算為基礎之服務品質保證
3.1	BBQ 架構
3.1.1	簡化的 All-IP 網路架構
3.1.2	以預算為基礎之管理
3.1.3	路徑定義
3.1.4	承載服務架構
3.1.5	服務品質熵數
3.1.6	即時資源分配與預先資源管理
3.1.7	集中式配置與分散式配置
3.1.8	需求預測
3.2	BBQ 管理系統架構
3.2.1	BBQ 管理系統假設
3.2.2	分散式分層管理系統
3.2.3	管理系統軟體架構
3.2.4	簡化的端對端服務品質建立流程

3.3	BBQ 中的核心網路架構與 QoS 元件	45
3.3.1	核心網路資源規劃方法.....	47
3.3.2	核心網路內的資源規劃元件.....	48
3.3.3	分散式資源規劃運作流程.....	50
3.4	彌補預測誤差的資源配置方法.....	52
3.4.1	資源重分配法(Resource Reallocation Approach)	52
3.4.2	中央保留資源法(Central Pool Approach)	53
3.4.3	超額分配法(Overbook Approach)	54
3.4.4	混合分配法(Hybrid Approach)	54
3.4.4.1	中央保留資源法搭配資源重分配法.....	54
3.4.4.2	超額分配法搭配資源重分配法.....	55
3.5	總結.....	55
第四章	彌補預測誤差的資源配置方法與最佳化模型.....	56
4.1	中央保留資源法.....	56
4.1.1	資源配置量與使用分析.....	58
4.1.2	最佳化模型.....	59
4.2	超額分配法.....	61
4.2.1	資源配置與需求資源分佈分析.....	64
4.2.2	4.2.2 最佳化模型.....	68
4.3	資源配置法分析比較.....	73
第五章	彌補預測誤差的資源配置方法效能評析.....	74
5.1	評估指標.....	74
5.1.1	訊務允入率.....	74
5.1.2	訊務允入率差值.....	74
5.1.3	系統獲利.....	74
5.2	模擬環境.....	75
5.2.1	Network Simulator 2.....	75
5.2.2	訊務產生.....	75
5.2.3	網路拓樸設計.....	75
5.3	實驗設計.....	76
5.3.1	Traffic Generating Function.....	76
5.3.2	資源配置法實驗對照組.....	76
5.3.3	實驗模擬流程.....	77
5.3.4	訊務分佈變異數測試實驗設計.....	78
5.3.5.1	中央保留資源法.....	78
5.3.5.2	超額分配法.....	78
5.3.5	資源配置法對系統獲利影響的實驗設計.....	79
5.3.5.1	中央保留資源法.....	79

5.3.5.2	超額分配法.....	80
5.4	實驗結果.....	80
5.4.1	實驗一：訊務分佈變異數測試.....	80
5.4.1.1.	中央保留資源法.....	81
5.4.1.2.1.	訊務分佈變異數對訊務允入率的影響.....	81
5.4.1.2.2.	訊務分佈變異數對訊務允入率差值的影響.....	82
5.4.1.2.	超額分配法.....	83
5.4.1.2.1.	訊務分佈變異數對訊務允入率的影響.....	83
5.4.1.2.2.	訊務分佈變異數對訊務允入率差值的影響.....	84
5.4.2	實驗二：資源配置方法對系統獲利的影響.....	86
5.5	評論、配置法分析與建議.....	88
第六章	結論與未來展望.....	89
	Acknowledgement	90
	Reference	90

圖目錄

圖 1.1：各 UMTS 服務類別對三大品質指標之容忍度	17
圖 2.1：DiffServ Domain & Non-DiffServ Domain.....	24
圖 2.2：TEQUILA 架構	27
圖 2.3：以 DiffServ 為基礎的分散式資源管理架構.....	28
圖 3.1：簡化的全 IP 網路架構.....	34
圖 3.2：端對端承載服務.....	37
圖 3.3：服務品質熵數與品質參數對應.....	38
圖 3.4：BBQ 管理系統軟體元件架構	44
圖 3.5：簡化的端對端服務品質建立流程.....	45
圖 3.6：BBQ 架構之核心網路	47
圖 3.7：核心網路管理架構.....	50
圖 3.8：核心網路資源分配流程.....	51
圖 4.1：單一 Ingress Router 資源保留與配置範例	56
圖 4.2：頻寬需求、頻寬配置與實際訊務示意圖.....	57
圖 4.3：中央保留資源法的資源保留與配置.....	58
圖 4.5：資源需求機率分佈、資源配置量與資源價格關係圖.....	61
圖 4.6：超額配置範例.....	62
圖 4.7：沒有使用超額分配法的資源使用情況.....	63
圖 4.8：使用超額分配法的資源使用情況.....	64
圖 4.9：超額分配與訊務遺失.....	65
圖 4.10：超額分配與系統獲利.....	65
圖 4.11：單一 Ingress Router 需求資源機率分佈圖	66
圖 4.12：單一 Ingress Router 受到資源配置量的需求資源機率分佈圖	67
圖 4.13：需求資源總合機率分佈圖.....	67
圖 4.14：受到資源配置總量限制之資源需求總合機率分佈圖.....	68
圖 4.15：超過最大訊務量(τ)的機率總合	69
圖 4.16：需求資源為最大訊務量(τ)之機率	69
圖 4.17：獲利與品質惡化損失趨勢示意圖.....	70
圖 4.18：超額配置獲利.....	70
圖 4.19：超額配置賠償.....	71
圖 4.20：最佳超額配置量.....	72
圖 5.1：實驗網路拓樸.....	76
圖 5.3：中央保留資源法實驗拓樸.....	78
圖 5.4：不同資源保留比例對訊務接受率的影響.....	81
圖 5.5：不同資源保留比例與實驗對照組比較對訊務允入率差值的影響.....	82
圖 5.6：增加保留資源對訊務允入率差值影響.....	83
圖 5.7：不同超額配置比例對訊務接受率的影響.....	84

圖 5.8：不同超額配置比例與實驗對照組比較對訊務允入率差值的影響.....	85
圖 5.9：增加超額配置對訊務允入率差值影響.....	85
圖 5.10：資源配置方法獲利比較.....	87
圖 5.11：資源配置方法獲利差值比較.....	87

表目錄

表 1.1：各種新興的網路技術.....	11
表 1.2：傳統電信網路，網路網路和整合型網路特性比較表.....	12
表 1.3：Circuit-Switching 與 Packet-Switching Network 特性比較.....	13
表 1.4：3GPP UMTS 品質分及與各項特性	17
表 1.5：UMTS QoS 與 DiffServ QoS 間之服務對應	17
表 2.1：各種 PHB 的服務範例.....	25
表 3.1：分層之路徑定義.....	36
表 3.2：BBQ 管理系統層級分工	43
表 4.1：中央保留資源法符號表.....	60
表 4.2：超額分配法符號表.....	68

第一章 簡介

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[3、4]。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[5]。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。本計畫旨在探討整合型 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。此外，本研究也針對核心網路(Core Network)中資源的規劃，提出數種可彌補預測誤差的資源配置方法，配合上述架構中的允入控制與路由方法，期望使用有限的資源提供更多的服務，獲取最大的利益。在本研究的最後，將以實驗模擬比較數種不同的資源配置方法，找出在不一樣的條件與環境下最適用的資源配置法。

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 Switching 網路可以支援語音與即時影像的服務。

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(表 1.1)：

表 1.1：各種新興的網路技術

交換網路	VoIP, MPLS, Network Convergence
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	LND, Service Creation

1.1.1 整合型網路—All-IP 網路

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
Service creation	Complex	Ad-hoc	Systematic
服務易用度 Ease of use of service	Medium	High	High
Evolvability/ modularity	Low	Medium	High

	PSTN/IN	Internet	Converged Network
Time to market service	Long	Short	Short
Architecture openness	Low	High	High

1.1.2 封包網路上承載具時效性應用問題

傳統上，具有時效性的服務是由 circuit-switching 承載，而 packet-switching 網路大多用以傳送資料，表 1.3 簡單比較 packet-switching 和 circuit-switching 網路的特性。但是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 時的處理將導致傳送時間容易增長。
- 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。
- 封包遺失問題 (packet loss)：封包在傳送過程中，易因傳送媒介的問題，使得封包在傳送中被丟棄(drop)。

表 1.3：Circuit-Switching 與 Packet-Switching Network 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

比較項目	Circuit-Switching	Packet-Switching
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 服務品質保證定義

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，不同的營運者對品質之定義不一定相同。例如 VoIP 注重 delay time 及 jitter，而 FTP 注重封包是否遺失。此外，他們對品質的期望也不盡相同。

1.2.1 分歧的品質保證期望

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：

- 以最低的價格，買到最好的服務品質
- 以最低的價格，買到需要的服務品質
- 以可接受的價格，買到最好的服務品質
- 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，也可能有不同的服務品質政策。例如，網路營運者可能：

- 以可接受的售價，提供使用者最好的服務品質
- 以最高的售價，提供使用者可接受的服務品質
- 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 All-IP 網路之服務品質保證

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。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 All-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 All-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 服務類別

3GPP 在 1999 年初所開始制訂的 UMTS (Universal Mobile Telephony System)[6]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。

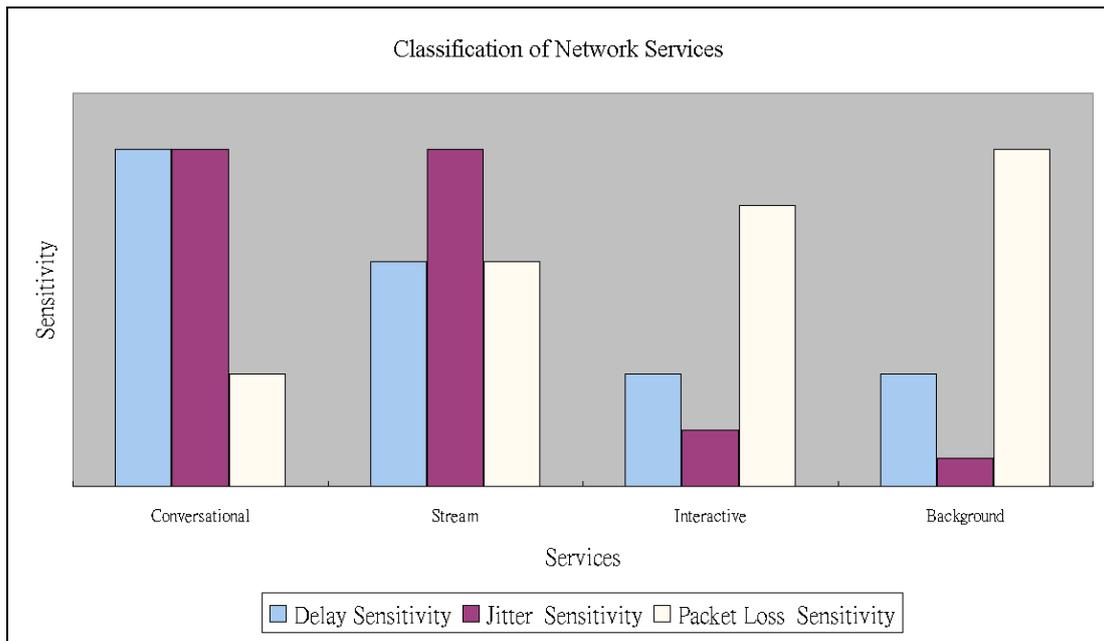


圖 1.1：各 UMTS 服務類別對三大品質指標之容忍度

表 1.4：3GPP UMTS 品質分及與各項特性

	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 QoS 與 DiffServ QoS 間之服務對應

Traffic Class	Service Class	Max Bit Rate	Lost Rate	Delay	Jitter
Conversational	EF1	2Mb/s	<10 ⁻⁶	< 100ms	low jitter
Streaming	EF2	2Mb/s	<10 ⁻⁶	150ms ~ 400ms	
Interactive	AF[1..3]	2Mb/s	10 ⁻³ ~ 10 ⁻⁴		
Background	BE	2Mb/s			

1.5 核心網路 QoS 管理方法

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)[7] 與 DiffServ (differentiated service)[8] 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)[7] 針對各個訊務建立一保留頻寬的虛擬通道(virtual circuit)來滿足 QoS 上的需求。這樣的架構有其相當的好處，首先，它對使用者提供了端對端品質上絕對保證的保證，再者，每個資料流都可以監控管理，並且可以運用現有的路由協定(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 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，提供各個的訊務的端對端 QoS 保證正是極待解決的主要問題。

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 Core Router 提供相對的品質保證，所以在純粹 DiffServ 網路環境下，我們無法針對每個 flow 做到真正的端對端 QoS。

1.6 研究動機及目的

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。

本研究之目的在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。並且，除了提供端對端品質保證予使用者之外，網路營運者更希望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。

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，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資料流的資源使用資訊，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。

1.7 解決方案

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，並將部分的繞徑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。

本研究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。

1.8 論文組織結構

在本論文中，一共有五個章節。第一章將簡介網路技術演進和相關的問題描述；第二章將各種提供服務品質保證的網路架構作簡介和評論；第三章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；第四章介紹本研究提出的數個彌補預測誤差的資源配置方法，並深入研究中央保留資源法與超額分配法，

解釋其運作方式與最佳化模型；第五章中將以模擬的方法來評估本研究所提出的資源配置方法效能；最後是本文結論和未來展望。

第二章 相關研究

本章討論關於提供大型網路上端對端品質服務的管理架構，其中除了由 IETF 提出，為了使 IP 路可以有品質服務功能的機制，IntServ 與 DiffServ 外，還包含國外的相關系統架構與研究。

2.1 QoS 管理架構

為了提供異質性網路上各種 QoS service，需要有一套完整的 QoS 架構與管理機制。目前的研究大多將整體 QoS service 分為 data plane 與 control plane。data plane 為分類服務，將 packet 依照其需求之服務等級進行區分，目前廣為採用的是 IETF 制定的 DiffServ。DiffServ 依照各種服務需求屬性，將封包分為 EF、AF、BE 三個等級。Control plane 即是以 data plane 為基礎所衍伸出的管理架構，隨著管理架構不同，管理方式也就有所不同。以下將就管理架構與管理方式討論目前著名的研究。

2.1.1 Integrated Service

IntServ 利用 RSVP(Resource Reservation Protocol)為各個資料流做品質管理，保留資源建立一個專屬的虛擬通道(virtual circuit)來滿足 QoS 上的需求。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 訊息回到接收端後，一個保留資源的虛擬通道便建立完成。

除了實行簡單外，這樣的架構還有其相當的好處，首先，它設計對使用者提供端對端品質上絕對的保證，由於從傳送端至接收端都執行 RSVP 來保留資源與建立通道，因此每個資料流都可以被監管，避免資料流消耗超過其請求保留的資源，再者，每個使用者的資料流都可以輕易地監控管理，並且建立資料流路徑可

以運用現有的路由協定。

可是 IntServ 有項重大的缺點，在建立 virtual circuit 時，路徑中每個節點都要參與，並保留每個資料流的使用狀態和負擔許多在通道建立上計算的 overhead，然而網際網路上卻有數量龐大短時間使用的資料流，保留和管理每個資料流的使用資源與狀態，會對網路造成相當大的負荷，此特性使 IntServ 在擴充性(scalability)上有限制，不適用於大型網路。

2.1.2 Differentiated Service

DiffServ 是將具有相似 QoS 需求的訊務合併視為同一 aggregation 一起處理，對同一 aggregation 的資料提供一致性的服務與相對性的保證，然而在沒有指定資料傳送路徑的情況下，有時間敏感度的訊務並無法得到端對端品質保證。每一類型的資料會有一個固定的 DSCP (DiffServ codepoint)讓網域內的節點來分辨，傳遞資料時，每一個 DiffServ 節點會根據此類型資料的 DSCP，依其相對應的 PHB (Per-Hop Behavior)傳送。

一個 DiffServ Domain 是由許多個提供 DiffServ 服務，具有相同 PHB 且相連的節點所組成，這些節點主要可以分為 Edge Router 和 Core Router。如圖 2.1，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，因為兩者可能執行不同的 PHB 或是對同類別的資料有不同的 DSCP。與其他網域連結的點統稱為 Edge Router，又分為 Ingress Router 和 Egress Router，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。

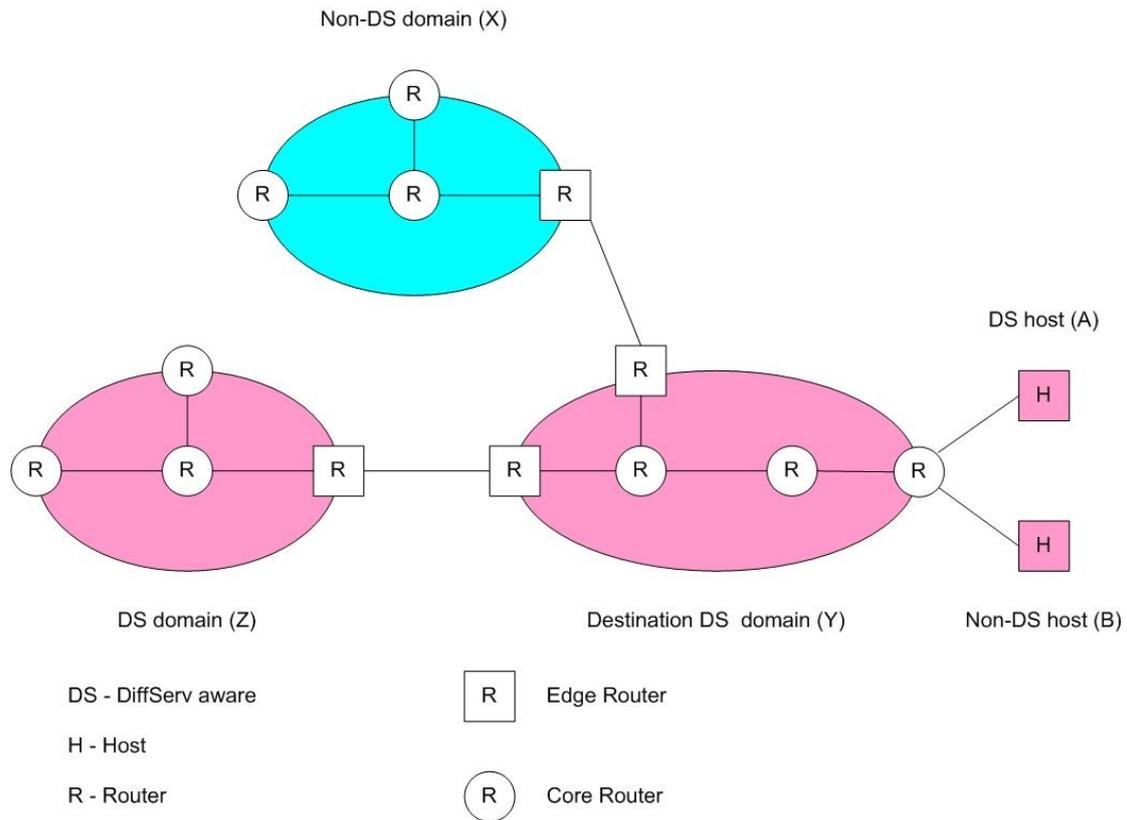


圖 2.1 : DiffServ Domain & Non-DiffServ Domain

DiffServ 架構的設計主要有兩個機制來管理和控制網路上的資料傳遞：

- Classifying

依據如來源和目的地的 IP 位址、應用程式、埠號(port number)、或是網路通訊協定等來分類。

- Policing

- Metering – 測量某一資料流的 flow rate 與 burst size 等參數，這些即時的數據可以提供給其他如 Marker、Shaper、Dropper 等控制網路流量或計費之參考
- Shaping – 控制同一個資料流的封包傳送速度與整批傳送的數量，以符合傳送前所訂定的 traffic profile
- Dropping – 根據上面的結果放棄封包來減低網路負荷。

不同性質的應用所產生的資料有不同的特性。例如部份的資料有時效性，如

果傳遞的延遲太長，即使接收方無誤的接收到資料，也是無效，反而造成網路頻寬的浪費；反之，部份的資料並沒有時效性的問題，但在傳送上不能有遺缺或錯誤。

在 DiffServ 的架構中，根據需求之不同提供不同等級的服務，識別方法是利用在 IP header 上的 DSCP 來指定不同的傳送方式。針對訊務本身的特性，IETF 的 Network Working Group 定義了數種基本的 PHB 傳遞資料，其中包含 Assured Forwarding (AF)[9]將資料分成數個不同的類別(class)來傳送與一個高品質的 PHB 稱為 Expedited Forwarding (EF)[10]：

- Best Effort – 支援沒有特別需求與還沒有 DiffServ 時(backward compatibility)的網路訊務[11]。
- Assured Forwarding – 依據不同類別資料的 drop precedence 來決定當網路壅塞時，那一個封包是可以放棄，而不是給予某類別的訊務比別人擁有更高的優先權。
- Expedited Forwarding – 降低任何網路壅塞時可能的延遲，以支援需求低延遲的服務。

表 2.1 列出了各個 PHB 適於使用的各種不同應用。

表 2.1：各種 PHB 的服務範例

PHB	Examples
BE	E-mail, FTP
EF	Voice over IP(VOIP), Video on Demand(VOD)
AF	Web Browsing, Telnet

除了提供不同等級的服務，AF 每一個類別中的封包可以被指派數種不同的 drop precedence，超過的部份則會有較高的 drop precedence。當網路壅塞時，DiffServ 網域上的節點會優先捨棄較高 drop precedence 的封包來保護較低 drop

precedence 的封包。由上述得知，在 DiffServ 網域中，不同的傳遞品質保證是受到配置給其所屬 AF 類別的資源、此 AF 類別的負荷與同一類別中封包的 drop precedence 所影響。

EF 是用來提供通過 DiffServ 網域，低 latency、低 loss、低 jitter，保證頻寬的高品質服務。不論是 packet loss、latency 或 jitter 都是由於資料傳送時在網域某節點的 queue 上等待的所造成的，所以要達成上述的目標，在網域的節點設定上，不論網域與其他 aggregation 忙碌與否，EF 的資料要有一個最小的離開速率。此外，必須對進入網域 EF 的資料嚴格控管，使得不論在網域任何一個節點，訊務離開的速率要比進入得快。

在資源配置上，每個 aggregation 都必須有基本的資源配置，對 AF 而言，部份網段的壅塞或許不會對高優先權的訊務產生影響，但會使得大量的低優先權訊務遺失，造成其他網段的資源浪費，甚至惡化網路壅塞的情況。EF 則以控制訊務進出節點的流速來提供高品質的服務，當網域某些地方訊務繁忙時，為了不降低服務品質，只好減少進入網域或通過節點的訊務，造成其他網段資源的浪費，整體資源的使用率與系統業者的收入也相形降低。

DiffServ 的缺點是沒有辦法如 IntServ 提供個別訊務絕對的端對端服務品質保證，僅能對同一個 aggregation 的資料提供相對的品質保證，在沒有指定路徑的情況下，對於有時間敏感度的訊務，並沒有辦法提供個別資料流端對端的品質保證。由於不必對個別資料流提供品質保證及管理，可大幅降低 overhead，避免了在擴充性和實作上的問題，所以 DiffServ 的架構已被廣泛接受採用。但欲在 All-IP 網路上使用 DiffServ，由於 DiffServ 的架構並沒有辦法對各別訊務提供端對端品質保證，必需有其他的網路管理架構來提供各個訊務端對端的品質保證。

2.1.3 TEQUILA

The Traffic Engineering for Quality of Service in the Internet at Large Scale (TEQUILA)的計畫是許多歐洲的電信業者所共同贊助的一個計畫，目標是研究網

路服務的定義並提出一些 traffic engineering 的工具來達成兼具質和量的服務品質保證。在 2001 年，P. Trimintzios 等人於 IEEE Communication Magazine 上發表了「A Management and Control Architecture for Providing IP Differentiated Service in MPLS-Based Network」[12]，就是 TEQUILA 計畫中的 QoS 管理架構。

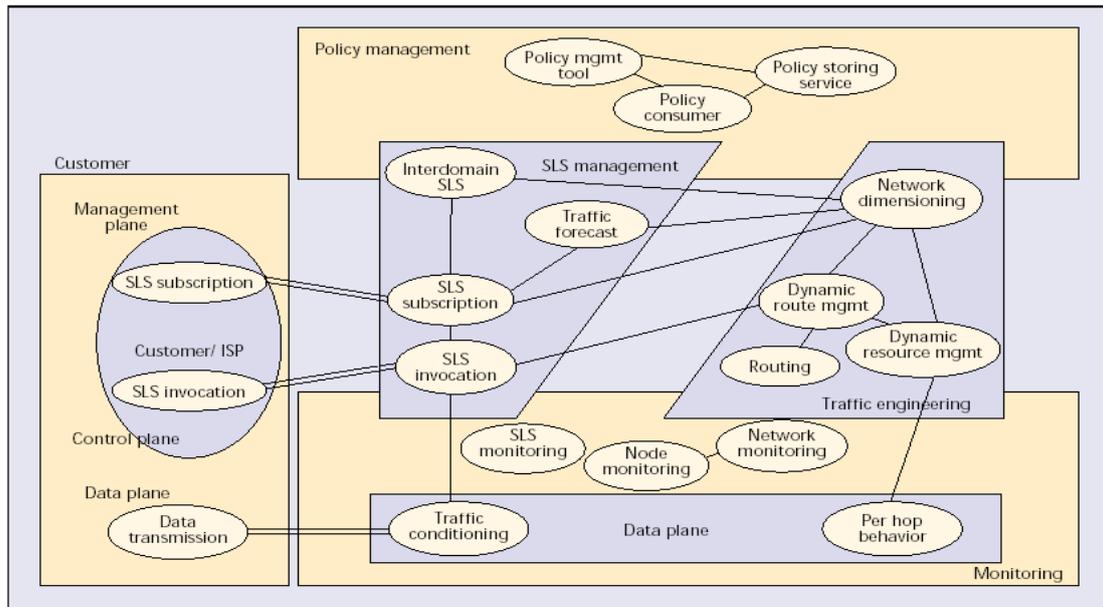


圖 2.2：TEQUILA 架構

TEQUILA 的架構(如圖 2.2)可分為三個主要的部分，Service Level Specifications Management (SLS Management) 主要負責處理客戶的服務品質要求，Traffic Engineering 是網路中主要負責 QoS 的協調工作，而底層的 Data plane 則是負責實際資料的傳送。

一個端對端的服務品質保證是由客戶的 Service Level Specifications(SLS)開始，客戶端將其對於服務品質的需求以 SLS 的形式與服務架構中的 SLS Management 進行協調，系統則根據目前的負荷能力，來決定是否接受此 SLS。若接受，則 Traffic Engineering 下的 Network Dimensioning 元件則會根據 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，P. Trimintzios 等人在 2002 發表「A Policy-Based Quality of Service Management System for IP DiffServ Networks」[13]說明了其中在 TEQUILA 架構中 Policy 的制訂方法，而 2003 的「Admission Control for Providing QoS in DiffServ IP Networks: The TEQUILA Approach」[14]中則說明關於允入控制等相關的議題。

2.1.4 Victor O.K. Li's System

在階層式管理架構，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，其中較具參考性由 Victor O.K. Li 等人於 2002 年 IEEE International Conference on Communications 發表之「Efficient Resource Management for End-to-End QoS Guarantees in DiffServ Networks」[15]管理架構。

該管理架構中(圖 2.3)，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。

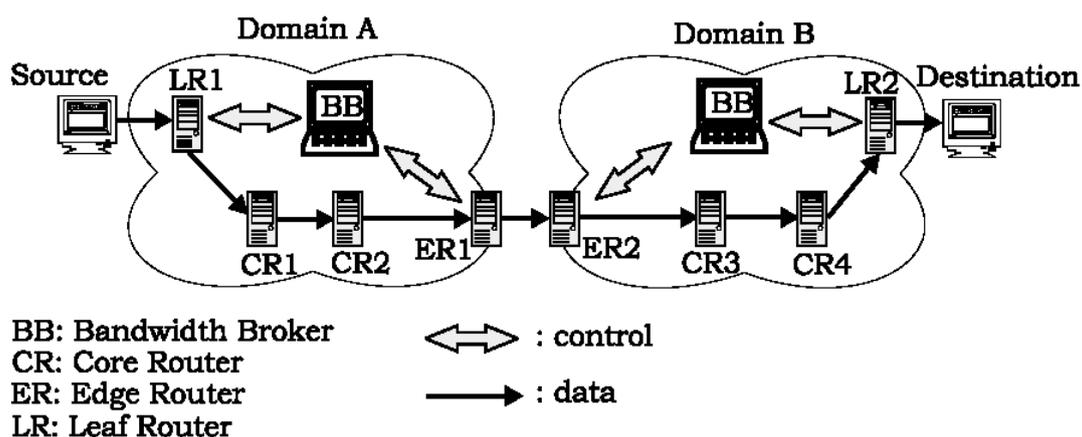


圖 2.3：以 DiffServ 為基礎的分散式資源管理架構

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 Router 與各個 Egress Router 間有數條預先計算好的路徑，路徑的

頻寬資源由 BB 分配，再由 Ingress Router 進行允入控制。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，如此分配若是 BB 著重於整體的利益考量，就容易出現公平性(fairness)的問題，某些比較重要的 Ingress Router 分到較多資源，而有些 Ingress Router 分不到資源或是過少而使得允入時發生資源短缺無法順利接受訊務以提供服務。

Victor O.K. Li's system 以類似 RSVP 的方式進行允入控制，分為 inter-domain 與 intra-domain。Inter-domain 為跨核心網路之允入控制(如圖 2.3 之 ER1 到 ER2)；intra-domain 則為該核心網路之允入控制與路徑選擇(如圖 2.3 之 LR1 到 ER1)。在此架構下，由於 intra-domain 之資源分配是以固定時間方式分配，於進行分配時 BB 參考上個時段各個 Ingress Router 允入控制情形與進入流量，再加以重新配置資源。若是網路流量隨著時間不同而有所差異，此作法不易對當時情形作出反應而難以掌握突然大量出現的訊務；intra-domain 之允入控制為管理跨核心網路之允入情形，在此架構下目前只考慮 DiffServ 核心網路，對於其他類型的 QoS 網路(如 UMTS)尚未提及。由於不同類型的 QoS 網路對於 QoS 服務類別有不同的定義，當跨 QoS 網路時則必須考慮到服務類別對映(mapping)的問題，必須以恰當的對映使得訊務在進行跨網路時依然能夠得到適當的 QoS 服務，因此在核心網路部分可引用其他類型的核心網路以此研究所提出之管理架構與方法為基礎作更進一步的研究。

2.2 評論

如果對每一個訊務以 real-time on-demand 去要求資源建立路徑以提供端對端的品質保證，其 overhead 將極為可觀，例如 IntServ 使用 RSVP 的方式預留資源，必須針對每個訊務的需求在核心網路內逐步搜尋，得到一條保留路徑，因其

overhead 太大，只能適用於小型網路。而 DiffServ 雖然以 per-aggregate 的方式減低管理的複雜度，但是這種 per-aggregate 的服務品質保證，卻沒有辦法對於單一個訊務提供絕對的端對端服務品質保證。

現階段的資源管理多以集中的方式配置資源，網域的允入控制由一元件統一執行。這樣的做法於資源易受限於核心網路大小與網路流量，當網域過大或者流量過多，除中央統籌元件負荷量重與網路 overhead 過大外，在實際執行上也有困難存在。

在上述的架構中，在路徑規化與資源分配上，多半是以事先規劃的方式，減低即時運算的過量負荷。在 TEQUILA 的架構中，品質參數多，品質管理的模型較為複雜，其 Dynamic Route Management 的目標為平衡負荷(load balance)，Dynamic Resource Management 則負責管理與調整連線頻寬(link bandwidth)與暫存器空間(buffer space)，然而對於訊務預測的誤差並沒有辦法有效彌補，當預測誤差過大時，系統會有過多的即時運算，承擔過多的負荷。至於 Victor O.K. Li's system 以分散式的方法配置資源，可能會有較高的資源浪費，所以每隔一段時間便會依各個 Ingress Router 的使用情況重新調整，然而這樣的方式在突然進入大量訊務(burst)的情況下會無法處理。

鑑於提供端對端品質管理所面臨的問題，本研究的目標在於提出一簡單的端對端品質服務架構，以預算分配為基礎，使用簡化的單一品質參數，使得系統業者可以調整自己的品質管理策略，來增加系統效能，減低管理效率。除此之外，系統佈署(deployment)的容易與否也是我們考量的重點之一。

在本研究所提出的 BBQ 架構中，以分層管理的方式解決端對端的品質問題，將資源管理與允入控制分開進行。資源管理方面，核心網路內部頻寬資源由 BB 統一控管，依照網域各個 Ingress Router 需求不同進行適當的分配，再由 Ingress Router 內部元件事先進行路徑規劃，並依規劃結果 per-flow 進行允入控制。在本論文後面的章節，除了管理系統的架構介紹外，會以彌補核心網路上預測誤差的資源調配作為研究重點，並提出數種資源配置方法，再針對中央保留法與超額分

配法做更深入的分析與研究。

第三章 以預算為基礎之服務品質保證

在異質性極高的下一代網路上，要提供 per flow End-to-End QoS 是一項管理複雜度極高的工作，但唯有 per flow End-to-End QoS 才可提供使用者絕對的服務品質保證。所以，BBQ 之設計目的即為提供一個簡單易行的 per flow End-to-End QoS 管理架構。

要提供適當的 QoS 管理，其成功之關鍵主要在於是否能提供一個簡單易行之架構，再據此設計各種解決方案。以目前管理趨勢，由於 Per flow QoS 將造成大量的管理負擔，必須使用訊務集合技術(Traffic aggregate)將許多 flow 歸併，減低管理負擔。並且，將網路上的資源依照服務品質優劣做等級區分，採用分級分流管理，分級收費的方式。

BBQ(Budget-Based QoS)採用預算為基礎之服務品質管理，以簡化管理、追求效率，不增加管理複雜度為原則。根據這種簡化管理的原則，利用分層分權的方式將 QoS 管理權責以預算之方式分散到每個網路元件。並且，避免繁複的折衝協調，尤其是應盡量避免即興式 (real time on demand)的資源管理，盡量以預先規劃取代即興式資源分配。BBQ 管理提供一個高適用性的管理模型和管理工具，可適用於不同的下層網路技術和上層營運者管理目標。以下將簡介 BBQ 的網路架構和管理系統架構。

BBQ 之設計目標為提供一個可於 All-IP Network 上之提供服務品質保證之管理架構，此架構可供網路營運者調整其品質政策，運用有限資源達成最大的營運滿意度，以下介紹 BBQ 之環境及架構。

3.1 BBQ 架構

BBQ 的目標為在全 IP 網路架構上，提供一個簡單易行的服務品質管理機制，以提供 Per flow 之 QoS。

因此，本章節將先介紹一個簡化之全 IP 網路架構，並且分析重要的網路節

點，以釐清 BBQ 的 QoS 元件所需之功能和元件位置；以預算為基礎之管理為 BBQ 分散管理權責、化簡系統複雜度的概念；路徑定義和乘載服務架構則將端對端的服務分解為各元件所能負擔之服務；服務品質熵數為 BBQ 所定義之品質指標，透過此單一數值指標，使 BBQ 可適應不同的服務品質定義；資源分配的時機和資源配置的方式是影響資源管理效率及實用性的一大重點，本研究將先分析介紹，並且於不同的管理層中採用相異的方案；最後分析介紹 BBQ 的管理系統架構。

3.1.1 簡化的 All-IP 網路架構

一個遍及全世界的通訊網路，是由各個獨立營運的大小網路所共同組合而成。傳統上，多數的國家只有一個由政府營運的網路。但過去十年來，許多國家進行電信自由化，開放更多數量的商業網路執照。這些網路利用網路互連協定互相連接，組織成遍及全世界的通訊網路，如此便可將訊息傳遞到世界上大部分的地區。本研究假設一個全世界的全 IP 網路也是利用相同的方式部署，但為了使此網路架構簡明易懂，做了以下的假設。

一個獨立營運的網路包括了一個核心網路(Core Network)和數個接取網路(Stub Network)，一個核心網路涵蓋了整個營運網路所能服務的區域，而接取網路則是只涵蓋了較小的區域，例如一個城市。接取網路可能是固定或無線接取網路，例如 Wi-Fi WLAN 或 3G Radio Network。一般而言，兩個連接在同一個接取網路的終端設備，可以不透過核心網路直接通訊，但為了簡化問題，本研究假設一個 IP 封包將由本地接取網路經過核心網路傳遞，再送到遠端接取網路。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)。核心網路互連之路由器則稱為 Inter-Domain Gateway。下圖為簡化之全 IP 網路架構。

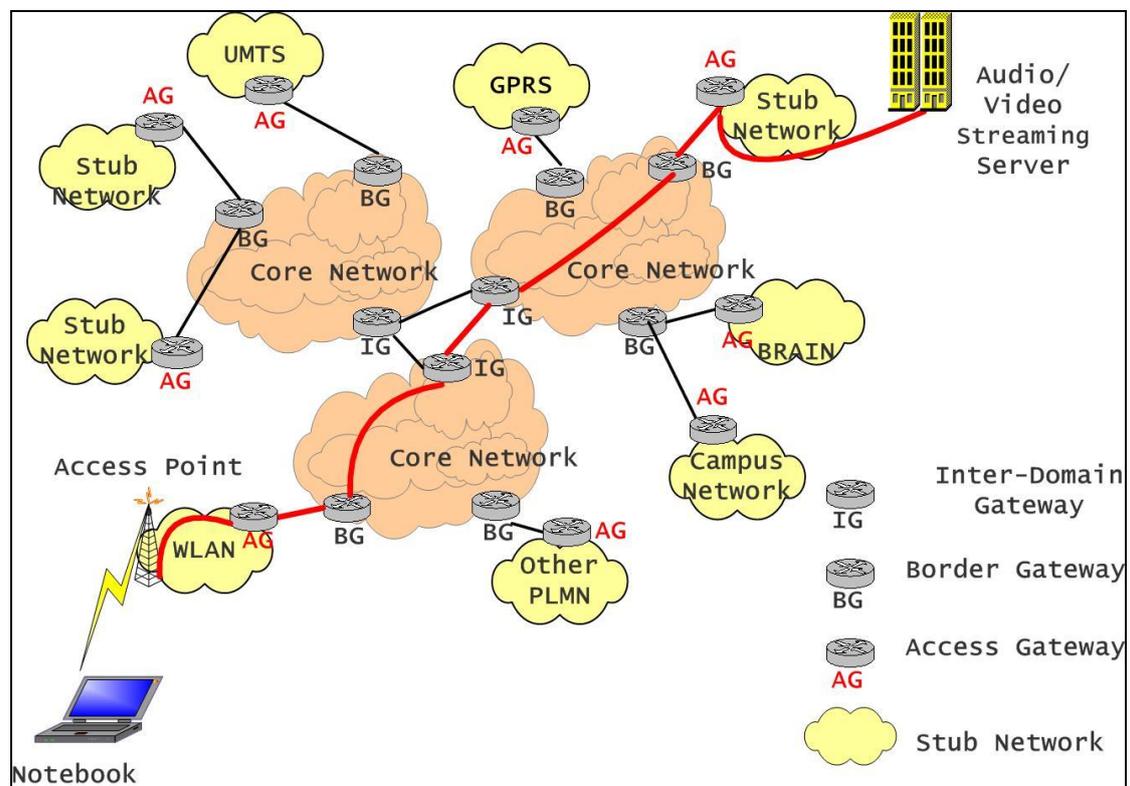


圖 3.1：簡化的全 IP 網路架構

3.1.2 以預算為基礎之管理

為了提供端對端網路服務，網路必須提供端對端服務品質保證。在實際的通訊中，一個封包可能必須穿越數個不同營運者的網路，並非單純地在同一網路當中，我們將一個封包所經過的路程，稱為一條端對端路徑(End-to-End path)，端對端路徑包含了許多網路元件，例如接取網路和核心網路。

以預算為基礎之概念就是，我們可以依據網路元件的能力，將使用者所要求之頻寬、服務品質以預算方式分配在這些網路元件上面。透過如此預算分配的方式，由網路元件負責提供部分的品質保證。此係一個實際網路能否成功運作之關鍵因素。

雖然以預算為基礎之管理架構無法達到最佳的整體資源運用效率，但是卻能大幅減低管理複雜度。所以，BBQ 架構將全面使用 budget 的方式，將管理權責以最佳方式分配到各個網路元件。

3.1.3 路徑定義

封包所行經一連串的節點和鏈結，就是所謂的路徑。一般來說，在封包交換網路當中，封包並無事先定義的路徑。不過，為了某些目的，網路營運者可能會為一個封包指定一條路徑，此條路徑可能是預先靜態指定或是動態指派。為一個封包找一條路徑的程序稱為路由。某些路由執行方法是由網路營運者依據路由的結果為所有的路由器設定路由表。封包的行進路徑可能根據由路由模組為路由器設計的靜態路徑，也可能根據由路由模組為封包規劃的動態路徑。如果封包能依規劃的路徑行進，將更容易確保服務品質保證。

因此，BBQ 將利用規劃具服務品質保證的路徑，以達到服務品質保證。BBQ 採用透過分層分權的方式，各層元件各自規劃該層級的資源成一路徑片段，提供給上層元件規劃成較長之路徑片段。Short Path 為一穿越某一個 Core Network 且提供服務品質保證之路徑，由核心網路路徑規劃元件，PPA (Path Planning Agent) 負責規劃；Long Path 為一穿越 Backbone 且可提供服務品質保證之路徑，由核心網路另一個路徑規劃元件，LPPA (Local Path Planning Agent) 負責規劃。End-to-End Path 則為 end user 到 end user 且實際提供端對端服務品質保證之路徑，由接取網路元件 global ACA (Admission Control Agent) 負責維護。如此，每一個核心

網路負責兩個路徑規劃任務：一是負責將各自網路內鏈結(link)組成一條條附有品質保證的 short path。另一則是負責為連接到各自網路的接取網路所產生的訊務規劃 long path(規劃時需與其他核心網路協調)。

表 3.1：分層之路徑定義

規劃路徑	管理元件	路徑能力
Short Path	核心網路之 PPAs	Short path 為通過核心網路之路徑，並且可提供服務品質保證。
Long Path	核心網路之 LPPAs	Long path 為可通過骨幹網路之路徑，並且可提供服務品質保證。
End-to-End Path	接取網路之 global ACAs	End-to-End path 由通過接取網路之路徑和 long path 相連而成，同樣可提供服務品質保證。

3.1.4 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需要為該封包提供承載服務。一般來說，全 IP 網路需要三類基本的承載服務，分別為 Entrance Stub network，Exit Stub network，和 Backbone。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，一條 End-to-End 則由以上這條子網路共同承載。

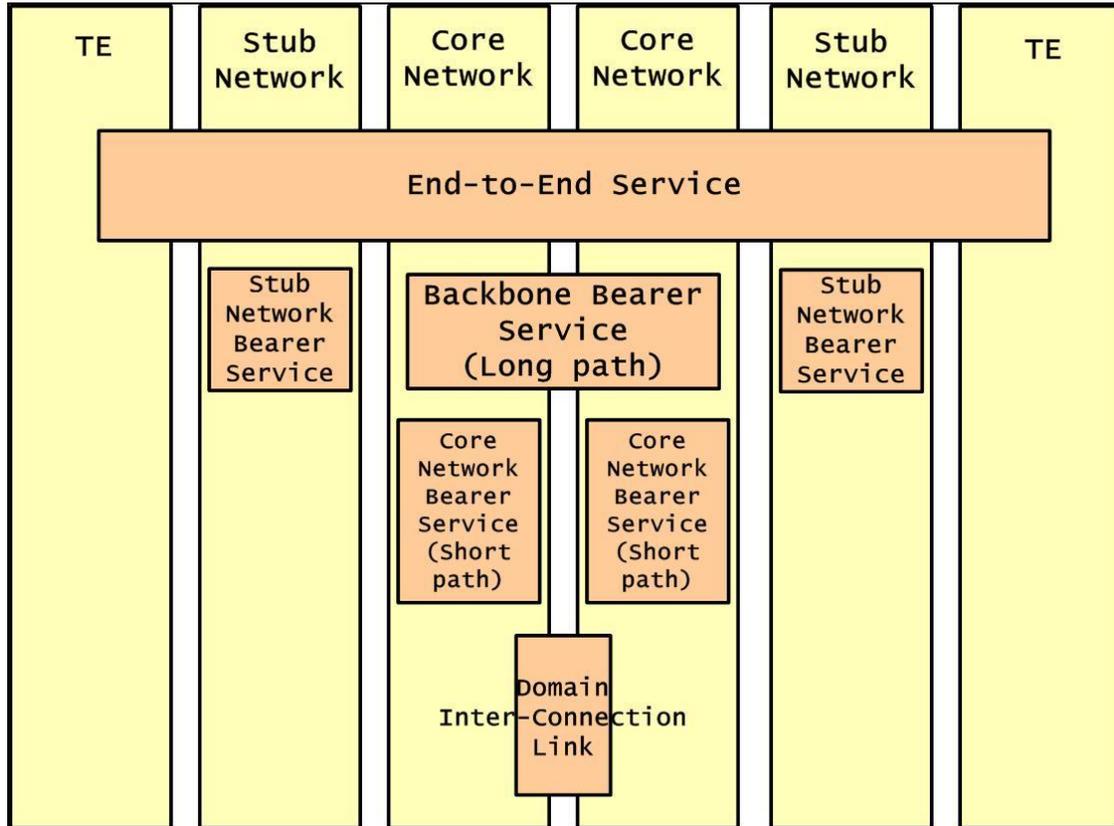


圖 3.2：端對端承載服務

由於規劃之需求，我們需要一個單一數值具可加性的品質量度，此量度由使用者之品質期望轉換而成，也可轉換成低層網路之品質參數。我們假這網路營運者可以自行定義轉換之公式。

3.1.5 服務品質熵數

服務品質熵數(Quality Entropy)為一與服務品質高低相反之數，此值愈小則服務品質愈高。服務品質熵數可由營運者根據自身需求定義，通常可包含 delay time、jitter、packet loss 等品質參數，最簡單者可將此熵數訂為 delay time。本研究的各種品質相關機制均假設網路營運者應提供品質熵數之定義。

使用者對服務品質之定義與網路提供服務品質之定義不一定一致，例如，UMTS 為使用者所定的類別與 DiffServ 所提供的類別就不相同，於網路規劃時莫所適從。本研究所定義的服務品質熵數可作為規劃時的一個通用指標，使得規劃

方法及工具具高度適用性，適用於各種不同的服務要求。

在使用本研究提出的方法，須將使用者需求轉換成服務品質熵數，再利用本研究提供之方法規劃品質政策。如下圖：

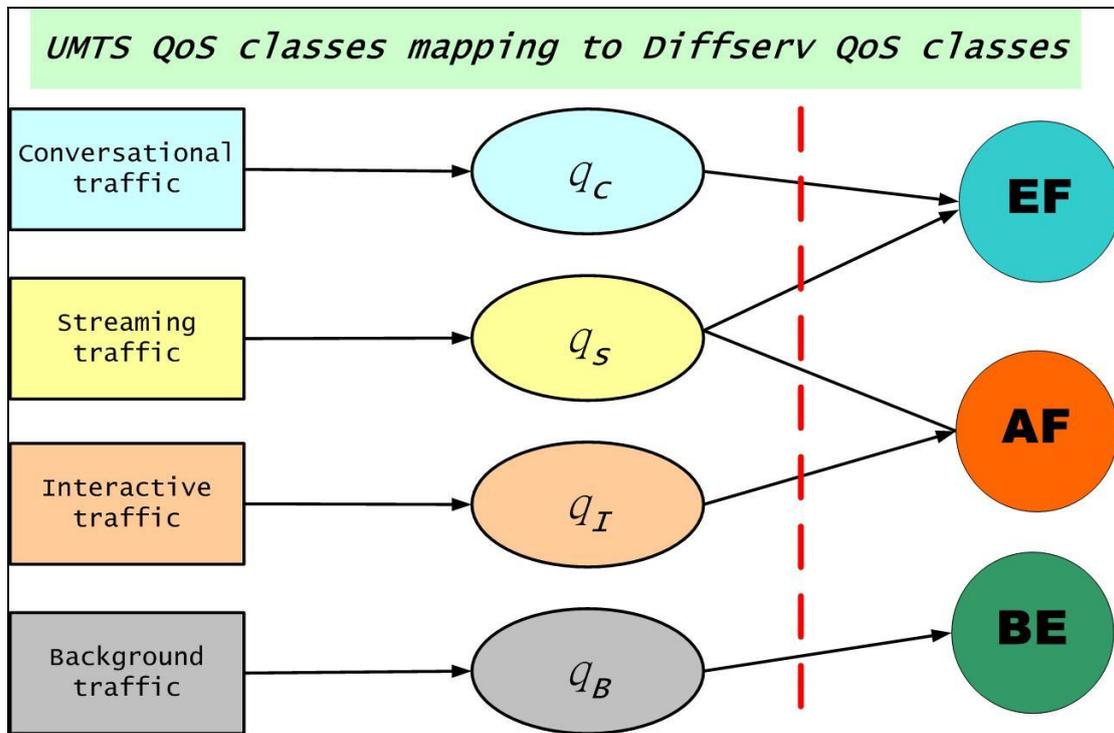


圖 3.3：服務品質熵數與品質參數對應

左方矩形代表服務等級(不一定為四類，可依照 operator 所欲提供的服務類型增減)，中間橢圓形表示服務品質熵數(Quality Entropy)，每類的服務均對應到一個服務品質熵數的範圍，而右方的橢圓型則表示 network layer 的 QoS 管理技術。舉例來說，Conversational 類別所對應之服務品質熵數為 q_c ，代表該類別所需要之服務品質保證，又對應到 Network Layer 的 DiffServ 之 EF 類別來管理。所以，我們提供能滿足 q_c 之資源，作為供給此類別需求之資源。

3.1.6 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即時提出資源配置要求並選擇繞徑，以此做允入控制。這樣方式之好處是不會有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 router 管理上的一大負擔，並且尋找路徑的 overhead 會對網路造成相當的影響。對於路徑尋找，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，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，預先分配可容忍較高的計算時間，但受限於預測不準確而不易與現實情況結合，如果訊務可預測，那麼可以設計一套好的預測方式以求預先分配最佳化。

在 BBQ 架構下的核心網路及核心網路所組成的骨幹網路，資源分配採用事先規劃的策略進行分配，事先規劃不同於即時資源分配，可容許較複雜之計算程序以及耗費較高時間以達到資源分配最佳化。網域的資源現僅涵蓋每個 link 的頻寬。每個 Ingress Router 紀錄過去各時間點各種需求的累積流量分布，利用這些歷史資料來預測各不同時段所需頻寬，並且經過計算整理成可使用資源，接下來等到實際執行階段依照實際流量做適當分配。

網路上的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。對於預測形成的誤差，除盡可能提高預測之準確度之外，可以採取適當方案以減少因估計誤差所導致的資源浪費。

3.1.7 集中式配置與分散式配置

本研究歸納了幾種不同的資源配置實作方式，分為集中式配置與分散式配置和混合式的資源配置方法。前者由資源配置元件統一配置網域資源，後者則是將整個網域資源先分配給網域內的各個 Ingress Router 自行運用。

集中式的資源配置由資源配置元件統一配置網域資源，例如：由路徑規劃的元件參考歷史的訊務資料，規劃出附有品質保證及頻寬上限的路徑後，將路徑視為資源即依照路徑規之起點分配給各個 Ingress Router。

這樣的方法最大的優點是簡單且容易實行，且資源配置時的考量是整個網域中的資源，可以獲得較高效率的規劃。但頻繁的資源配置由單一元件統籌也會有許多缺點：

- 集中式的規劃方式不易解決公平性的問題(fairness problem)。系統為了達成最佳化目標(如獲利最高)，可能不能顧及公平性造成部分 Ingress Router 沒有獲得公平的對待。
- 中央集中式資源分配雖然可以因為擁有全部網路資訊作統一規劃而有較好的效率，但也因為問題較大通常無法得到最佳解。
- 由於對訊務的預測有其不準度，需要即時資源配置來輔助，在執行時期，即時的資源配置對中央資源分配元件造成可觀負荷，難以擺脫即時分配法之原有缺點。

因此集中式資源配置的架構因應訊務流量異常變化的能力較差。

分散式的方法則將資源配置交由幾個不同的元件負責。例如：由 Ingress Router 預測某一段時間內可能的資源需求量，依據預測的結果對資源配置元件要求資源配置，資源配置元件綜合所有需求後將資源分配給各個 Ingress Router 自行運用。當有新的資料流欲進入網域時，Ingress Router 只需檢視自己手上所擁有的資源，再決定是否讓訊務進入網路，不用再由資源配置元件處理訊務的資源配置。

分散式路由方法是將路徑規劃的工作分散至各別 Ingress Router，每個 Ingress Router 負責規劃由自己進入的資料流路徑。分散式的方法減輕了中央統籌元件的負荷，解決在規劃路徑上所造成的公平性問題，而且在發生訊務異常時，可以由 Edge Router 作小幅度的內部調整，可以增加應付訊務異常之能力。但分散式的架構較為複雜，且整體的資源使用率會較低，此點可藉混合式彌補。

混合式的方法是以集中式的方法作初步規劃，再以分散式的方法做細部調整，在執行時段也採用分散資源分配。如此，可增加集中式資源規劃的效率提高最佳化能力，減低公平性問題，又可避免即時資源分配的問題。

在大型網路的資源配置需要穩定，且為了減少資源的浪費並使用的最佳化的方法妥善分配資源，應減少即時配置資源的比例，並將資源配置的責任分散到各個 Ingress Router 上，雖然方法複雜且消耗許多運算資源，但事先規劃的配置方法可以承受較高的運算負荷。

3.1.8 需求預測

BBQ 架構規劃網域的資源必須依靠精準之需求預測，以過去具有相關性的歷史資料預測未來某個時段的訊務需求。在規劃的時間點(planning time，例如每天晚上 12:00)、規劃的時間長度(length of time period，例如以一小時為單位)與規劃範圍(planning cycle)都有彈性可供選擇。在時間長度部份，根據 BBQ 網路在不同環境下，對於流量變異性較小之網路，我們可以取較長的規劃時間長度，例如以每小時為一個單位，將一天分成 24 個時段，再以一天為一個規劃範圍。對於流量變異性較大之網路，則可以縮短規劃時間長度，例如以半小時為一個單位，將一天分成 48 個時段進行規劃。當然也可以採用不規則的時間長，尖峰時段較短而離峰時段較長。

規劃時間長度的調整在 BBQ 架構下為需求預測提供一個富有彈性的選擇，讓系統業者根據該網路狀況進行調整，較長的規劃時間長度可以減少事先進行預測與配置資源的流程次數，適合用在流量相對於時間的變異性較小之網路；而較短的規劃時間會耗費較多次的預測與資源配置流程，但是在流量相對於時間的變異性較大之網路可以較為精準的預測需求。

決定了規劃時間長度(length of time period)後，應在適當的時機對於下個規劃範圍(planning cycle)，針對規劃範圍內各個 Concerned Time Period (CTP，欲規劃

資源需求的時段)進行需求分析並進行資源配置(例如前天晚上進行隔天每個規劃時間的需求預測與資源配置)。對於每一個 CTP 都可以定義一組 Reference Time Period (RTP, 預測 CTP 資源需求之參考時段), RTP 為 Ingress Router 紀錄的歷史資料中, 與該 CTP 有相關性的歷史資料, 舉例而言, 如果 CTP 為本週週一早上 8 - 9AM, 則預測中所參考的 RTP 可設為之前所有週一早上 8 - 9AM。RTP 的流量需求紀錄, 可作為 CTP 需求預測的參考, 根據需求分佈的情況來調整資源批購方針。

3.2 BBQ 管理系統架構

本節討論 BBQ 管理系統架構, 介紹本研究團隊所提出的 BBQ 架構中品質管理機制與分工, 軟體架構, 並簡述本架構中端對端訊務品質建立流程。

3.2.1 BBQ 管理系統假設

BBQ 管理架構為了簡化設計的複雜度, 因此我們將有以下的假設。第一, quality entropy 為由營運者根據自身需求定義之函數計算的單一數值評估指標。第二, 本研究假設 quality entropy 為一具可加性之數值, 可透過預算分配的方式, 將服務品質熵數分配在各個網路元件之上。第三, BBQ 假設於核心網路等大型網路當中, 具有 periodical traffic pattern [28]。第四, BBQ 將不同服務等級之資源事為獨立的網路資源分開規劃。

3.2.2 分散式分層管理系統

為了降低管理的複雜度, BBQ 採用分散式階層式相當於 3.1.7 所述的混合式管理系統, 負責規劃資源的使用以及提供服務品質的路徑規劃。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。以預先資源規劃的方式在各元件之間事先協調資源分配, 允入控制元件獲得資源後, 再整合各

項資源形成符合各項 QoS 條件的訊務路徑留待執行時期提供給允入的訊務使用。

BBQ 將服務品質管理依照階層架構做分類。由上而下，端對端服務品質保證協調層(End-to-End Network QoS Coordination Layer)負責提供端對端服務品質保證，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 為具適用行之管理架構，可更換底層之網路技術，目前 BBQ 採用以 IETF 所制定的 DiffServ 為代表。

表 3.2：BBQ 管理系統層級分工

層級	作用
端對端服務品質保證協調層	端對端服務品質控制，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。

3.2.3 管理系統軟體架構

每個核心網路均有一個軟體元件為 Core Network Coordinator，CNC，內含 Long Path Planning Agent，LPPA，負責 long path 規劃。而接取網路的網路接取伺服器上則有一個軟體元件為 global ACA，負責端對端服務品質保證之允入控制。

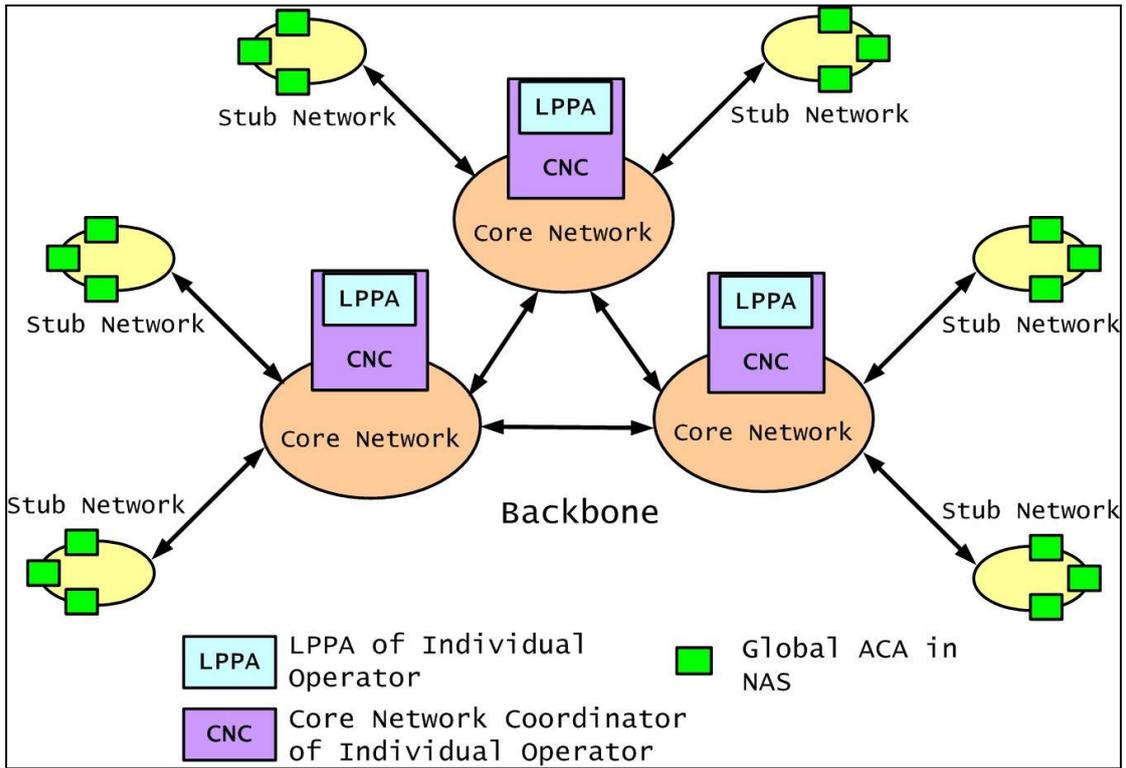


圖 3.4 : BBQ 管理系統軟體元件架構

3.2.4 簡化的端對端服務品質建立流程

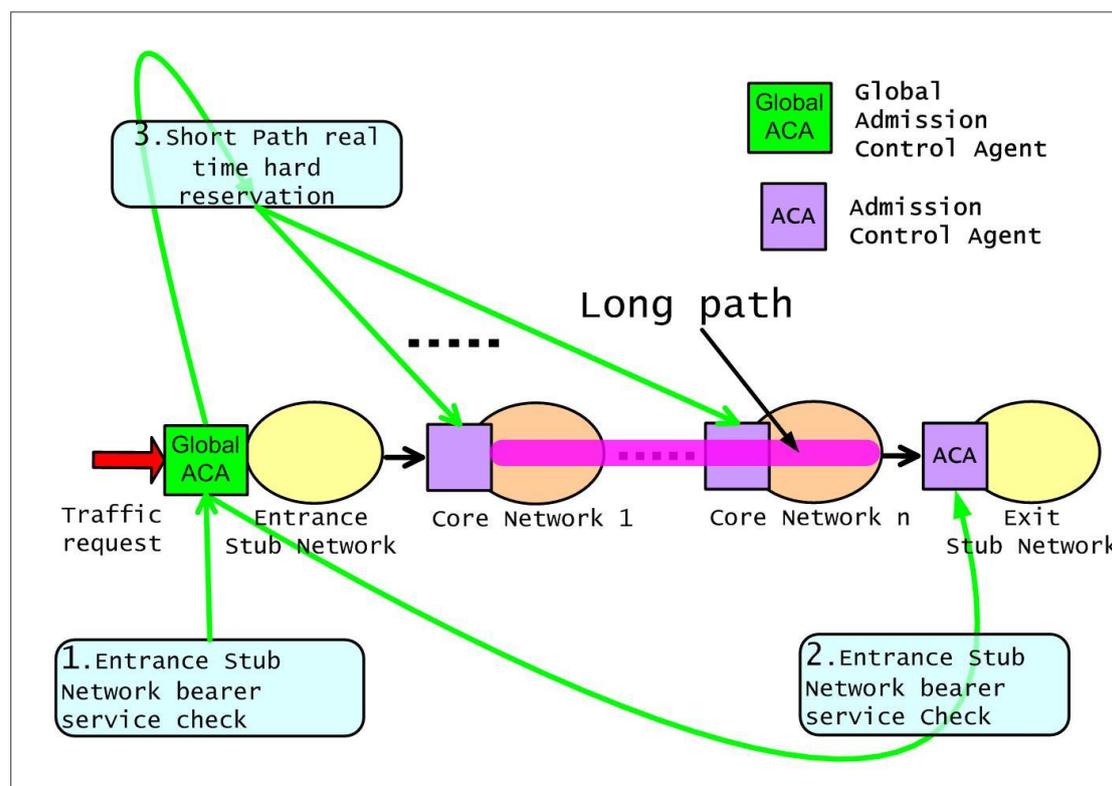


圖 3.5：簡化的端對端服務品質建立流程

上圖為簡化的端對端服務品質建立流程。當即時的訊務流要求進入全 IP 網路時，接取網路 Network Access Network 上的 Global ACA 則負責允入控制。由於 BBQ 將採用資源預先規劃，即時分配的管理方式，因此，允入訊務流之前需要先建立具有服務品質保證之端對端路徑。簡單分為三階段：

- 入口接取網路承載服務資源取得
- 出口接取網路承載服務資源取得
- Long path 資源使用權取得。Long path 由數條 short path 所組成，所以此階段將需要取得所需之 short path 資源使用權。

3.3 BBQ 中的核心網路架構與 QoS 元件

一個端對端的網路架構中包含許多的核心網路。在 BBQ 的架構之下，我們

假設一個核心網路是由一個電信公司所獨自擁有的網路，而各個核心網路的營運者都有其管理自身的管理政策。在 BBQ 分層管理的概念下，一個端對端具服務品質保證的資料流可能會由多個不同電信公司所管理的，當最上層端對端管理元件將 QoS budget 分配到至核心網路後，核心網路上執行 QoS 保證的元件就負責滿足品質要求，完成具品質保證的端對端服務 Ingress 至 Egress，如此分工可有效降低管理的複雜度。

而為了提供每個訊務通過核心網路的品質保證，在核心網路中，我們採用資源預先配置方式，訊務若被允許進入此網路中，則會獲得一定的資源，以保證訊務通過網路時，可以達成所需之服務品質保證。

在 BBQ 中的核心網路架構，將會在 DiffServ 的為基礎的網路架構中，加入我們所提出的資源管理和傳輸服務品質架構之機制，藉以提供網路營運業者一套簡單易行的管理工具，來達成 End-to-End 服務品質保證，讓網路營運者調整其品質政策以達成其最大的滿意度。

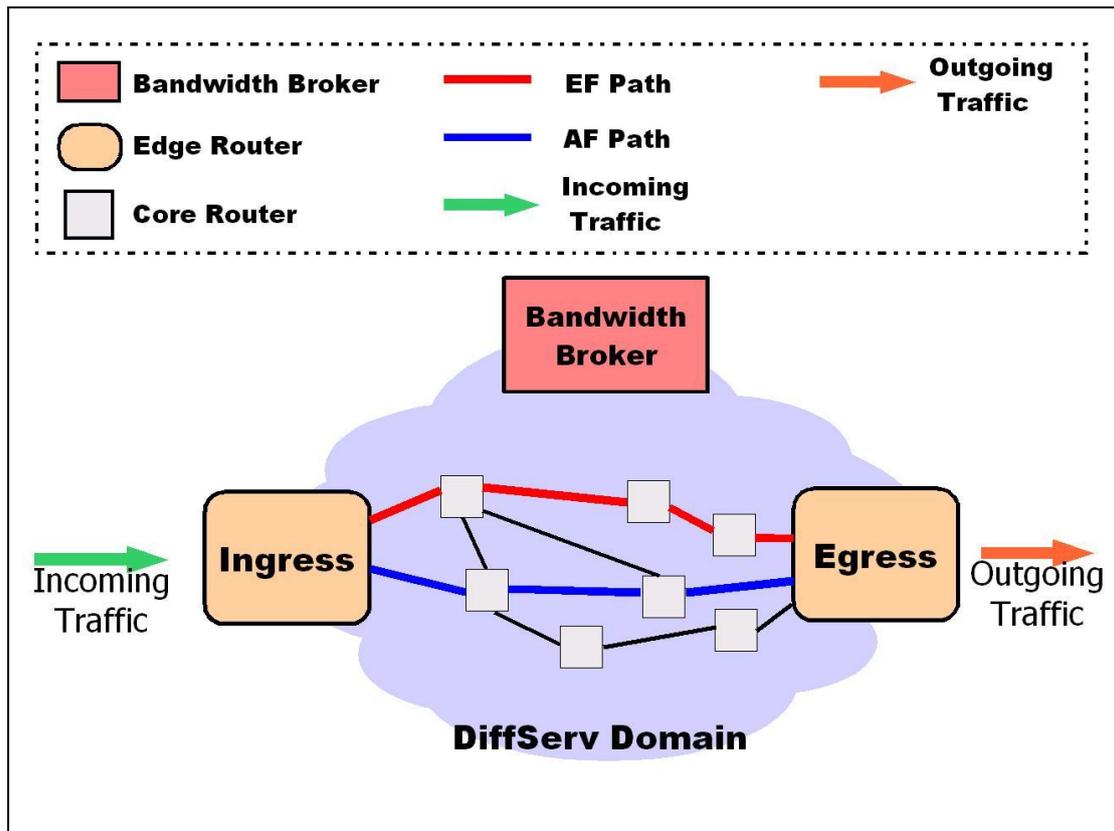


圖 3.6：BBQ 架構之核心網路

3.3.1 核心網路資源規劃方法

為了提供每個訊務通過核心網路的品質保證，我們建議指定每個訊務的傳送路徑。在路由方法上，主要可以分為集中式(centralized approach)與分散式(distributed approach)兩種，集中式是由一元件負責所有 Ingress Router 進入資料流的路徑規劃選擇；分散式則由各個負責允入的 Ingress Router 找出可以滿足資料流品質需求的路徑。

本研究考量網路資源的使用率與網域內各 Ingress Router 的公平性問題，以分散式搭配集中式的方法路由，並配合上適當的資源配置法，規劃成一個個完整路徑，給 Ingress Router 允入使用。資源配置法考量時效性問題與管理複雜度，避免採用即時資源配置受到較多限制，而採用預先分配法，事先進行資源規劃。

3.3.2 核心網路內的資源規劃元件

在 BBQ 的架構之下，我們假設一個核心網路是由一個營運者所獨自擁有的網路，因此而一個端對端的網路架構中包含許多的核心網路。在 BBQ 分層管理的概念下，負責 long path 及 short path 的元件各自負責在指定的品質預算內規劃出一組組 long path 及 short path。

目前我們假設核心網路為一 DiffServ 網路，由數個 Edge Router 與 Core Router 組成，除了 Core Router 僅負責傳遞資料外，QoS 的管理主要分散在核心網路協調元件與各個 Edge Router 上。如圖 3.7 所示，核心網路 QoS 管理元件主要有核心網路協調元件與 Edge Router，Edge Router 又分為 Ingress Router 與 Egress Router，其中核心網路協調元件包含資源管理元件與核心網路路徑規劃元件，Ingress Router 則包含頻寬訂購代理人、允入控制代理人與路徑規劃元件，上述元件的功能分別如下：

- 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)，是核心網路主要控制元件，也是管理上核心網路對外的窗口，其內包含兩個元件：

- ◆ 資源管理元件(Bandwidth Broker，BB)：負責對核心網路內的資源做適當的分配，主要採用分層管理的精神，在系統初始的時候將核心網路內的頻寬資源交與各個入口路由器做利用。
- ◆ 核心網路路徑規劃元件(Short Path Planning Agent，Short PPA)：主要負責將欲進入該核心網路之訊務預測，以中央集中式繞徑及資源分配方式計算出其路徑需求，再轉換成每一個鏈路(link)的需求，交由負責批購頻寬的元件，購買頻寬時的參考。

- Edge Router

在網域最外圍連結其他網域的 router 稱為 Edge Router，資料流的進入的 Edge Router 稱為 Ingress Router，離開的 Edge Router 則為 Egress Router。

- ◆ Ingress Router：訊務進入的 Edge Router，其負責的任務與功能如下。
 - 頻寬訂購代理人(Bandwidth Order Agent，BOA) - 根據以往的訊務統計由 short PPA 供給計算最佳批購量，向 CNC 元件訂購所需的頻寬交由 LSPPA 規劃成可用路徑。
 - 允入控制代理人(Admission Control Agent，ACA) - 依據所掌握的路徑資源來決定是否可以滿足資料流的需求，若允許進入網域，就表示可以滿足此資料流對於傳送品質的要求。
 - 路徑規劃元件(Local Short Path Planning Agent，LSPPA) - 此元件會將 BOA 所批購回來的資源，規劃成有各種品質的路徑所組成的路徑組，供 ACA 在系統執行時使用，各個 LSPPA 可根據各個 Edge Router 的情況選擇規劃方法，不一定強求一致。
- ◆ Egress Router：訊務離開的 Edge Router，當資料流結束傳送時，Egress Router 負責釋放原先配置的資源，以利之後進入的資料流使用。

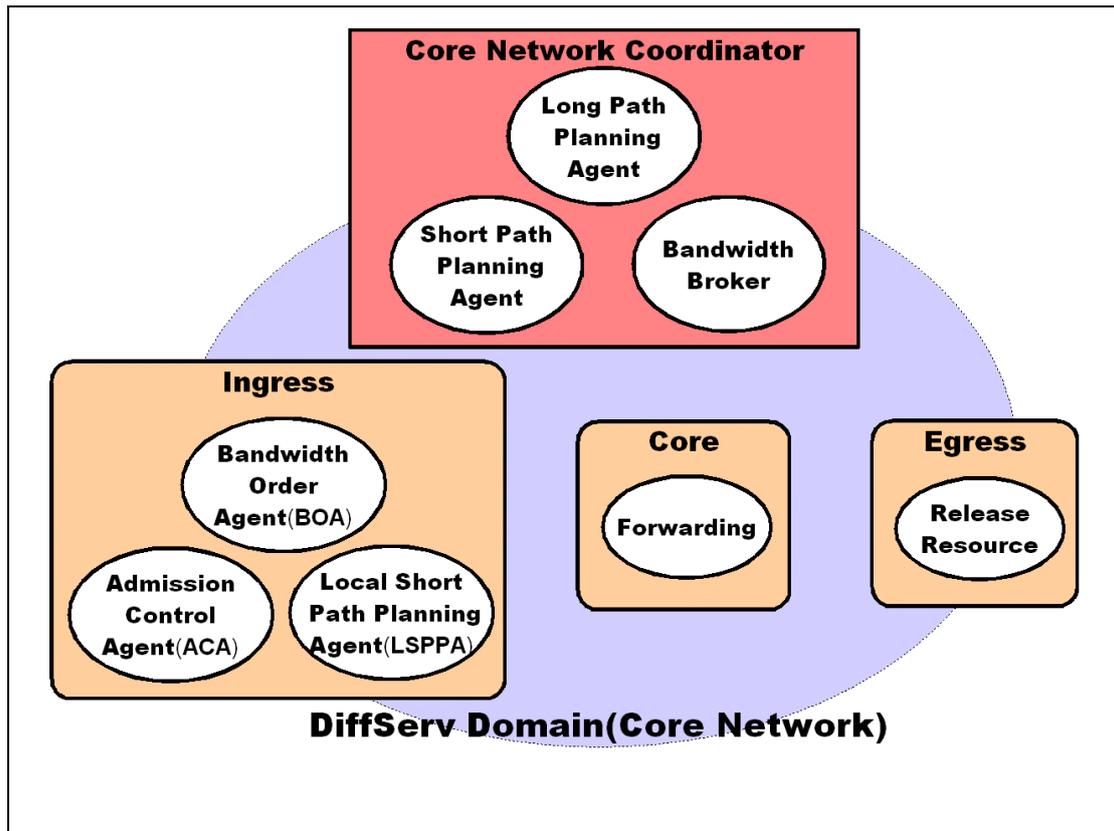


圖 3.7：核心網路管理架構

3.3.3 分散式資源規劃運作流程

BBQ 架構是以預測的方式規劃網域的資源，來應付未來訊務的資源需求，因此需要一套良好的資源規劃方法，在 BBQ 的核心網路中利用分層管理，權責區分的精神，採用批發零售的方式，來管理網域內的資源。每一個 link 的頻寬均由 CNC 中的 Resource Manager 統一分配，BOA 根據預測，預先向 BB 批購每一個 link 的部份頻寬，批購來的各段 link 頻寬由 Edge Router 自由使用，組成各種路徑分配給進來的資料流使用，整個批發零售的過程如下圖 3.8：

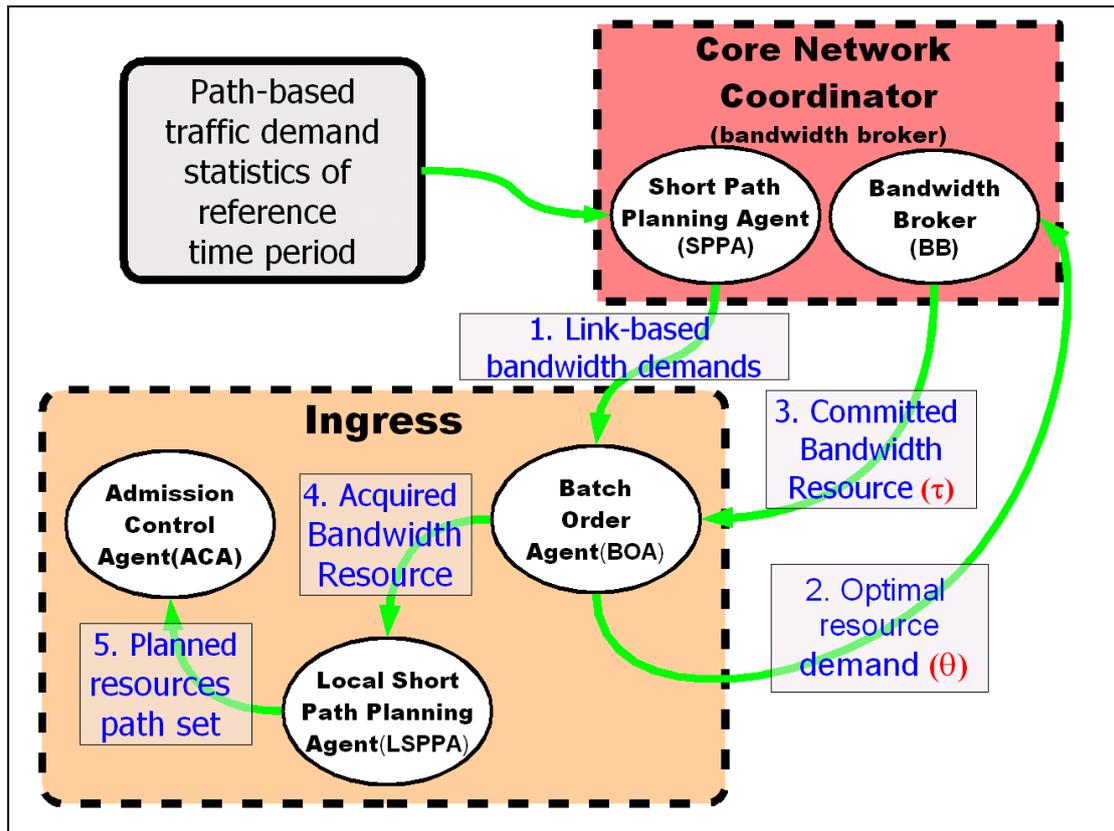


圖 3.8：核心網路資源分配流程

首先將整個訊務型態的歷史資料分成幾個時段，挑選出與下個預測時段相似的參考時段，根據這一個時段的訊務特性還有先前資源的使用情形，為各個 Ingress Router 某個未來時段資源需求做預測，此一個預測的結果為一個資源需求的分佈圖。此時 Short Path Planning Agent (SPPA)會根據各個 Ingress Router 上的需求分佈圖和核心網路內的頻寬，計算出最適合此時段訊務的一組路徑組，此路徑組是由從各個 Ingress Router 出發具有不同 QoS 品質的路徑所組成，預料將可以滿足該時段中不同應用的品質要求。

步驟一、SPPA 會在將此整體路徑組轉換成每一個 Ingress Router 在各鍊路上的資源需求，其結果也是一個各個 Ingress Router 的資源需求分布圖，然後此資訊交給 BOA。

步驟二、BOA 會根據此一資訊加上自身的特殊考慮，決定所需之資源批購量，向 CNC 中的 Bandwidth Broker 批購。

步驟三、Bandwidth Broker 會根據所有 BOA 的需求及整體資源存量來決定資源配置。

步驟四、當每個 Ingress Router 上的 BOA 購得資源之後，會將此 link-base 的資源交給各個 Ingress Router 之中的 Local Short Path Planning Agent (LSPPA) 做路徑的規劃。

步驟五、LSPPA 會利用這些資源規劃出適合的路徑組，儲存在各個 Ingress Router 的 Resource Database 中，供 Admission Control Agent 和端對端的 Agent 使用。

3.4 彌補預測誤差的資源配置方法

在本研究架構中，CNC 中的 BB 不直接分配資源給資料流，而是批發給 Ingress Router，由 Ingress Router 間接分配資源予有需求的資料流。由於資源並不是即時配置，而是事前規劃，分配給 Ingress Router 的資源，極有可能因預測誤差使得獲配資源沒有用完或是不敷使用，所以需要有效率的即時解決頻寬過剩或不足的問題。

預測誤差不一定會導致資源浪費，例如當分配給所有 Ingress Router 的頻寬都有剩餘時，預測誤差並不會導致資源的額外浪費。但當預測誤差能導致資源浪費時，資源配置的方法有必要設法彌補以增加系統效率。本節介紹數種彌補預測誤差的方式，這些方法可以截長補短，減少資源浪費。

3.4.1 資源重分配法(Resource Reallocation Approach)

分配出去的資源若沒有使用，BB 可以在執行期間回收未使用的資源，或由，頻寬過剩之 Ingress Router 主動繳回，BB 再視資源使用情況調整配置，重新規劃，分配給有需求的 Ingress Router，或是暫時由 BB 保留，以降低資源的浪費。資源重分配法為最直觀簡單的方法即時的調度可以滿足所有資源不足的 Ingress

Router，不會浪費資源。但當預測誤差過大，過於頻繁的重新配置需要許多即時的運算，會增加系統的負荷，使得資源配置退化到有如即時配置的方式，事前規劃的優點不復存在，且當訊務量大幅波動，BB 處理資源重配置的負荷與網路品質可能甚至會比使用及時配置的方法管理資源更不理想。此外，實際的網路，不論是 Ingress Router 或是 BB，都可能因為即時性管理能力之不足，無法於執行期間收回已分配出去的資源，因此事前規劃的資源配置法仍然需要其他有更有效率的機制來維持其優點，並解決預測誤差所導致的資源浪費。

3.4.2 中央保留資源法(Central Pool Approach)

BB 配置資源給各個 Ingress Router 前，先保留部份的資源做統籌，當 Ingress Router 未使用的資源量低於某一特定門檻(threshold)或已耗盡時，Ingress Router 內的 BOA (Bandwidth Order Agent)會向 BB 以即時的方式要求資源配置，而 BB 便可將保留在 Central Pool 中的資源配置給有需要的 Ingress Router 使用。

BB 保留資源的時機並不一定要在整體資源需求超過系統資源，或是已有部份 Ingress Router 資源不足的時候，為了解決可能因預測誤差所造成的資源浪費，BB 須在整體資源需求接近系統資源時，便有必要啟動本機制，保留的資源會留在一個虛擬的 Central Pool，當某個 Ingress Router 使用完原本批購所得的資源後還有資料需要傳送時，BOA 可即時向 BB 要求額外的資源配置，BB 再依提出要求的時間順序(First Come First Serve)配置給任何提出需求的 Ingress Router。

Central Pool 如果保留過多的資源，系統就會退化至即時配置的方式，自然的增加許多系統的負荷，也失去了事先規劃與批發零售的意義；反之，如果 Central Pool 太小，而預測的準確度低，欲進入網域的訊務量與預測值差異過大，Central Pool 可以減少資源浪費的效果便不明顯，網路資源的浪費嚴重，網路服務的品質也會大大的降低。因此，如何控制應保留頻寬的大小，在不過度增加網路與系統的負荷下，減少資源浪費，使得整體資源配置效率得以達到最佳狀態，是本研究

的重點之一。

3.4.3 超額分配法(Overbook Approach)

超額分配法之精神類似航空公司超額訂位制度，目標是降低旅客訂位後取消或未按時搭機造成浪費機位之機率。BB 超額分配資源給 Ingress Router，增加各個 Ingress Router 可進入網域的訊務量，降低資源浪費的機率，這便是超額分配法主要的精神。每個 Ingress Router 對 BB 提出的資源預購需求可能過多，也可能太少，超額分配法隱含資源重分配之精神，發揮截長補短之功效，讓餘裕的資源自動重分配給資源短絀的 Ingress Router。

本研究提出的超額分配法首先預估超額上限，再依比例分配給每個提出需求的 Ingress Router，提高進入的資料流總量。這個方法的好處在於系統不必隨著各個 Ingress Router 實際資源需求的波動來調整配置，降低了資源配置的負荷；然而超額分配法仍須承擔超過系統負荷的風險，各個 Ingress Router 進入網路的資料如果超過負荷時，網路品質可能會快速惡化。超額分配雖有相當的好處，但必須經過周密設計以減少超過負荷的機會。

3.4.4 混合分配法(Hybrid Approach)

將上述兩種資源分配法與資源重分配法結合的混合分配法，可以適度提升資源配置法的效能。

3.4.4.1 中央保留資源法搭配資源重分配法

當某個 Ingress Router 獲得配置的資源不足，Ingress Router 向 BB 提出即時的資源配置請求，BB 在分配中央保留的資源給 Ingress Router 使用前，可以先以資源重分配法調整部分需求資源預測誤差過大的 Ingress Router，將沒有使用的

資源先做調整，如果還有不足，再將中央事先保留的資源做分配運用。

這樣的結合，除了使資源的使用效率提高，減少資源的浪費外，還可以延長 Central Pool 的壽命；相對的，部份 Ingress Router 資源的重分配會增加 BB 的負荷，為了調整不同 Ingress Router 的資源重新分配，也會增加即時資源需求的配置時間。

3.4.4.2 超額分配法搭配資源重分配法

相同的，超額分配法搭配資源重分配法也有不錯的效果。使用超額分配法，部分 Ingress Router 可能進入大量的訊務，儘管已超額配置，卻還是沒有足夠的資源提供服務，同時系統卻沒有滿載，若資源可由 BB 重新分配，在超額分配上便可以更大膽，以進一步提高資源使用效率，但不會造成網路品質的明顯下降。然而如果更大膽的超額分配，其風險估計應該更周密。

3.5 總結

本章除了 BBQ 的管理架構，還介紹核心網路內的資源規劃與配置方法，BBQ 的架構是採事先規劃、批發零售、分散式的管理，避免過多的即時運算。事先規劃必須配合某種需求預測的方法才能運作，但任何預測一定有其誤差，進入網域的訊務也會波動不穩定，所以資源配置的方法必須彌補可能的資源浪費問題。

本研究提出了數種可以解決預測誤差的資源配置方法，分別是資源重分配法、中央保留資源法、超額分配法與混合分配法。這些方法的目的是在於提高網域資源的使用效率，減少資源的浪費，但也會造成系統消耗大量運算資源，增加系統可能無法承擔的負荷，嚴重的也可能惡化網路的傳輸品質。下一章將會對中央保留資源法與超額分配法有更深入的介紹，並提出最佳化模型分析其效能。

第四章 彌補預測誤差的資源配置方法與最佳化模型

本章針對彌補預測誤差的資源配置方法中的中央保留資源法與超額分配法做深入研究，並以圖形範例與最佳化模型來分析兩個不同的資源配置方法。

4.1 中央保留資源法

圖 4.1 以單一 Ingress Router 為例， θ 為資源需求量， τ 為資源配置量， C 為容量(Capacity)，Ingress Router 對 BB 提出資源配置需求(θ)，BB 保留了部份資源於 Central Pool 中來彌補預測誤差，僅配置部分 Ingress Router 需求的資源(τ)。如圖所示，BB 對 Ingress Router 的需求並不充分滿足($\tau < \theta$)，餘下的資源($C - \tau$)則留至 Central Pool 中即時配置給有需要的 Ingress Router 提供服務。

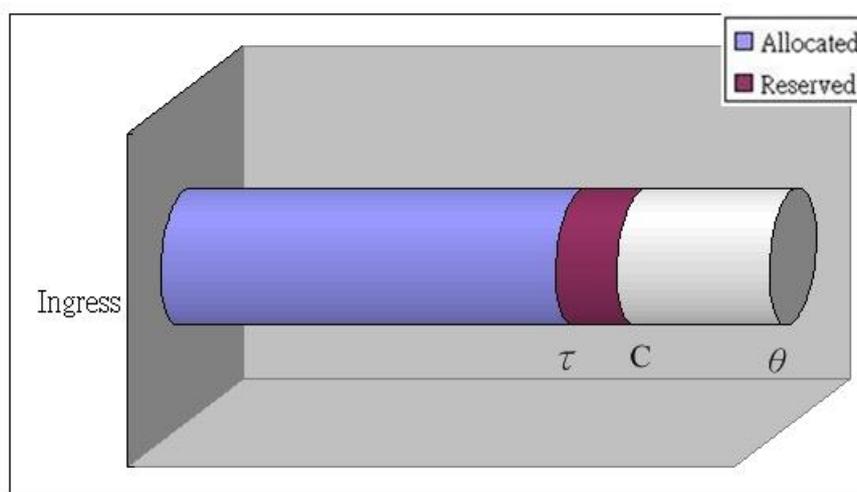


圖 4.1：單一 Ingress Router 資源保留與配置範例

再以圖 4.2 說明，圖中左右兩長條圖表示兩個 Ingress Router 的資源需求、配置與實際進入的訊務。比較實際進入兩個不同 Ingress Router 的訊務與其資源批購量位置(θ)可知，兩個 Ingress Router 的預測都有誤差，欲進入 Ingress Router 1 (I1)的訊務比批購的資源還多，但進入 Ingress Router 2 (I2)的卻比批購的還少。假設 BB 剛好可以對每個 Ingress Router 十足配置其所批購的資源，因為進入 I1

的訊務超過預期(θ)，超過的部份會被 Ingress Router 拒絕，而 I2 卻有許多的資源是浪費沒有使用。

中央保留資源法可以彌補這種缺陷，BB 保留部份的資源統籌分配，以即時配置的方式提供資源給有需要的 Ingress Router，必要時可以不完全滿足所有 Ingress Router 的需求。比較圖 4.3 利用 Central Pool 保留資源和圖 4.2 沒有 Central Pool 保留資源，相同的情況，I1 實際發生欲進入網域的訊務遠超過預測，而 I2 卻少於預測。圖 4.3 中 BB 對每個 Ingress Router 不足額配置資源，將 I1 與 I2 沒有配置出去的資源($\theta - \tau$)集中於 Central Pool 中，BB 會在執行時期將這部份保留的資源提供給 I1 使用(I1 斜線部分，on-demand acquired bandwidth)，如此一來，整體資源分配出去而沒有使用的部分(wasted bandwidth)會大大地降低，也減低因為預測誤差所造成資源的錯置。

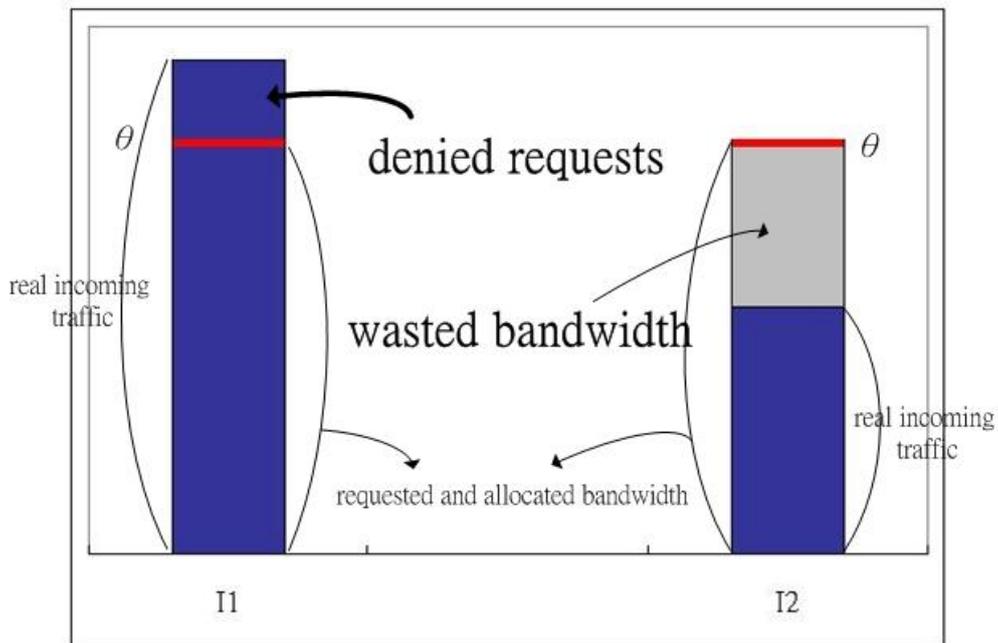


圖 4.2：頻寬需求、頻寬配置與實際訊務示意圖

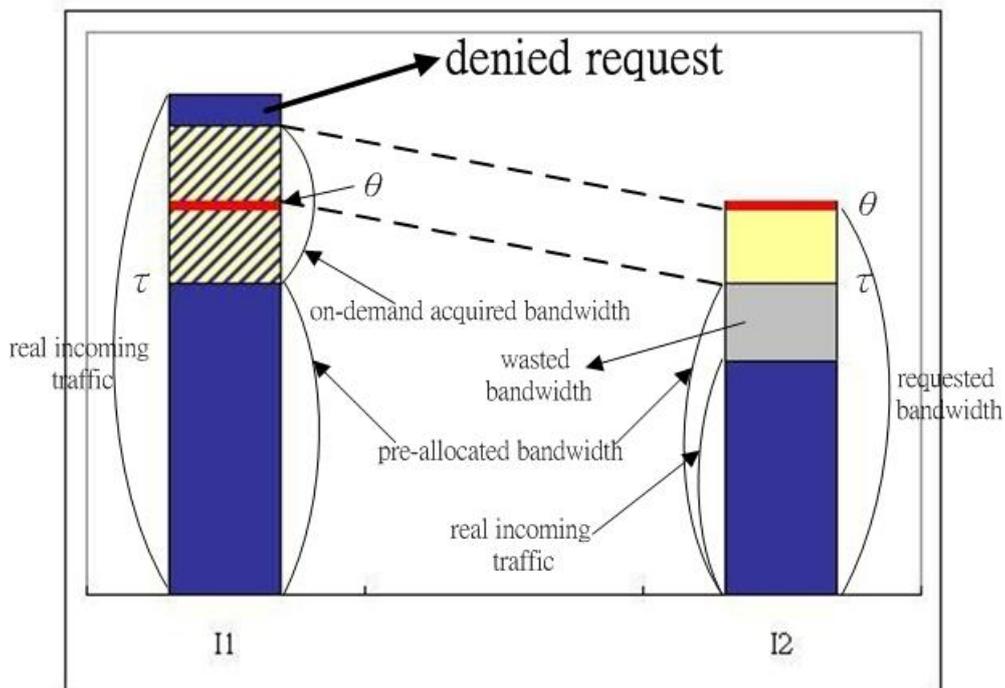


圖 4.3：中央保留資源法的資源保留與配置

4.1.1 資源配置量與使用分析

中央保留資源法是保留部份的網路資源，當 Ingress Router 批購的資源不足時，Ingress Router 可向 BB 即時要求配置資源以服務新進的訊務，BB 檢視 Central Pool 中所保留的資源存量，提供給 Ingress Router 使用。然而這一部分的工作勢必造成網路負荷的增加，如同先前所提，當 BB 保留過多的資源在 Central Pool 中時，可以使網路資源的使用率相對提高，然而保留太多資源會使中央資源保留法退化成即時配置，失去事先規劃的優點，增加系統負荷；反之，如果 BB 將大部分的資源批發出去，當預測越不準確，Central Pool 中可以提供即時服務的資源又不足，此法彌補預測誤差的能力就大為降低。

圖 4.4 舉例說明了資源配置量與整體資源的使用情況。 θ 為 Ingress Router 對 BB 所提出的預測資源需求量，實體部份表示實際發生欲進入網域的資料量， τ 為 BB 配置給 Ingress Router 使用的資源量，在此分別討論四個不同配發量($\tau_1 \sim \tau_4$)發生的情況。

τ_1 配置超過進入訊務的資源，由圖中可以看出，批發出去的資源並沒有被 Ingress Router 使用完，最上方空白部分明顯的浪費了。

τ_2 配置量接近進入網域的資料量，不會有過多即時資源配置的需求增加系統與網路的負荷，也不會因配置過多的資源造成浪費。

τ_3 配置量不敷使用，有部分的資料傳送需要即時要求配置資源。

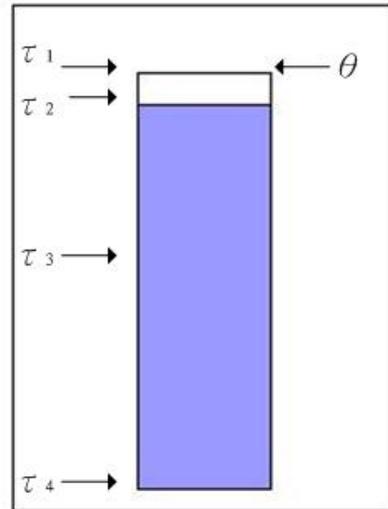


圖 4.4：資源需求與配置量

τ_4 表示沒有預先配置的資料量，換句話說，Ingress Router 傳送所有訊務所需要的資源都是以即時配置的方式取得，在大型網路或網域資料量大時，系統可能會沒有辦法負荷，網路的效能也可能會因負荷過高而大大降低。

由上面的分析可以知道，BB 所批發的資源量儘可能接近進入網域的資料量，避免不必要的浪費，且不會造成系統與網路過大的負擔，加長系統的反應時間。

4.1.2 最佳化模型

使用中央保留資源法，Ingress Router 需求的資源可以分成批發預售($\leq \tau$)和即時需求($> \tau$)兩部份。而即時需求又可分為合乎預期($\leq \theta$)與超出預測($> \theta$)兩部份。

如果 Ingress Router 需要使用超過 θ 的資源，表示 Ingress Router 的預測過低，導致 Ingress Router 需要以較高價格臨時批購資源來服務使用者。若 BB 並未十足分配 Ingress Router 所提出預購的資源，導致 Ingress Router 必須即時要求資源配置，反而增加網路額外的負擔，因此必須防止 BB 為了增加即時批購的獲利而故意不足額分配資源，使得網路負荷增加。其價格設計如下，如果 Ingress Router

向 BB 預定資源但未獲得足夠的配置，當 Ingress Router 需要使用超過 BB 所配置的資源(τ)，且還是少於預先要求配置的資源量(θ)時，這部份的資源雖然 Ingress Router 需要即時向 BB 要求資源配置，但 BB 此時須以低於預購的價格提供資源。

由上述說明可知，中央保留資源法的目標是以保留部份資源的方式，增加些許 BB 與網路的負荷來降低資料流被拒絕服務的比例、提升網路資源的使用率與系統業者的獲利。假設某一段欲預測的時段(CTP)的流量機率分佈與其參考時段(RTP)的流量機率分佈相同，我們可以利用 RTP 的歷史統計分佈來預測 CTP 的流量。

以單一 Ingress Router 為例，圖 4.5 為某 Ingress Router 對某一鏈路(link)的資源需求機率分佈圖，資源配置量與資源價格的關係圖。Ingress Router 預測可能進入網路的資料量，BOA 經過計算後向 BB 批購資源(θ)，BB 經過整體考量後配置資源給 Ingress Router (τ)。

表 4.1 為中央保留資源法中所使用的符號，參考圖 4.5， C_1 為預購每單位價格， C_2 為臨時批購單位價格，較特別的 C_1' 表示使用已向 BB 預訂資源但未獲得配置的部分。其中 C_2 、 C_1' 兩部分的資源需即時向 BB 要求資源配置來提供服務。根據前述說明， C_1 、 C_1' 、 C_2 應符合 $C_2 \geq C_1 \geq C_1'$ 關係方為合理。

表 4.1：中央保留資源法符號表

θ	Required total bandwidth
τ	Committed total bandwidth
C_1	Per unit committed bandwidth
C_2	Per unit on-demand allocated bandwidth without pre-order
C_1'	Per unit on-demand allocated bandwidth with pre-order
P	Expected profit
p_i	Potential probability of incoming traffic i
N	Maximum possible incoming traffic

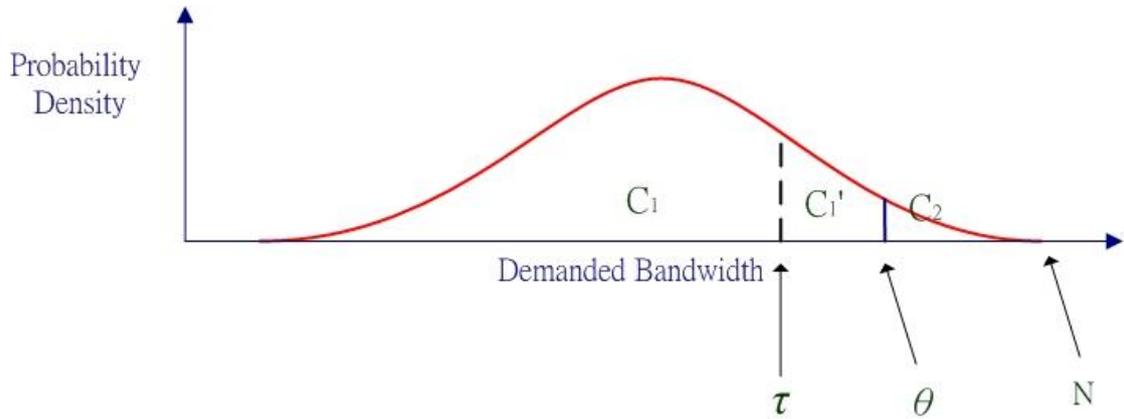


圖 4.5：資源需求機率分佈、資源配置量與資源價格關係圖

保留於 Central Pool 中使用的資源收入期望值為(τ 至 θ 每單位為 C_1' 、θ 至 N 每單位為 C_2)：

$$\sum_{i=\tau}^{\theta} p_i \times C_1' \times (i - \tau) + \sum_{i=\theta}^N p_i \times [C_2 \times (i - \theta) + C_1' \times (\theta - \tau)] \quad (4-1)$$

所以總收入期望值 P 為式子 4-1 加上預先分配資源所獲收入 $C_1 \times \tau$ ：

$$P = C_1 \times \tau + \sum_{i=\tau}^{\theta} p_i \times C_1' \times (i - \tau) + \sum_{i=\theta}^N p_i \times [C_2 \times (i - \theta) + C_1' \times (\theta - \tau)] \quad (4-2)$$

BB 綜合所有 Ingress Router 所提出的預訂需求做事先規劃，保留部份資源以即時配置的方式來彌補資源需求的預測誤差，即時配置的資源，需減少以 C_1' 價格賣出資源的可能，提高獲利。由上可知，影響中央保留資源法獲利結果在於兩項因素：

- 在何條件下，保留統籌資訊較不保留有利
- 最佳資源保留量

等式 4-2 為一個 τ 的函數，求最佳解時 $\sum_{i=\tau}^{\theta} p_i \times C_1' \times (i - \tau)$ 部份的複雜度為 $O(\tau^2)$ ， $C_1 \times \tau$ 與 $\sum_{i=\theta}^N p_i \times [C_2 \times (i - \theta) + C_1' \times (\theta - \tau)]$ 的複雜度為 $O(\tau)$ ，不同情況下之最佳解可以簡單的數學方法求出。

4.2 超額分配法

圖 4.6 至 4.8 可以幫助瞭解超額分配法的概念。圖 4.6 上面兩個長條圖中，θ

與 τ 分別表示兩個 Ingress Router (I_1 、 I_2) 的需求與 BB 的配置，下方的長條圖表示鏈路的資源使用情況，由圖可以看出，BB 分配出去的資源超過鏈路的容量 (Capacity, C)，超額分配的資源為 $(\tau_1 + \tau_2 - C)$ 。

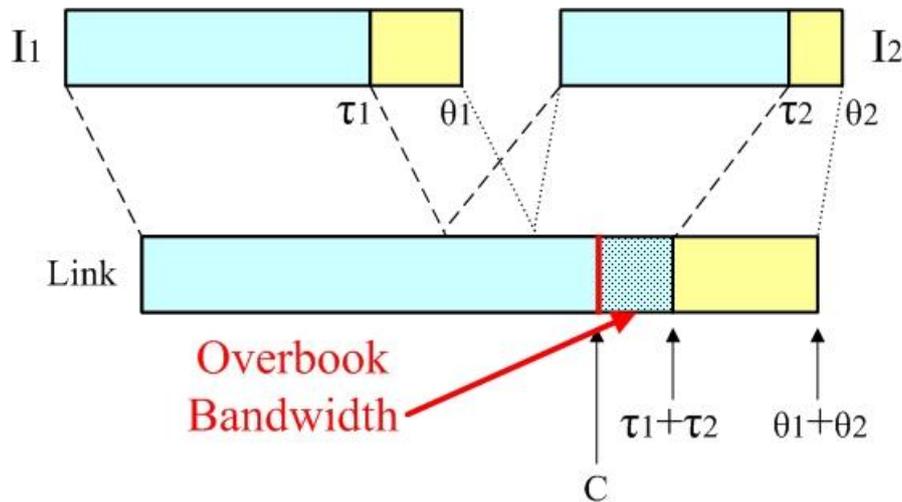


圖 4.6：超額配置範例

再以圖 4.7 和 4.8 的兩個例子說明。圖 4.7 是一個沒有超額配置的例子，Ingress Router 的資源需求預測總合 $(\tau_1 + \tau_2)$ 超過鏈路容量 (C) ，所以 BB 僅能配置總合為 C 的資源給兩個 Ingress Router。兩個 Ingress Router 進入的訊務量為最上方的長條圖，由於預測上的誤差， I_2 浪費了許多配置的資源，但是 I_1 卻有許多的訊務被拒絕服務。相較於圖 4.8，BB 超額配置資源給兩個 Ingress Router，使得更多的訊務可以被允入，所以相同的情況下，因 I_2 預測誤差可能造成的浪費可以被 I_1 多允入的部份所彌補。所以只要允入的訊務不超過網路的負荷，造成網路的超載，資源的使用率是可以有效提升，系統業者也可因超賣而獲得更多的收入並維持網路的品質。

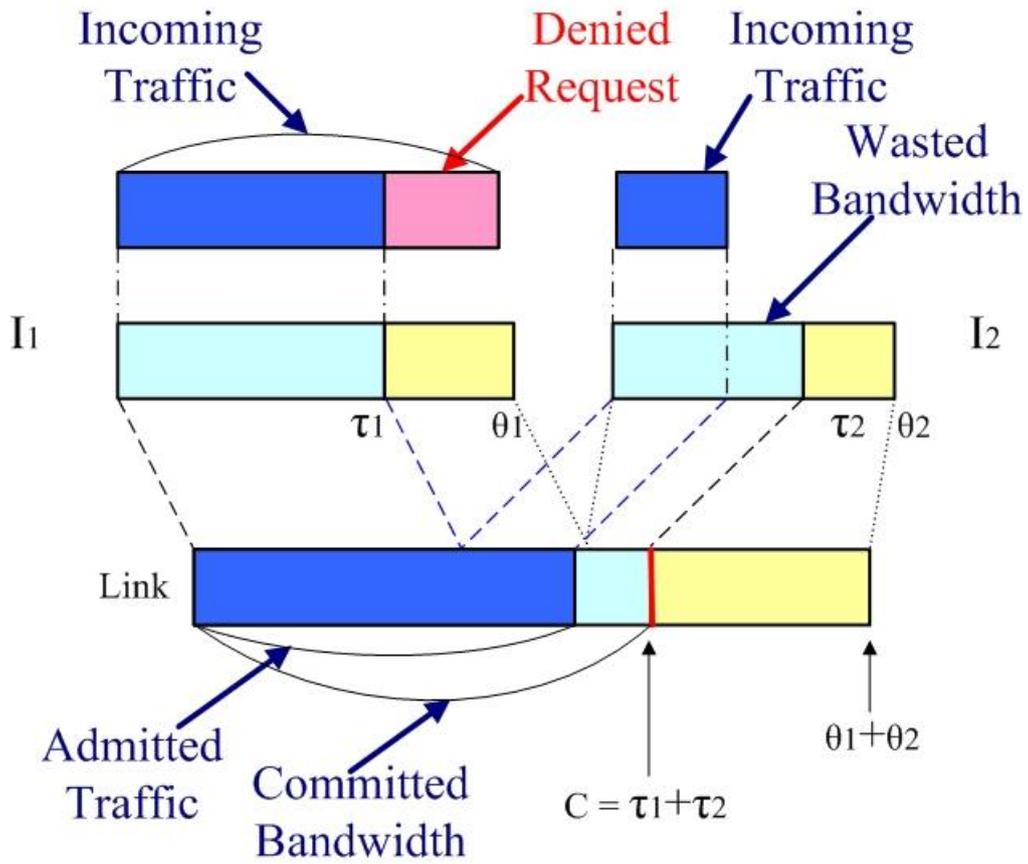


圖 4.7：沒有使用超額分配法的資源使用情況

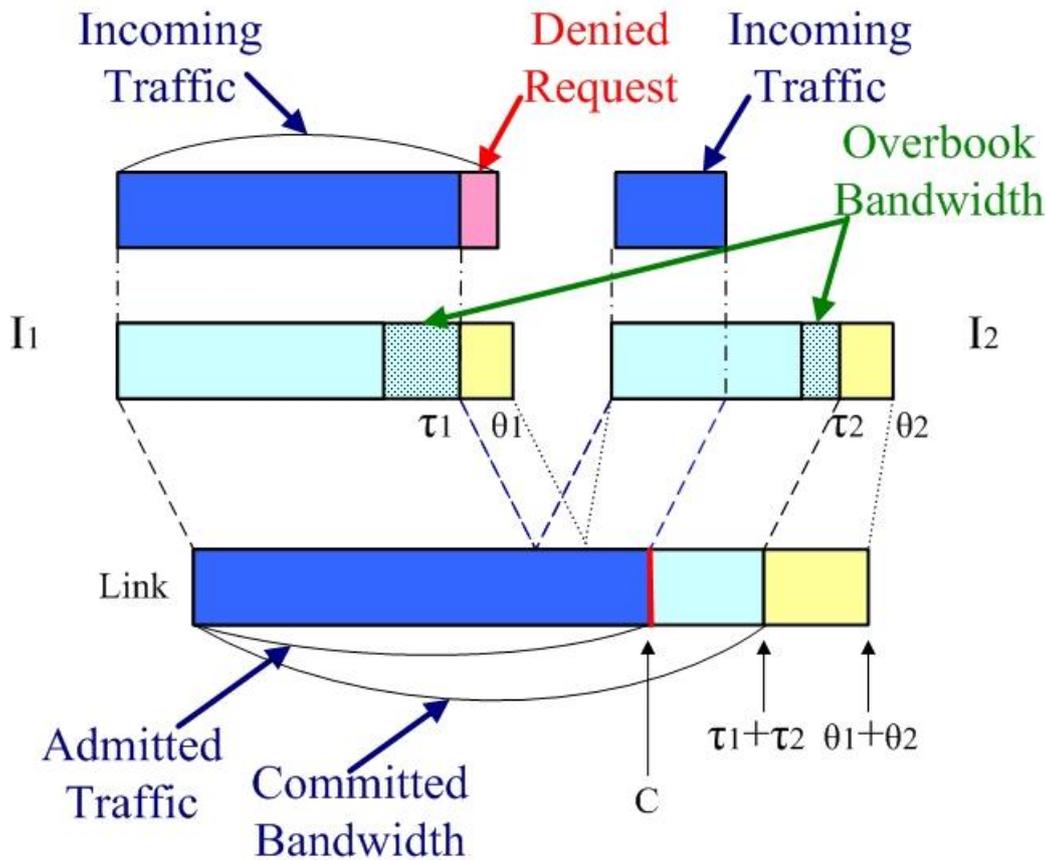


圖 4.8：使用超額分配法的資源使用情況

4.2.1 資源配置與需求資源分佈分析

圖 4.9 為超額分配的比率和訊務遺失(packet loss)的比率間可能的關係，由圖可以得知，若超額分配過量使網路湧進過多資料而無法處理時，網路的擁塞情況會使得系統品質下降，嚴重時甚至會癱瘓整個網路。

網路供應商的收入是以售出的資源在計算，但當網路因 Overbook 而允入過多的資料，使得網路品質降低，網路供應商也必須付出相對的代價，如圖 4.10，當超額分配量過高，獲利極可能會快速下降。

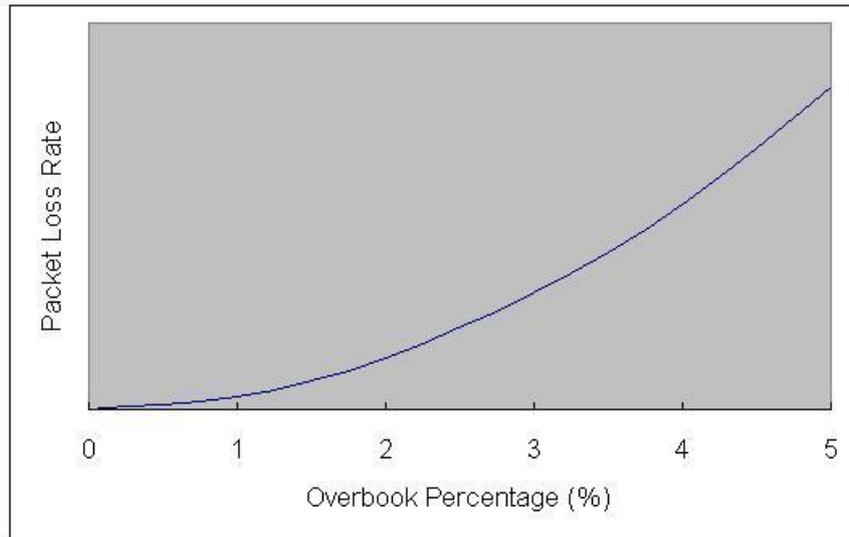


圖 4.9：超額分配與訊務遺失

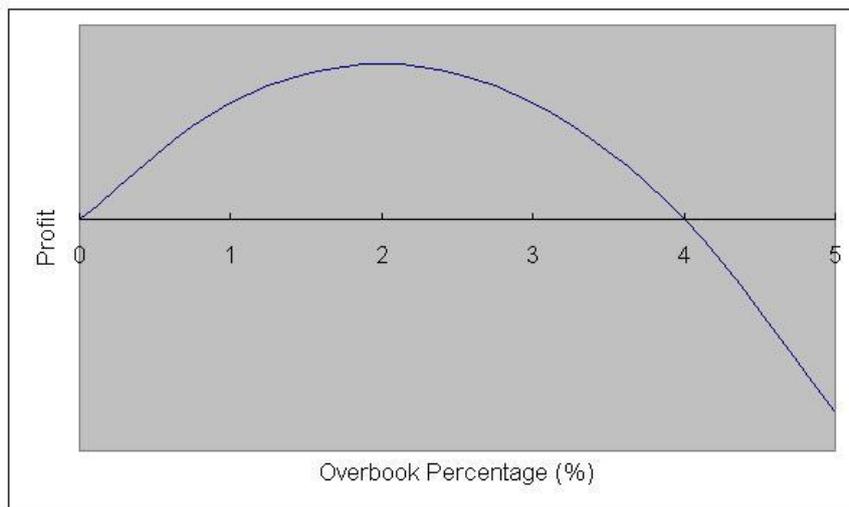


圖 4.10：超額分配與系統獲利

BB 接收所有 BOA 所提出的資源配置需求，統籌規劃整個網路的資源配置，並利用超額分配的方法來增加整體允入的資源量，提升網路資源的使用率。以整個網路而言，超額配置資源給各個不同的 BOA，在截長補短之後，從各個 Ingress Router 實際進入網路的資料流流量總和是可能小於預測的總和，所以在資源配置上利用超額分配的技術，本研究的研究目標在於設計一套機制，讓同一個鏈路的訊務平均流量小於鏈路的頻寬，不然反會造成瓶頸(bottleneck)而癱瘓網路。

由上述分析得知，在判斷並找出最理想的超額分配量上，要避免系統太大膽的超額配置，降低網路品質，也要避免太保守的超額配置，使得網路資源使用率無法提升。網路供應商可以賺取超賣的頻寬費用，但也必須承擔因超賣所造成的品質降低賠償。

Ingress Router 內的 BOA 以歷史資料預測某一段時間內可能需要的資源，BB 接收所有 BOA 所提出的資源需求來統籌規劃整個網路的資源配置。由於資源配置是由 BOA 預測，再向 BB 批購，以預測為基礎的方式事先批購資源有其一定的不準確性，這些誤差不論是不足或是過剩都可能造成網路資源使用的效率或網路傳輸品質的降低。所以系統嘗試超額的配置資源，經過計算後適當地配置來增加網路資源的使用率與網路供應商的收入。

以下以圖 4.11 至 4.14 為例說明核心網路中某一個鏈路上訊務需求及訊務允入之機率變化。圖 4.11 為核心網路上某條鏈路上單一 Ingress Router 頻寬需求的機率分佈圖。根據歷史統計資料，Ingress Router 會預測某一段欲預測的時段(CTP)內可能進入網域的訊務量，經過計算後 Ingress Router 對 BB 提出資源配置的請求，包含網域上每個鏈路的資源需求，並將 Ingress Router 頻寬需求的機率分佈圖提供於 BB 參考，以便做出配置決定。

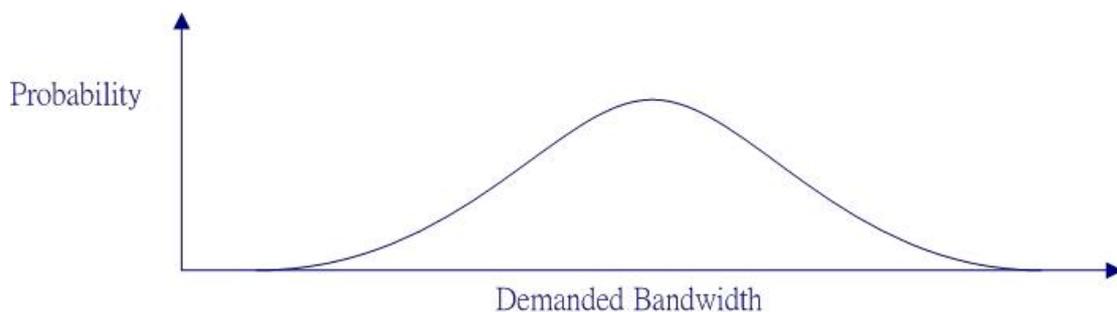


圖 4.11：單一 Ingress Router 需求資源機率分佈圖

當 BB 決定 Ingress Router 的資源配置量後，實際可以進入網路的資料量會受到資源配置量的限制，資源需求的機率分佈情況也會隨著變動。如圖 4.12 所

示，超過資源配置量的資料皆不被允許進入網路，所以其發生的機率會累積於最大允許進入的位置，這一部份的機率是由後方超過資源配置量的機率累積所得，即圖中於最大配置量的虛線長度為後方面積所得，機率分佈圖由圖 4.11 變成圖 4.12。

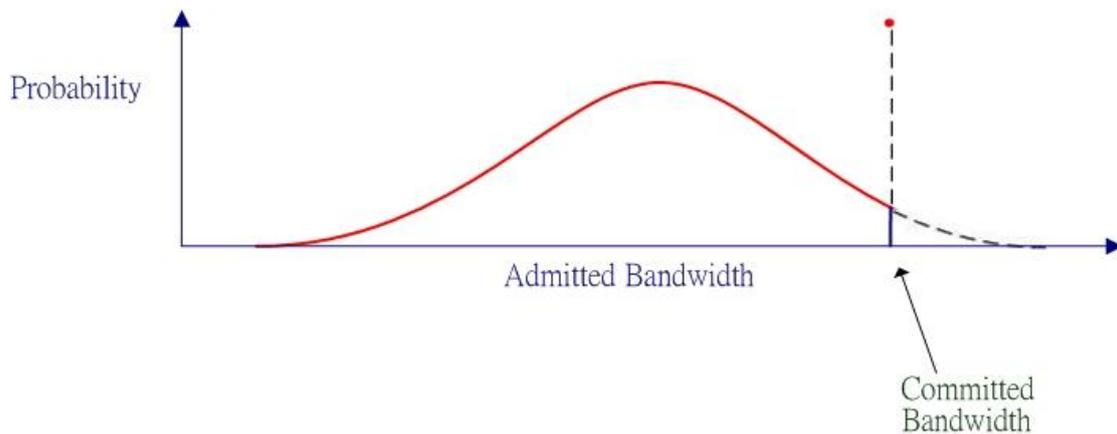


圖 4.12：單一 Ingress Router 受到資源配置量的需求資源機率分佈圖

同一條鏈路上各個 Ingress Router 需求總合的機率分佈可能會如圖 4.13 所示一般。

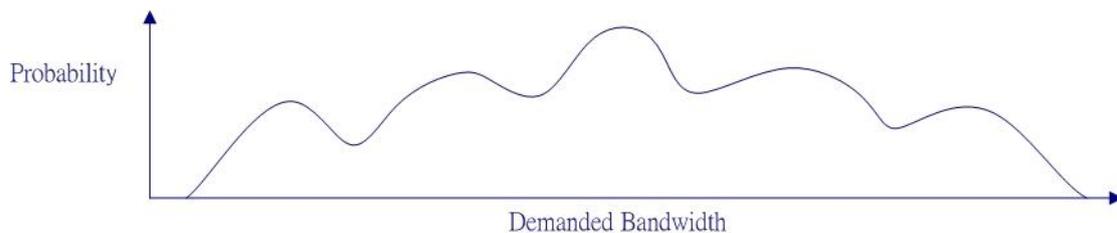


圖 4.13：需求資源總合機率分佈圖

當 BB 決定所有 Ingress Router 的資源配置量後，由於每個 Ingress Router 被允許使用的資源有限，所以資源需求的分佈圖形也會因而改變，在尾端的部份會有高量區的產生，如圖 4.14。

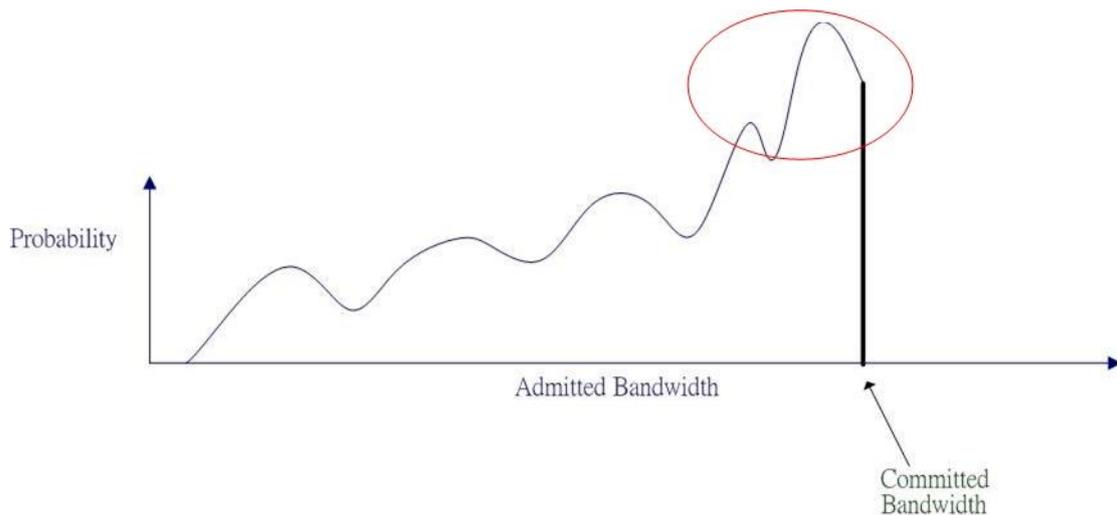


圖 4.14：受到資源配置總量限制之資源需求總合機率分佈圖

4.2.2 最佳化模型

表 4.2 為超額分配法最佳化模型所使用的符號說明表，模型中以單一 Ingress Router 舉例並配合圖形說明，需求分佈分為連續函數與不連續函數，模型介紹以連續函數為例。

τ 為 BB 配置給某一 Ingress Router 的資源量(Booking Level)，也就是此 Ingress Router 可以允許進入的最大訊務量(committed bandwidth)，當此 Ingress Router 有超過 τ 的資料想要通過此條鏈路時，由於最大訊務量的限制，Ingress Router 最多只能允許 τ 的資料量通過，即 τ 為此 Ingress Router 在此鏈路上可使用資源的上限。

表 4.2：超額分配法符號表

θ	Required bandwidth
τ	Committed bandwidth
m_1	Per unit overbooked bandwidth
m_2	Per unit packet loss penalty
R	Net profit
$p(b)$	Potential probability of incoming traffic b

N	Maximum possible incoming traffic
$h(b)$	Packet loss function of committed bandwidth b
C	Link capacity

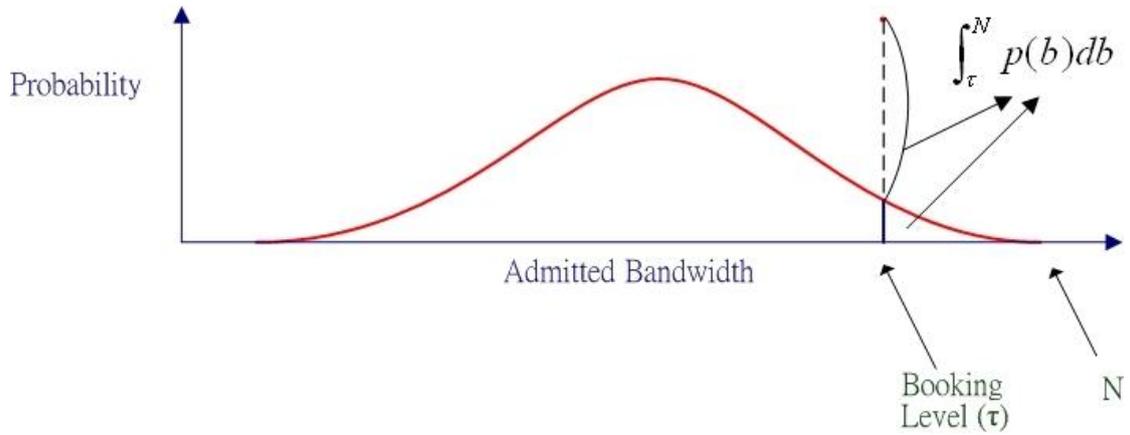


圖 4.15：超過最大訊務量(τ)的機率總合

如同之前所提，圖 4.15 中虛線的高度為後方由 τ 至 N 的實體面積。由於每個 Ingress Router 上最大訊務量的限制，超過 τ 的資料流只能有 τ 的量可以進入網路，所以超過 τ 的機率(實體面積)會累積於 τ 。所以分佈圖區線會終結於 τ 點， τ 點機率為原分佈圖 τ 點的機率加上上圖後方面積，如圖 4.16 所示。

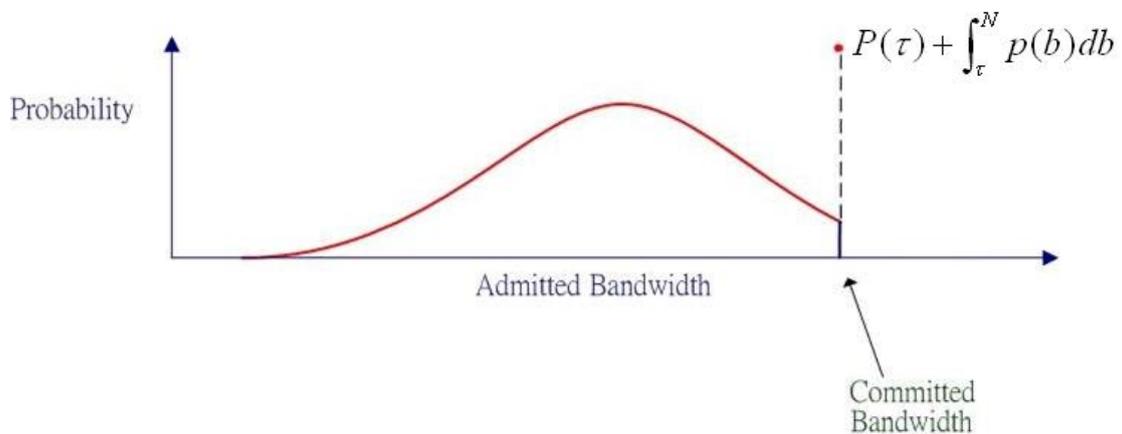


圖 4.16：需求資源為最大訊務量(τ)之機率

系統收入是以批購出去的頻寬計算，為了避免系統過份超額配置頻寬，使得 Ingress Router 允許過多的資料進入網路，造成網路品質惡化，因此必須計算因超額配置所造成的品質惡化來訂定損失。其次，我們計算因超額分配法所得的獲利和損失。

如圖 4.17 之例所示，假設獲利與所配置的資源成正比，但是因進入過多資料導致爭奪傳送資源而造成的品質惡化卻會隨著超額配置的資源增加而大幅上升。

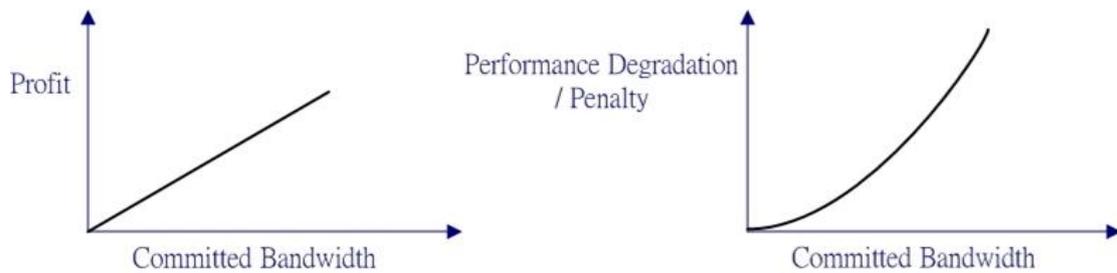


圖 4.17：獲利與品質惡化損失趨勢示意圖

P_1 為因 Overbook 而多賣出 $\tau - C$ 的頻寬所獲利益，每單位價格為 m_1

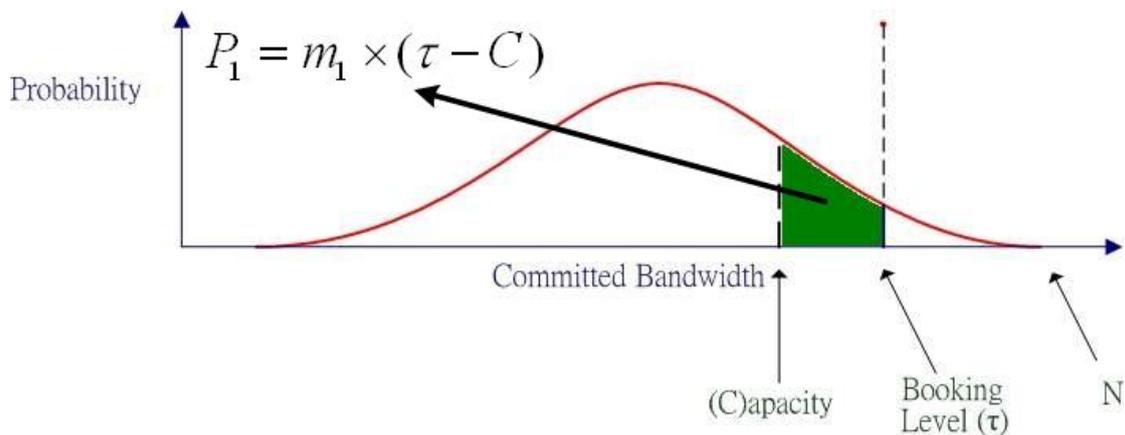


圖 4.18：超額配置獲利

P_2 為因超額配置所造成的損失期望值，每單位為 m_2

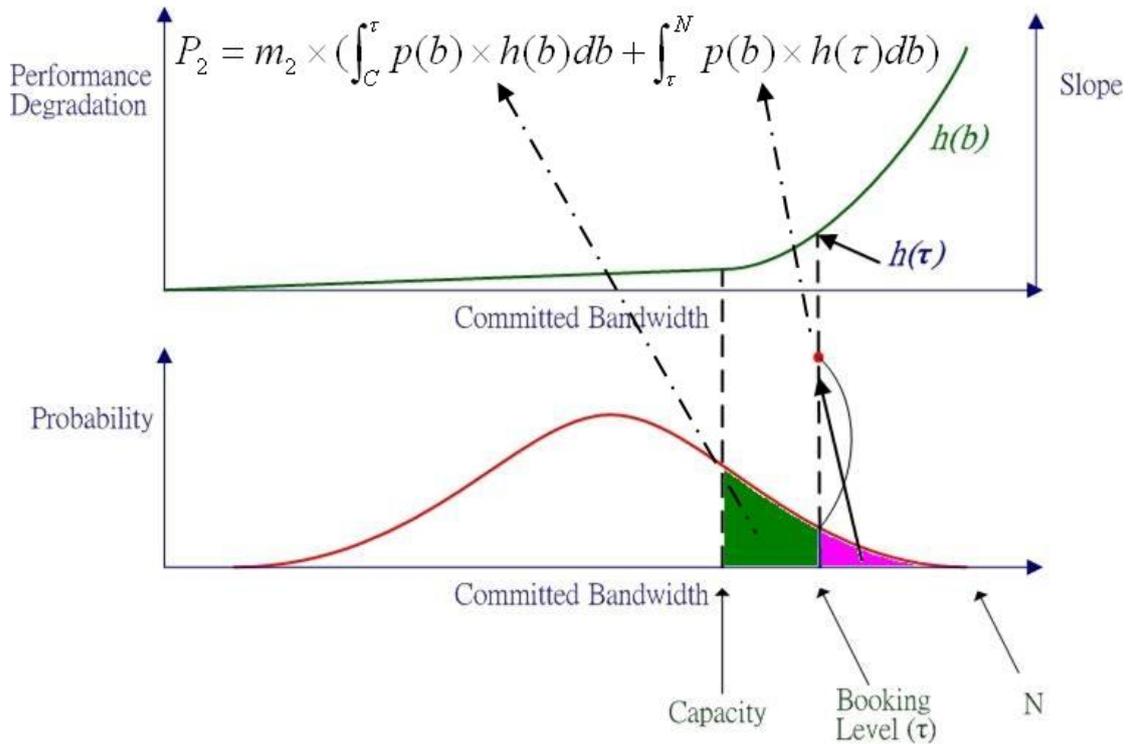


圖 4.19：超額配置賠償

淨利為 $R = P_1 - P_2$

$$R = m_1 \times (\tau - C) - m_2 \times \left[\int_C^\tau p(b) \times h(b) db + \int_\tau^N p(b) \times h(\tau) db \right] \quad (4-3)$$

令 $L(b) = p(b) \times h(b)$ ：

$$R = m_1 \times (\tau - C) - m_2 \int_C^\tau L(b) db - m_2 \times h(\tau) \times \int_\tau^N p(b) db \quad (4-4)$$

再對 R 做一次微分，找出最佳配置值發生的地方：

$$R' = m_1 - m_2 \times L(\tau) - m_2 \times h'(\tau) \times \int_\tau^N p(b) db + m_2 \times h(\tau) \times p(\tau) \quad (4-5)$$

$$= m_1 - m_2 \times L(\tau) - m_2 \times h'(\tau) \times \int_\tau^N p(b) db + m_2 \times L(\tau) \quad (4-6)$$

$$= m_1 - m_2 \times h'(\tau) \times \int_\tau^N p(b) db \quad (4-7)$$

當等式 4-7 為零時，以簡單數學方法計算找到最佳的 Booking Level (τ) 使得因超額配置所帶來的收入最高。

此外當等式 4-7 為零時，可以得到下式：

$$\frac{m_1}{m_2} = h'(\tau) \times \int_{\tau}^N p(b)db \quad (4-8)$$

表示 m_1 與 m_2 的比值會等於訊務遺失的函數 $h(b)$ 在 τ 點的斜率乘上 τ 點發生的機率，如同下圖 4.20 所示。

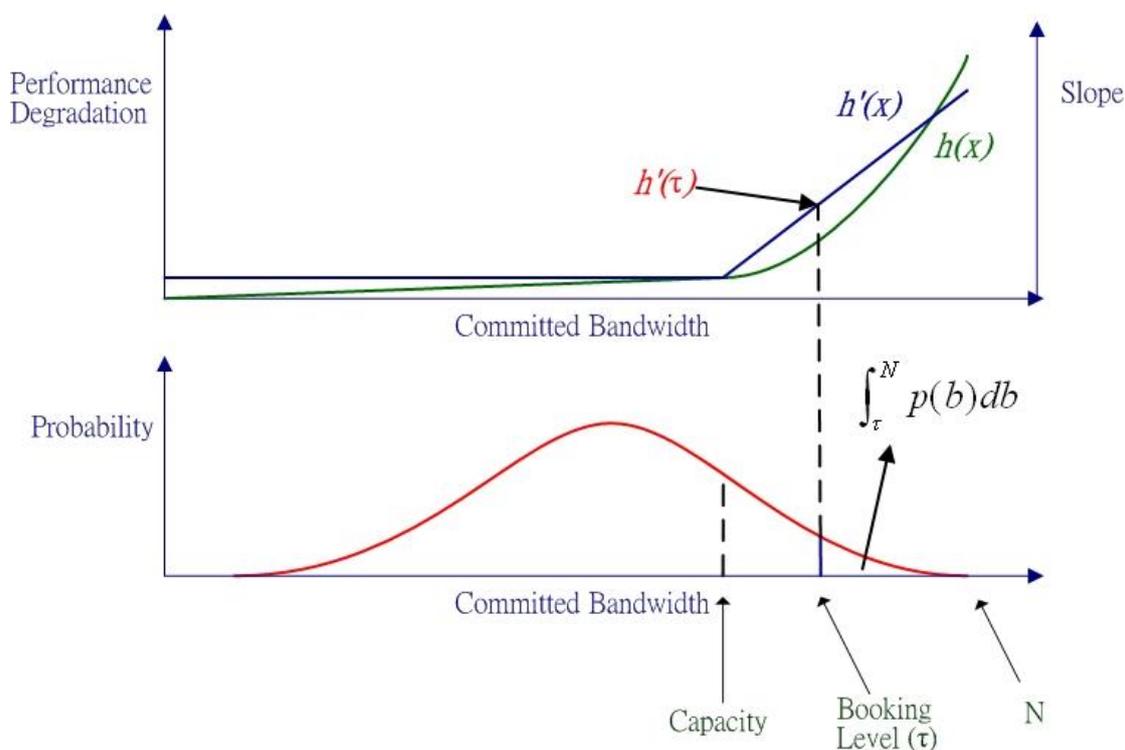


圖 4.20：最佳超額配置量

當需求分佈為一不連續函數時，獲利函數如下，不可微分，

$$R = m_1 \times (\tau - C) - m_2 \times \left[\sum_{b=C}^{\tau} p(b) \times h(b) + \sum_{b=\tau}^N p(b) \times h(\tau) \right] \quad (4-9)$$

等式 4-9 為一個 τ 的函數，求最佳解時前半部 $m_1 \times (\tau - C)$ 的複雜度為 $O(\tau)$ ，後半部 $m_2 \left[\sum_{b=C}^{\tau} P(b) \times h(b) + \sum_{b=\tau}^N p(b) \times h(\tau) \right]$ 的複雜度為 $O(\tau^2)$ ，不同情況下之最佳解可以簡單的數學方法求出。

由上面的討論，可以知道影響超額配置量位置的因素為 Ingress Router 對頻寬需求的機率分佈，訊務遺失函數 $h(b)$ ，獲利的參數 m_1 與賠償的參數 m_2 。

4.3 資源配置法分析比較

透過上面的分析比較，中央保留資源法會增加即時資源配置的負荷，但資源浪費與被拒絕服務的訊務量較容易控制，超額配置法則是將彌補預測誤差的部份隱含在方法中，不僅沒有即時資源配置的額外負荷，而且方法簡單，網路元件並不需要有特殊的功能與強大的即時運算能力。

由於系統是以獲利做最佳化運算，系統業者的環境或是策略會影響到資源的使用情況。但不同的環境下，兩個性質迥異的資源配置法表現出來的處理能力與彌補預測誤差的效果也大不相同，在下一章的資源配置方法效能評析中，以實驗模擬不同情況下上述兩種方法的效能，並提出建議，幫助系統業者於兩者間做出選擇。

第五章 彌補預測誤差的資源配置方法效能評析

本研究以實驗模擬的方式來觀察不同的彌補預測誤差的資源配置方法之效能，包含了訊務允入率、訊務允入率差值與系統獲利等，並比較中央保留資源法與超額分配法，對系統業者在不同方法的選擇上提出建議。

5.1 評估指標

為了瞭解中央保留資源法與超額分配法彌補預測誤差的效能，本節介紹實驗中資源配置方法效能評析指標，對彌補預測誤差的資源配置法進行評估，觀察在不同環境下此兩種資源配置方法的效能與特性，分別是訊務允入率、訊務允入率差值與系統獲利。

5.1.1 訊務允入率

訊務允入率為實驗模擬時，實際產生之所有訊務中，被接受進入網域的需求比率。由訊務允入率的增減，可觀察彌補資源配置與在彌補預測誤差的效能。

5.1.2 訊務允入率差值

兩種方法訊務允入率之差。實驗觀察訊務接受率的差值，目的在於瞭解中央保留資源法與超額分配法的效能差異。

5.1.3 系統獲利

系統獲利是以實驗模擬結果計算出的收益，由實驗中觀察獲利的增減，瞭解使用彌補預測誤差的資源配置法對於收入可能的助益或減損。另外，並觀察有使用彌補預測誤差的資源配置法可以額外得到的獲利，與沒有使用彌補預測誤差的資源配置法相較。

5.2 模擬環境

本節介紹本研究的實驗平台、訊務的產生與實驗網路拓樸等。

5.2.1 Network Simulator 2

本研究採用 Network Simulator 2 (NS2) 模擬網路運作，觀察評估所提出方法之效能。NS2 是一套模擬 IP 網路的軟體，其內建了不少的通訊協定(TCP、UDP...) 供使用者自行選用，使用此軟體時，先建立起欲模擬之需要的可能網路狀況，然後設定相關的參數、通訊協定... 組態後，交給 NS2 去執行得出一個輸出檔，再透過一些軟體如 Nam、Xgraph 的輔助，做進一步的分析。使用 NS2 做為模擬工具比起傳統的做法容易得多，也可省下不少經費和時間。

5.2.2 訊務產生

實驗當中訊務的產生是由 NS2 內所提供，由於本研究著重於資源配置方法彌補預測誤差的效能，與不同方法間的比較，所以僅以 NS2 中模擬的 CBR (constant bit rate) 作為各個資料流的訊務特性(behavior)，配合使用不同的訊務分佈變異數(traffic distribution deviation)，產生模擬訊務對中央保留資源法與超額分配置法進行實驗，其中設定每個資料流的頻寬為 448 kb/sec (NS2 CBR 之預設值)。

5.2.3 網路拓樸設計

本研究之實驗著重於觀察資源配置方法彌補隨機產生訊務之效能，以及對於訊務允入與增加收益的影響，並非著重於路由議題，因此在實驗設計上簡化網路環境，以單一條路徑(path)連結所有 Ingress Router 與 Egress Router，路徑之頻寬(capacity，也是資源供給上限)為所有 Ingress Router 資源預購值 θ 的總和，如下圖所示。

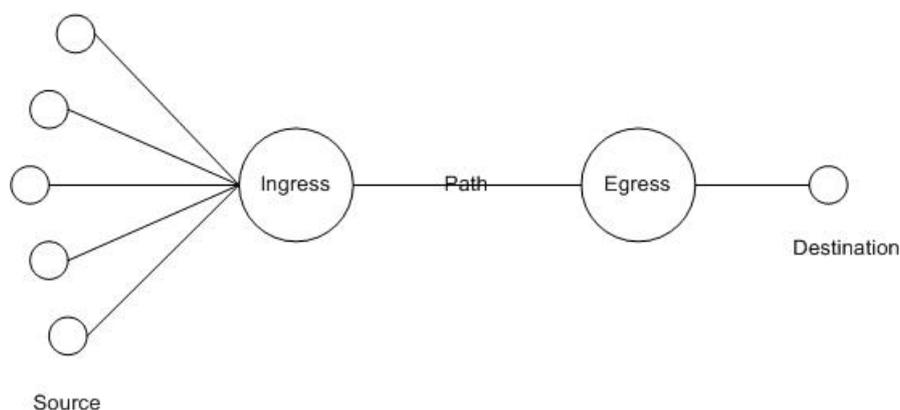


圖 5.1：實驗網路拓樸

5.3 實驗設計

本節介紹實驗中訊務的產生與數個實驗的設計，並以實驗對照組做為基礎，用來比較中央保留資源法與超額分配法在增加系統獲利上的差異，還有在不同的訊務分佈下不同資源配置法的效能。

5.3.1 Traffic Generating Function

實驗設計在 NS2 模擬器上利用 Traffic Generating Function，依照設定隨機產生來改變每次實驗之訊務總數以套用至 NS2 模擬器，並在每個產生訊務之來源節點(source node)指定訊務特性，送出封包來模擬實際網路的應用。實驗中共有 5 個來源節點，每個的訊務量均隨機產生，所配置的資源即為來源節點連結至 Ingress Router 的連線(link)頻寬，而 Ingress Router 至 Egress Router 路徑的頻寬設計可滿足 50 個資料流。每個來源節點的訊務使用相同的 Normal Distribution 來隨機產生實驗資料，分佈範圍由 0 至 20、分佈中間值(mean)為 10，預購值 θ 為分佈中間值，變異數(deviation)可依不同實驗設計再行調整。

5.3.2 資源配置法實驗對照組

實驗設計一對照組來比較不同資源配置法的效能。實驗對照組沒有使用特殊

的資源配置方法，僅將系統資源依各個 Ingress Router 的要求配置，沒有保留部份的資源做即時配置，也沒有超賣資源。實驗對照組的實驗結果除了用來比較中央保留資源法與超額分配法外，也需以此結果計算訊務允入率與系統獲利的差值。

5.3.3 實驗模擬流程

實驗模擬流程分為兩個階段，事前設定(off-line setup)與執行段段(current execution time period process)，共四個步驟(圖 5.2)，前兩個步驟為第一階段，後兩個步驟為第二階段。在第一個階段(off-line setup)，首先以訊務累積統計分佈為依據，隨機產生該次實驗產生之訊務總數(Step1)，再依照所產生的訊務資料配合事先設定之網路架構，將整體實驗的環境(連線、節點、訊務種類)，編排匯整成 NS2 事件與拓樸 (event and topology) script (Step2)；進入第二階段(current execution time period process)將 script 交由 NS2 模擬器按照實驗編排動態執行(Step3)，並觀察 NS2 執行結果，以程式取得資料並計算分析(Step4)。

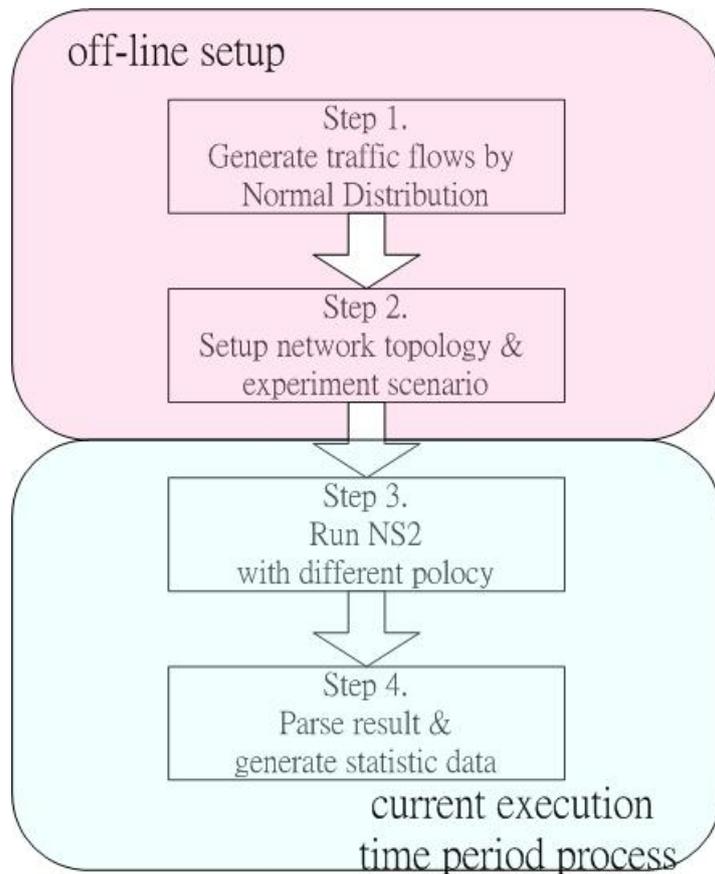


圖 5.2：實驗流程

5.3.4 訊務分佈變異數測試實驗設計

本實驗以不同變異數的訊務分佈，變異數由 1 至 5，每次增加 1，隨機產生訊務來模擬真實的網路流量。於實際執行時段，透過 NS2 模擬器執行事先編排好之網路與流量設定，模擬執行之前，套用不同的資源配置方法以觀察實驗結果。在本實驗以訊務允入率與訊務接受率差值來觀察不同訊務分配所隨機產生的網路訊務流量，在使用不同彌補預測誤差的資源配置方法效能。

5.3.5.1 中央保留資源法

中央保留資源法資源配置的模擬，是將所有來源節點至 Ingress Router 的連線設定較小的頻寬，保留下來的資源配置到另一條連線上(如圖 5.3)，沒有辦法傳送的訊務會再循此管道傳送，直至所有資源用盡。保留的資源比例由 10% 逐步增至 50%，間隔為 10%。

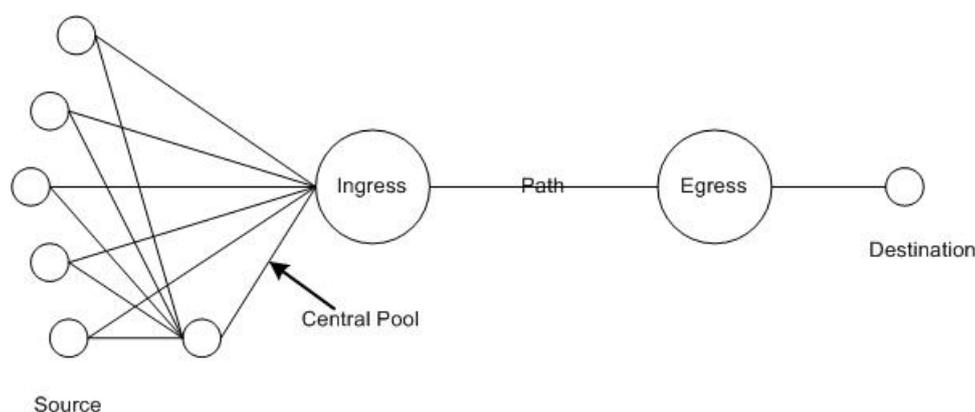


圖 5.3：中央保留資源法實驗拓樸

5.3.5.2 超額分配法

超額分配法資源配置的模擬較為簡單，僅提高所有來源節點至 Ingress Router

的連線頻寬，以增加允入的訊務。超額配置的比例由 10% 逐步增至 50%，間隔為 10%。

5.3.5 資源配置法對系統獲利影響的實驗設計

給定訊務分佈、資源需求量與每單位資源配置價格常數，即可計算不同資源配置法的系統獲利。本實驗以模擬隨機產生的訊務，計算使用中央保留資源法與超額分配法所得的獲利，藉以觀察使用彌補預測誤差的資源配置法對增加系統獲利的成果，並加以比較，做為在資源配置法選擇上的依據。

實驗以一組 Normal Distribution，範圍由 0 至 20、中間值為 10、變異數為 5，預購值 θ 為分佈中間值，隨機產生以資料流個數為單位的訊務進行多次實驗，計算不同資源配置法平均所得，來觀察不同資源配置法在不同比例下可額外增加的系統獲利。

5.3.5.1 中央保留資源法

實驗以中央保留資源法來配置資源，並計算系統獲利，保留資源的比例由 10% 逐步增至 50%，每次增加 10%，每一個保留比例都會得到不同的系統獲利，將結果描點繪圖後可以觀察其增加系統獲利的成果趨勢。

計價常數會影響系統獲利的呈現，中央保留資源法中共有三個計價常數，分別為預訂所得每單位資源的價格($C1$)、每單位超過原本預訂資源的價格($C2$)，已向 BB 預訂資源但未獲得配置的部分($C1'$)，其中 $C2$ 、 $C1'$ 兩部分的資源需即時向 BB 要求資源配置來提供服務。由實驗觀察兩種不同意義的即時資源配置所佔比例，加上系統業者對於獲利增加的期望，可依此來決定計價常數。舉例說明，假設有預購的即時配置部份與沒有預購的即時配置比例為 3:1，若系統業者期望沒有預購的即時配置所得為有預購的即時配置損失的兩倍(2:1)，經過簡單的計算可

以得到 $C2 : C1'$ 應為 6:1，以預訂資源價格為基準，定 $C1$ 為 1，則可得 $C2$ 為 3 且 $C1'$ 為 0.5，本實驗即以此做為計價常數。

5.3.5.2 超額分配法

使用超額分配法配置資源，計算系統獲利，超額配置的比例同樣由 10% 逐步增至 50%，每次增加 10%，不同的超額配置比例可以計算出不同的系統獲利，將結果整理亦可以觀察其對增加系統獲利的成果趨勢。

超額分配法可能會允入過多訊務，使得系統無足夠資源可以提供服務，因此在計價常數的設定上，由實驗結果觀察允入訊務與系統無法滿足的訊務比例，依此來決定計價常數。假設無法滿足的訊務與允入的訊務比例為 1:12，且系統業者期望超額配置創造的獲利為損失的兩倍(2:1)，透過簡易的計算可以得到每單位超額配置資源的計價常數(m_1)與每單位因超額配置所必需承擔的損失計價常數(m_2)為 1:6，以超額配置資源的計價常數為基準，定 m_1 為 1，可依此推出 m_2 為 6，本實驗即以此做為計價常數。

5.4 實驗結果

研究的實驗結果會在本節呈現，文中將以圖表的方式，配合文字解說實驗結果與其代表的涵意。

5.4.1 實驗一：訊務分佈變異數測試

本實驗測試不同資源需求的分佈對於不同資源分配法彌補預測誤差的效能影響，實驗中調整分佈的變異數，控制資源需求的波動起伏，觀察中央保留資源法與超額分配法的彌補效能與特性。

5.4.1.1. 中央保留資源法

在不同的資源需求分佈下，測試保留資源比例由 10% 逐步增至 50%，間隔 10%。實驗結果中除了觀察不同保留資源比例的訊務允入率，還觀察不同保留資源比例比較實驗對照組的訊務允入率差值，與每增加 10% 保留資源對訊務允入率的影響。

5.4.1.2.1. 訊務分佈變異數對訊務允入率的影響

圖 5.4 顯示中央保留資源法保留不同比例資源時，增加訊務允入率的趨勢，0% 即為實驗對照組，圖中的資訊顯示出增加資源保留比例便可以提昇訊務允入率。

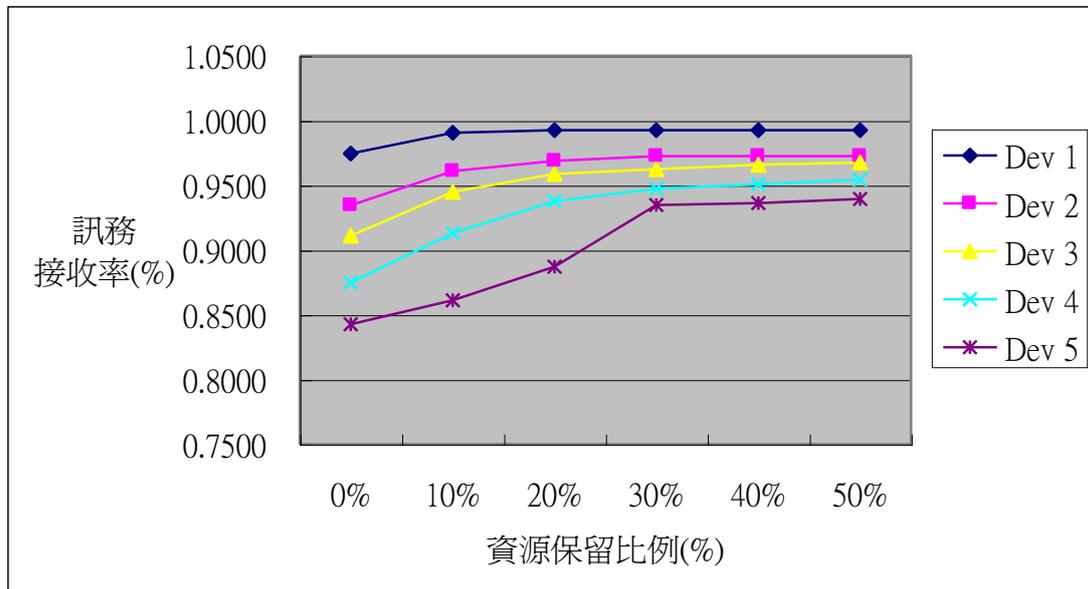


圖 5.4：不同資源保留比例對訊務接受率的影響

5.4.1.2.2. 訊務分佈變異數對訊務允入率差值的影響

圖 5.5 是與實驗對照組比較的訊務允入率差值，為每個不同變異數實驗的五個不同資源保留比例的測試結果減去實驗對照組測試結果的差值，趨勢上與訊務允入率類似，只要增加資源保留的比例，中央保留資源法對於增加訊務允入率的效能就會更好。

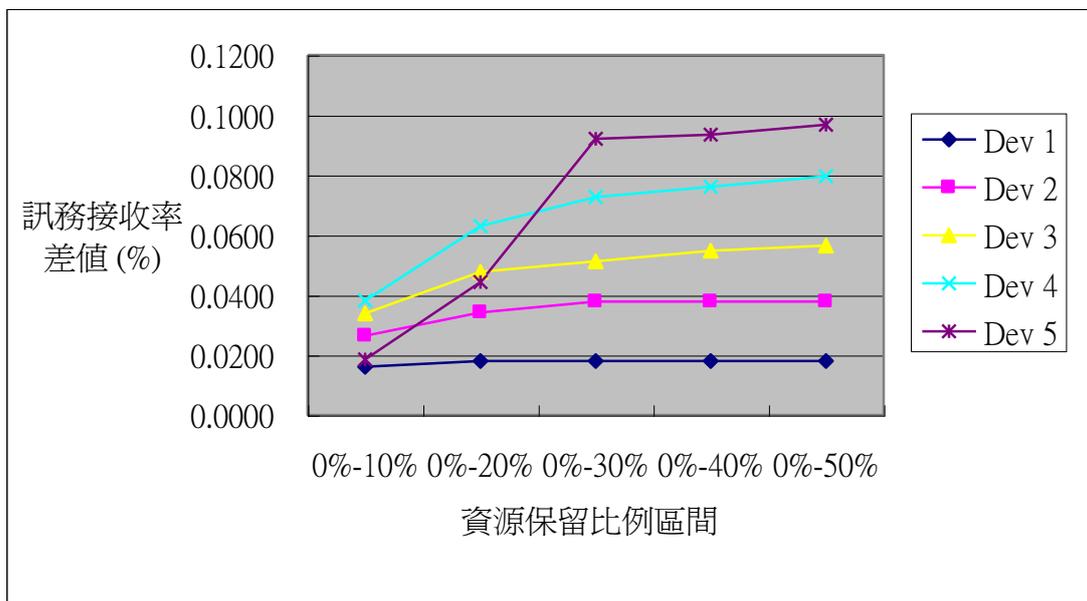


圖 5.5：不同資源保留比例與實驗對照組比較對訊務允入率差值的影響

再觀察不同變異數下，每增加 10% 資源保留比例對訊務允入率提昇的效能，從圖 5.6 可以看出，只要增加資源保留比例，便對於提昇訊務允入率有所益助，但呈邊際效應遞減。

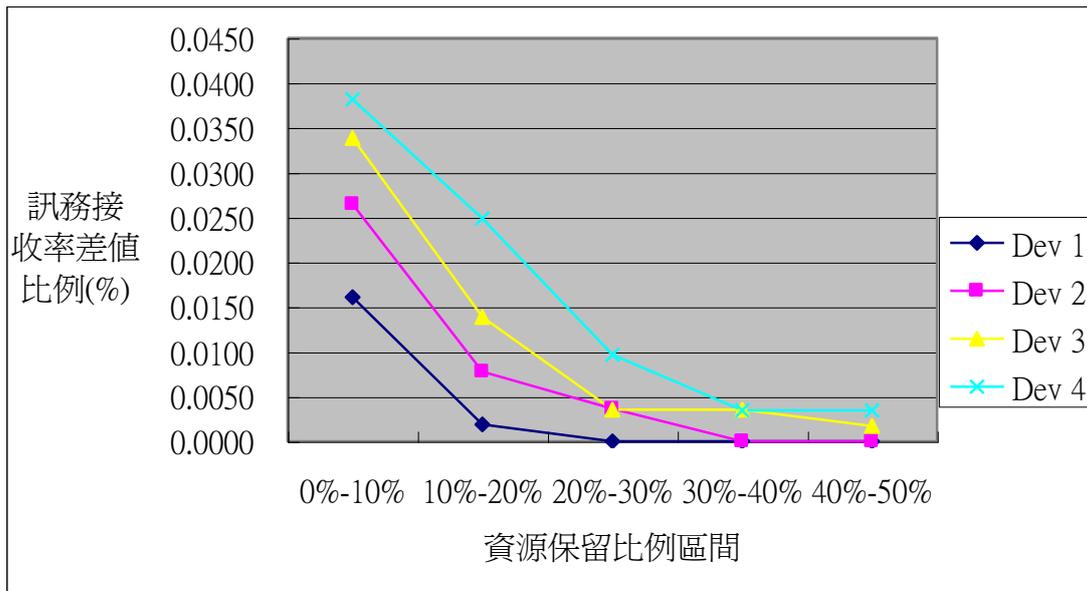


圖 5.6：增加保留資源對訊務允入率差值影響

由圖 5.4 至 5.6 可以發現，保留比例小於 30% 的前半段，增加保留資源便可有效增加訊務允入率，但超過 30% 的後半段效果則不明顯。此外，當分佈變異數越大，資源需求波動越劇烈，則必須保留較多的資源才能有較高的訊務允入率，中央保留資源法才越能發揮其彌補預測誤差的功效。

5.4.1.2. 超額分配法

在不同的資源需求分佈下，測試超額配置比例由 10% 逐步增至 50%，間隔 10%。實驗結果中除了觀察不同超額配置比例的訊務允入率，還觀察不同超額配置比例比較實驗對照組的訊務允入率差值，與每增加 10% 超額配置對訊務允入率的影響。

5.4.1.2.1. 訊務分佈變異數對訊務允入率的影響

圖 5.7 顯示超額分配法超額配置不同比例資源時，增加訊務允入率的趨勢，

0%即為實驗對照組，圖中的資訊顯示出增加超額配置比例便可以提昇訊務允入率。

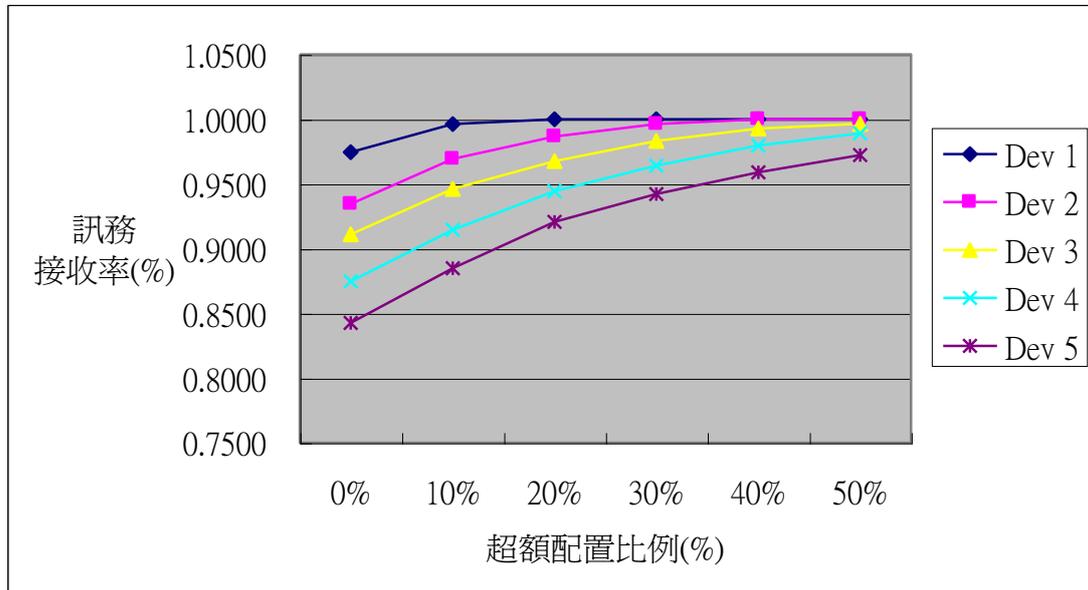


圖 5.7：不同超額配置比例對訊務接受率的影響

5.4.1.2.2. 訊務分佈變異數對訊務允入率差值的影響

圖 5.8 是與實驗對照組比較的訊務允入率差值，為每個不同變異數實驗中五個不同超額配置比例的測試結果減去實驗對照組測試結果的差值，趨勢上與訊務允入率類似，只要增加超額配置的比例，超額分配法對於增加訊務允入率的效能就會更好。

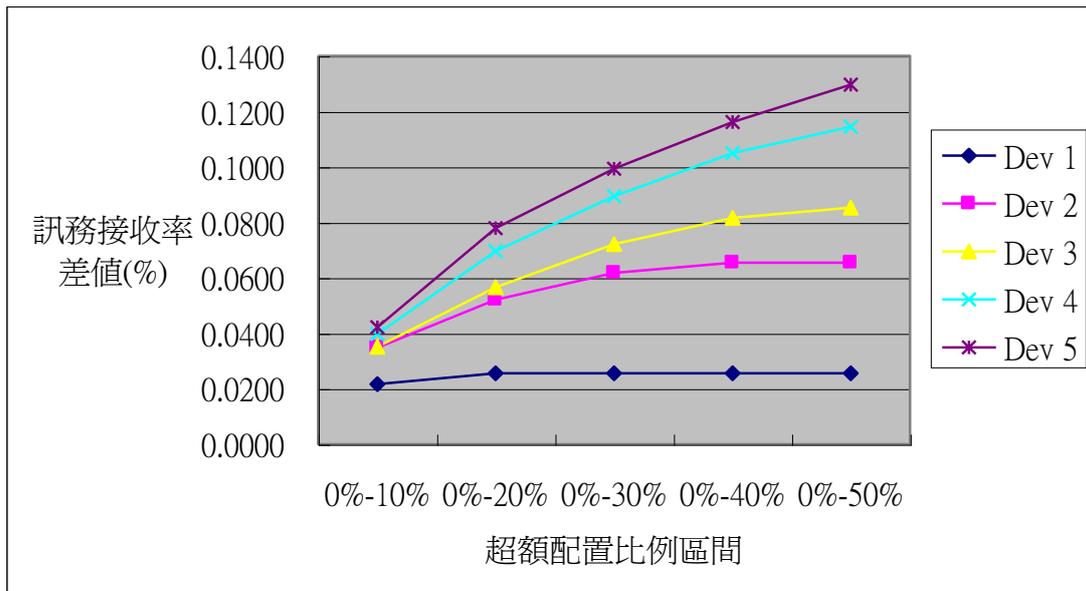


圖 5.8：不同超額配置比例與實驗對照組比較對訊務允入率差值的影響

再觀察不同變異數下，每增加 10% 超額配置比例對訊務允入率提昇的效能，從圖 5.9 可以看出，只要增加超額配置比例，便對於提昇訊務允入率有所益助，但效果呈邊際效應遞減。

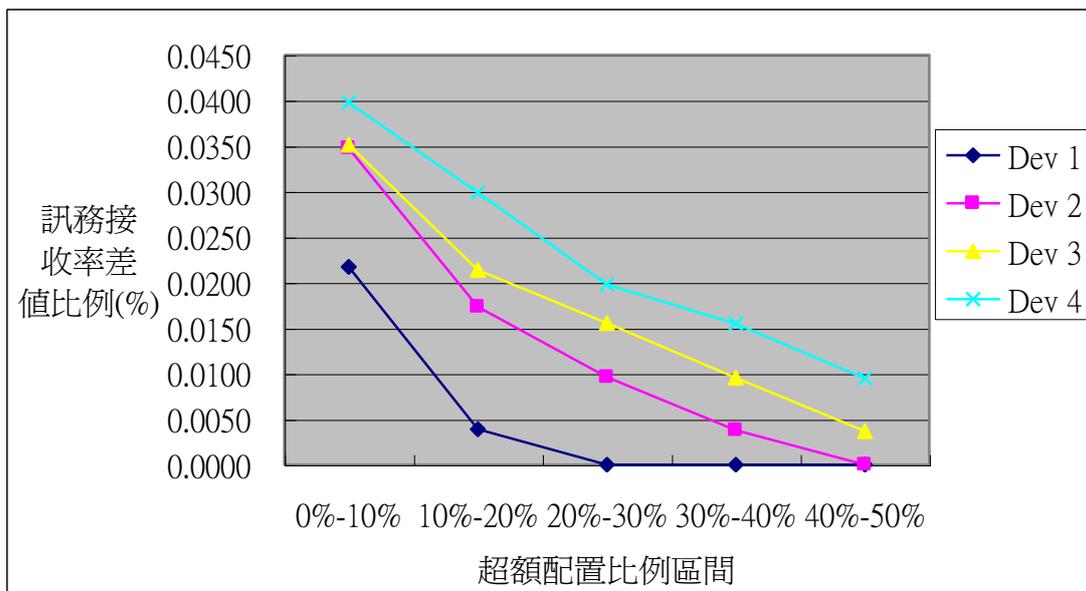


圖 5.9：增加超額配置對訊務允入率差值影響

由圖 5.7 至 5.9 可以發現，增加保留資源便可有效增加訊務允入率且成長穩定。此外，當分佈變異數越大，資源需求波動越劇烈，則必須超賣較多的資源才能有較高的訊務允入率，超額配置法才越能發揮其彌補預測誤差的功效。

5.4.2 實驗二：資源配置方法對系統獲利的影響

實驗結果可由圖 5.10、5.11 得知。從圖 5.10 可以看出，實驗對照組的獲利固定，另外個資源配置方法的獲利則隨著不同的資源比例有所變動，使用中央保留資源法要有較高的獲利，保留較小的資源比例即可；使用超額分配法要得到高獲利，則必須超額配置大比例的資源。另外，中央保留資源法的獲利較為穩定，大範圍的保留比例之內都可以維持相近的獲利水準，最佳的位置會出現於較前方保留資源比例較低的位置；超額分配法的獲利起伏相對較大，小比例的超額配置效果不顯著，大比例的超額配置則必須負擔過多賠償，最佳的位置會出現於較後方超額配置資源比例較高的位置。

在由圖 5.11 觀察可知，每增加一定比例的保留資源，中央保留資源法可增加的獲利會緩步下降；每增加一定比例的超額配置，超額分配法可增加的獲利會先緩和上昇，再急遽下降。

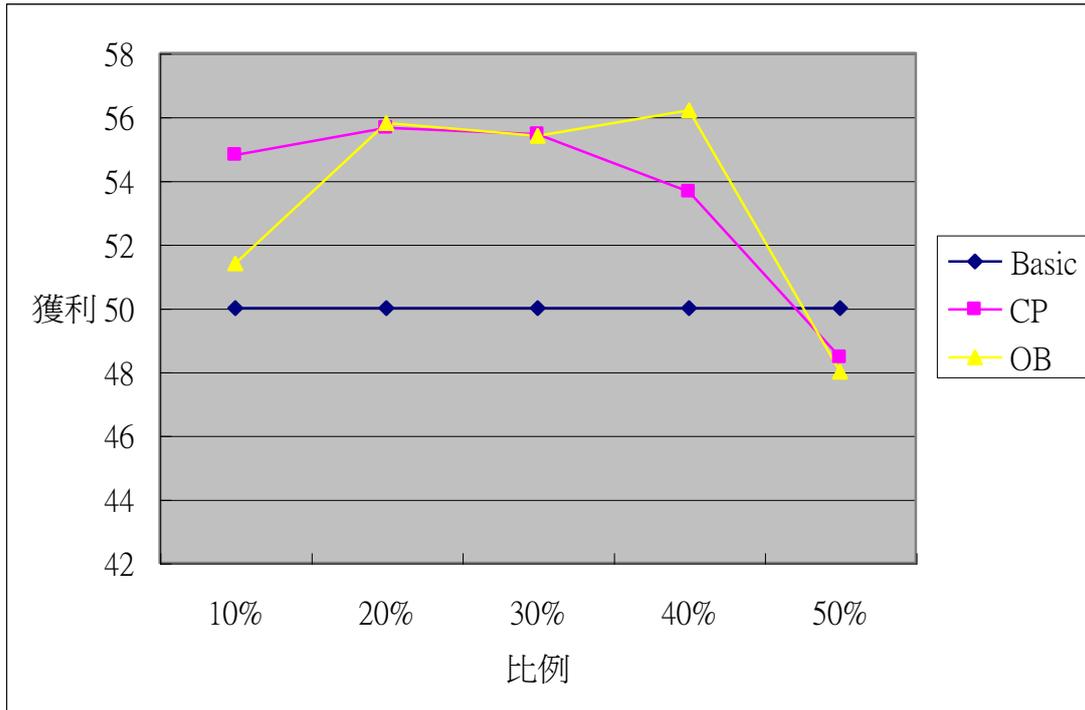


圖 5.10：資源配置方法獲利比較

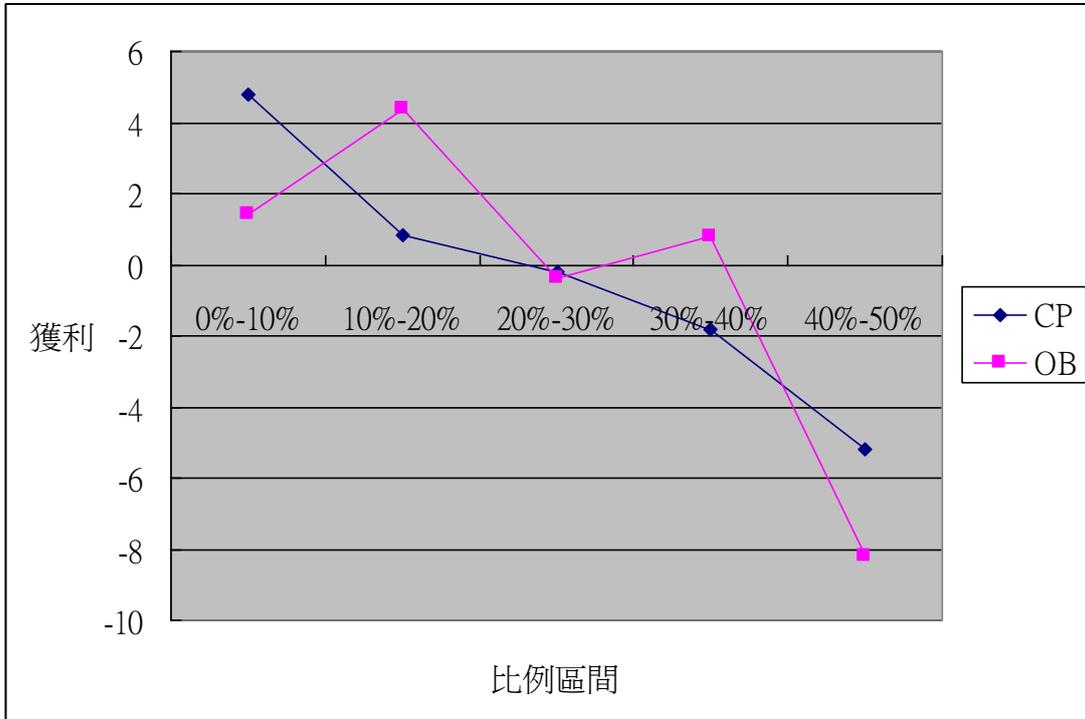


圖 5.11：資源配置方法獲利差值比較

5.5 評論、配置法分析與建議

實驗中資源預購值 θ 為分佈中間值，且實驗環境中資源供給上限為各個 Ingress Router 資源預購值 θ 的總合，所以分佈變異數高的實驗中訊務允入率會較低。此外，由於實驗中所有來源節點的需求總合可能大於資源供給上限 (capacity)，使用中央保留資源法時，保留再多的資源來彌補預測誤差也無法將平均訊務允入率提升至 100%。但使用超額分配法時，系統直接增加可允入資料流的比例，所以平均訊務允入率是可以提升至 100%，但系統不見得可以負荷，這點可以由系統獲利的實驗中看出，讓太多訊務進入網域反而會使得獲利大幅減低。

由以上的實驗與分析，使用中央保留資源法只需保留小比例的資源即可有不錯的效能，且較易維持穩定的獲利，不過需要負擔即時運算的成本，且系統元件需要有即時運算的功能；相對的，超額配置法需超額配置大比例的資源才能得到較高的獲利，且獲利起伏較大，然而超額配置法的優勢在於實行簡單，僅僅控制允入訊務的上限，並沒有額外的管理成本。此外，當資源需求的起伏波動大，使用中央保留資源法會需要許多的即時配置來維持網路資源的高使用率，造成系統過多的負荷；相反的，如果當資源需求的起伏波動小，使用超額分配法則必須承擔無法服務已允入訊務的高風險，負擔高額的賠償，因此在配置方法的選擇建議上，低變異的訊務需求建議使用中央保留資源法保留小比例的資源，高變異的訊務須求則使用超額分配法，搭配大比例的超額配置。

第六章 結論與未來展望

在 All-IP 網路上要提供個別資料流端對端的品質保證是一項管理複雜度極高的工作，其成敗關鍵的主因在於能否提供一個簡單易行的架構。針對這個問題，本研究團隊提出以預算為基礎的品質管理架構，試圖解決 All-IP 網路在品質上無法乘載端對端具時效性訊務的問題，提供完整的端對端服務品質保證。此架構是以簡化管理、追求效率、不增加管理複雜度為原則，以預算分配與事先規劃的方式達成目標。

本研究在 All-IP 核心網路上的資源配置是採以事先規劃、分散式的方法，簡化管理的複雜度，減少即時運算的比例，然而事先規劃的資源配置卻有因預測訊務需求量不準確的問題。為了減低因預測誤差所造成的資源浪費，本研究提出數個彌補預測誤差的資源配置方法，並針對其中的中央保留資源法與超額分配法做深入的探討。

中央保留資源法是由 BB 保留部份的資源不預先分配，當某個 Ingress Router 有需求時，再即時配置保留的資源來彌補預測誤差；超額分配法則直接增加各個 Ingress Router 的資源使用上限，使其可以允入更多的訊務，以隱含的方式截長補短，減少資源的浪費。由實驗的結果得知這兩種方法對於彌補預測誤差都有不錯的效果，使用中央保留資源法只需保留小比例的資源即可維持一定的獲利，相對的，超額配置法則需超額配置大比例的資源才能得到較高的獲利，且獲利起伏較大，然而超額配置法的優勢在於實行簡單，並不需負擔中央保留資源法即時配置資源的額外負荷。

在未來展望上，本研究中有提及將不同的資源配置方法結合的混合分配法，除了文中提及的中央保留資源法搭配資源重分配法與超額分配法搭配資源重分配法外，也可試圖將中央保留資源法與超額分配法做結合，期望可以吸收不同的優點，找出一個通用的方法，這方面將會是未來的努力目標。

Acknowledgement

本研究係國科會計劃「All-IP核心網路品質管理研究」研究成果，編號NSC 91-2219-E-004-001，特此感謝。另外感謝政治大學應用數學系陸行老師的協助，與資訊科學系行動計算實驗室所有老師與同學的大力幫助。

Reference

- [1] Xiao, X., L. -M. Ni, "Internet QoS: A Big Picture", IEEE Network, 13(2):8-18, March-April 1999.
- [2] Miras, D., "Network QoS Needs of Advanced Internet Applications", Internet2 - QoS Working Group, November 2002.
- [3] Pascal Lorenz, "Quality of service and new architectures for future telecommunications networks", MILCOM 2000 - IEEE Military Communications Conference, no. 1, October 2000 pp. 695-698.
- [4] D. Goderis, S. Van den Bosch, Y. T'Joens, P. Georgatsos, D. Griffin, G. Pavlou, P. Trimintzios, G. Memenios, E. Mykoniati, C. Jacquenet, "A service-centric IP quality of service architecture for next generation networks", NOMS 2002 - IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium, no. 1, April 2002 pp. 139-154
- [5] Mahbubul Alam, Ramjee Prasad, John R. Farserotu, "Quality of service among IP-based heterogeneous networks", IEEE Personal Communications, no. 6, December 2001 pp. 18-24
- [6] Vijay K. Garg, Oliver T. W. Yu, "Integrated QoS support in 3G UMTS networks", WCNC 2000 - IEEE Wireless Communications and Networking Conference, no. 1, September 2000 pp. 1187-1192

- [7] E. Crawley, Editor, L. Berger, S. Berson, "A Framework for Integrated Services and RSVP over ATM", RFC 2382, August 1998.
- [8] D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, "An Architecture for Differentiated Services", RFC 2475, December 1998.
- [9] Heinanen, J., F. Baker, W. Weiss, and J. Wroclawski, "Assured Forwarding PHB Group", RFC 2597, June 1999.
- [10] Jacobson, V., K. Nichols, K. Poduri, "An Expedited Forwarding PHB", RFC 2598, June 1999. C. Hedrick, "Routing Information Protocol", RFC 1058, June 1988.
- [11] Clark, D., W. Fang, "Explicit Allocation of Best Effort packet Delivery Service, IEEE/ACM Transactions on Networking, 6(4):364-373, August 1998.
- [12] P. Trimintzios et al., "A Management and Control Architecture for Providing IP Differentiated Services in MPLS-Based Networks", IEEE Commun. Mag., vol. 39, no. 5, May 2001, pp. 80-88.
- [13] P. Trimintzios et al., "A Policy-Based Quality of Service Management System for IP DiffServ Networks," IEEE Network., vol. 16, no. 2, Mar 2002, pp. 50-56.
- [14] Eleni Mykoniati et al., "Admission Control for Providing QoS in DiffServ IP Networks: The TEQUILA Approach," IEEE Commun. Mag. Jan 2003, pp. 38-44.
- [15] Spiridon Bakiras and Victor O.K. Li, "Efficient Resource Management for End-to-End QoS Guarantees in DiffServ Networks", IEEE International Conference on Communications, 2002.

- [16] Douglas S.Reeves and Hussein F. Salama, ``A Distributed Algorithm for Delay-Constrained Unicast Routing", IEEE Transaction on Network, April 2000.
- [17] R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog and S. Jamin, ``Resource Reservation Protocol (RSVP) – Version 1 Functional Specification", RFC 2205, September 1997.
- [18] K. Chan, R. Sahita, S. Hahn and K. McCloghrie, ``Differentiated Services Quality of Service Policy Information Base ", RFC 3317, March 2003.
- [19] Bill Goodman, ``Internet Telephony and Modem Delay", IEEE Network, May 1999, pp. 8-16.
- [20] J. Garcia-Luna-Aceves and J. Behrens, ``Distributed scalable routing based on vectors of link states", IEEE J. Select on Communication, October 1995.
- [21] Jon Postel, ``Internet Protocol", RFC 791, September 1981.
- [22] Mark A. Sportack, ``IP Routing Fundamentals", Cisco ISBN: I-57870-071-x, May 1999.
- [23] R. Wideyono, ``The Design and Evaluation of Routing Algorithms for Real-Time Channels", International Computer Science Institute, Univ. of California at Berkeley, Tech Rep. ISCI TR-94-024, June 1994.
- [24] S. Rampal and D. Reeves, ``An evaluation of routing and admission control algorithms for multimedia traffic", Proc. of the 5th IFIP Conf. on High Performance Networks, October 1995.
- [25] S. Lavenberg, ``Mean Value Analysis of Closed Multichain Queuing Networks", Journal of the Association for Computing Machinery, vol. 27, no.

2, April 1980, pp. 313-322.

- [26] Z. Wang and J. Crowcroft, "Quality of Service Routing for Supporting Multimedia Applications", IEEE Select on Communication, September 1996.
- [27] Walter Weiss, "QoS with Differentiated Services", Bell Labs Technical Journal, October – December 1998.
- [28] Nicolas Christin and Jörg Liebeherr, "A QoS Architecture for Quantitative Service Differentiation", IEEE Communications Magazine, June 2003
- [29] 吳柏林與陸行, 國立政治大學應數系, "航空機位超額預售與收益經營策略"。